**Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 20 марта 2015 года № 230**
**Об утверждении Правил устройства электроустановок**
*(с изменениями по состоянию на 31.05.2016 г.)*

В соответствии с подпунктом 19) статьи 5 Закона Республики Казахстан от 9 июля 2004 года «Об электроэнергетике» **ПРИКАЗЫВАЮ:**

1. Утвердить прилагаемые Правила устройства электроустановок.

2. Департаменту электроэнергетики Министерства энергетики Республики Казахстан в установленном законодательством Республики Казахстан порядке обеспечить:

1) государственную регистрацию настоящего приказа в Министерстве юстиции Республики Казахстан;

2) направление на официальное опубликование копии настоящего приказа в течение десяти календарных дней после его государственной регистрации в Министерстве юстиции Республики Казахстан в периодических печатных изданиях и в информационно-правовой системе «Әділет»;

3) размещение настоящего приказа на официальном интернет-ресурсе Министерства энергетики Республики Казахстан и на интранет-портале государственных органов;

4) в течение десяти рабочих дней после государственной регистрации настоящего приказа в Министерстве юстиции Республики Казахстан представление в Департамент юридической службы Министерства энергетики Республики Казахстан сведений об исполнении мероприятий, предусмотренных подпунктами 2) и 3) настоящего пункта.

3. Контроль за исполнением настоящего приказа возложить на курирующего Вице-Министра энергетики Республики Казахстан.

4. Настоящий приказ вводится в действие по истечении десяти календарных дней после дня его первого официального опубликования.

**Министр** **В. Школьник**

Утверждены
приказом Министра энергетики
Республики Казахстан
от 20 марта 2015 года № 230

## Правила устройства электроустановок

### Раздел 1. Порядок устройства электроустановок

### 1. Общие положения

1. Настоящие Правила устройства электроустановок (далее - Правила) разработаны в соответствии с подпунктом 19) статьи 5 Закона Республики Казахстан «Об электроэнергетике» (далее - Закон) и определяют устройства электроустановок.

*В пункт 2 внесены изменения в соответствии с приказом Министра энергетики РК от 31.05.16 г. № 228 (см. стар. ред.)*

2. В настоящих Правилах применяются следующие понятия и термины:

1) электроустановки - совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии.

Электроустановки по условиям электробезопасности разделяются Правилами на электроустановки до 1 кВ и электроустановки выше 1 кВ (по действующему значению напряжения);

2) открытые или наружные электроустановки - электроустановки, не защищенные зданием от атмосферных воздействий.

Электроустановки, защищенные только навесами, сетчатыми ограждениями, рассматриваются как наружные;

3) закрытые или внутренние электроустановки - электроустановки, размещенные внутри здания, защищающего их от атмосферных воздействий;

4) электропомещения - помещения или отгороженные части помещения, доступные только для квалифицированного обслуживающего персонала, в которых расположены электроустановки;

5) сухие помещения - помещения, в которых относительная влажность воздуха не превышает 60 %. При отсутствии в таких помещениях условий, приведенных в подпунктах 9) - 11) пункта 2 настоящих Правил они называются нормальными;

6) сырые помещения - помещения, в которых относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %;

7) особо сырые помещения - помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100 % (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой);

8) пыльные помещения - помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов.

Пыльные помещения разделяются на помещения с токопроводящей пылью и помещения с нетокопроводящей пылью;

9) помещения с химически активной или органической средой - помещения, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования;

10) маслонаполненные аппараты - аппараты, у которых отдельные элементы и все нормально искрящие части или части, между которыми образуется дуга, погружены в масло так, что исключается возможность соприкосновения между этими частями и окружающим воздухом;

11) номинальные значения параметра (номинальный параметр) - указанное изготовителем электротехнического устройства значение параметра, являющееся исходным для отсчета отклонений от этого значения при эксплуатации и испытаниях устройства;

12) квалифицированный обслуживающий персонал - специально подготовленные лица, прошедшие проверку знаний в объеме, обязательном для данной работы (должности), и имеющие квалификационную группу по технике безопасности, предусмотренную Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок, утверждаемым в соответствии с подпунктом 17) статьи 5 Закона;

13) энергетическая система (энергосистема) - совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической энергии и теплоты при общем управлении этим режимом;

14) электрическая часть энергосистемы - совокупность электроустановок электрических станций и электрических сетей энергосистемы;

15) электроэнергетическая система - электрическая часть энергосистемы и питающиеся от нее приемники электрической энергии, объединенные общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии;

16) электроснабжение - обеспечение потребителей электрической энергией;

17) система электроснабжения - совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией;

18) централизованное электроснабжение - электроснабжение потребителей от энергосистемы;

19) электрическая сеть - совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории;

20) приемник электрической энергии (электроприемник) - аппарат, агрегат, механизм, предназначенные для преобразования электрической энергии в другой вид энергии;

21) потребитель - физическое или юридическое лицо, потребляющее на основе договора электрическую и (или) тепловую энергию;

22) независимый источник питания электроприемника или группы электроприемников - источник питания, на котором сохраняется напряжение в пределах, регламентированных настоящими Правилами для послеаварийного режима, при исчезновении его на другом или других источниках питания этих электроприемников.

К числу независимых источников питания относятся две секции или системы шин одной или двух электростанций и подстанций при одновременном соблюдении следующих двух условий:

каждая из секций или систем шин в свою очередь имеет питание от независимого источника питания;

секции (системы) шин не связаны между собой или имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной из секций (систем) шин;

23) коммерческий учет электроэнергии - определение значений электроэнергии с целью проведения коммерческих расчетов между субъектами рынка;

24) контроль мощности - текущий (в режиме реального времени) контроль за выполнением графика выработки и потребления электрической мощности;

25) счетчик коммерческого учета - техническое устройство, разрешенное к применению в установленном законодательством порядке, предназначенное для коммерческого учета электрической энергии;

26) коммерческий измерительный комплекс учета электроэнергии (далее - ИКУЭ) - совокупность средств измерительной техники (масштабных измерительных преобразователей - трансформаторов тока (далее - ТТ) и напряжения (далее - ТН), автоматизированного средства измерений - счетчика электроэнергии), соединенных между собой линиями связи (вторичными цепями) в соответствии с технической и нормативной документацией и образующих непрерывный путь прохождения измерительного сигнала для измерения значения электроэнергии и других электрических величин в точке учета;

27) автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии (далее - АСКУЭ) - комплекс технических средств, в котором ИКУЭ, установленные на энергообъектах, объединены соответствующим оборудованием сбора, передачи и обработки результатов измерения для автоматизированного определения значения электроэнергии, перемещаемой через точки учета.

Коммерческие счетчики должны выполнять функции накопления, хранения, кодирования информации и с заданным интервалом времени автоматически передавать в устройства сбора и хранения данные коммерческого учета и информацию об учтенной электроэнергии, зафиксированную на каждый заданный момент замера мощности;

28) технический (контрольный) учет электроэнергии - учет для контроля расхода электроэнергии внутри электростанций, подстанций, предприятий;

29) электрическая сеть с эффективно заземленной нейтралью - трехфазная электрическая сеть напряжением выше 1 кВ, в которой коэффициент замыкания на землю не превышает 1,4.

Коэффициент замыкания на землю в трехфазной электрической сети определяется отношением разности потенциалов между неповрежденной фазой и землей в точке замыкания на землю другой или двух других фаз к разности потенциалов между фазой и землей в этой точке до замыкания;

30) глухозаземленная нейтраль - нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление;

31) изолированная нейтраль - нейтраль трансформатора или генератора, неприсоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через приборы сигнализации, измерения, защиты и подобные им устройства, имеющие большое сопротивление;

32) заземление - преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством;

33) защитное заземление - заземление, выполняемое с целью обеспечения электробезопасности;

34) рабочее заземление - заземление какой-либо точки токоведущих частей электроустановки, необходимое для обеспечения работы электроустановки;

35) зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ - преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности;

36) замыкание на землю - случайное соединение находящихся под напряжением токоведущих частей электроустановки с землей. Замыканием на корпус называется случайное соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с их конструктивными частями, нормально не находящимися под напряжением;

37) заземляющее устройство - совокупность заземлителя и заземляющих проводников;

38) заземлитель - проводник или совокупность металлически соединенных между собой проводников, находящихся в соприкосновении с землей;

39) искусственный заземлитель - заземлитель, специально выполняемый для целей заземления;

40) естественный заземлитель - находящиеся в соприкосновении с землей электропроводящие части коммуникаций, зданий и сооружений производственного или иного назначения, используемые для целей заземления;

41) главная заземляющая шина - шина, являющаяся частью заземляющего устройства электроустановки напряжением до 1 кВ и предназначенная для присоединения нескольких проводников с целью заземления и уравнивания потенциалов;

42) открытая проводящая часть - электропроводящая часть электроустановки, доступная прикосновению человека, нормально не находящаяся под напряжением, но которая может оказаться под напряжением при нарушении изоляции;

43) сторонняя проводящая часть - электропроводящая часть, которая не является частью электроустановки;

44) токоведущая часть - электропроводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе работы под рабочим напряжением;

45) заземляющий проводник - проводник, соединяющий заземляемые части с заземлителем;

46) защитный проводник - проводник, предназначенный для целей электробезопасности;

47) защитный заземляющий проводник - защитный проводник, предназначенный для защитного заземления;

48) защитный проводник уравнивания потенциалов - защитный проводник, предназначенный для защитного уравнивания потенциалов;

49) нулевой защитный проводник - защитный проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, предназначенный для присоединения открытых проводящих частей к глухозаземленной нейтрали источника питания;

50) нулевой рабочий проводник - проводник, используемый для питания электроприемников напряжением до 1 кВ, соединенный с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной точкой источника в сетях постоянного тока;

51) совмещенный нулевым рабочим и нулевым защитным проводник - проводник, сочетающий функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводника;

52) зона растекания - область земли между заземлителем и зоной нулевого потенциала;

53) зона нулевого потенциала - область земли, находящаяся вне зоны влияния какого-либо заземлителя, электрический потенциал которой принимается равным нулю;

54) напряжение на заземляющем устройстве - напряжение, возникающее при стекании тока с заземлителя в землю между точкой ввода тока в заземляющее устройство и зоной нулевого потенциала;

55) напряжение прикосновения - напряжение между двумя электропроводящими частями или между проводящей частью и землей при одновременном прикосновении к ним человека;

56) напряжение шага - напряжение между двумя точками на поверхности земли на расстоянии 1 метра одна от другой, которое принимается равным длине шага человека;

57) защита от прямого прикосновения - защита для предотвращения прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением;

58) защита при косвенном прикосновении - защита от поражения электрическим током при прикосновении к открытым проводящим частям, оказавшимся под напряжением при повреждении изоляции;

59) сопротивление заземляющего устройства - отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю;

60) эквивалентное удельное сопротивление земли с неоднородной структурой - удельное сопротивление земли с однородной структурой, в которой сопротивление заземляющего устройства имеет то же значение, что и в земле с неоднородной структурой.

Термин «удельное сопротивление», применяемый в настоящих Правилах, для земли с неоднородной структурой следует понимать как «эквивалентное удельное сопротивление»;

61) защитное автоматическое отключение - автоматическое размыкание цепи одного или нескольких фазных проводников и, при необходимости, нулевого рабочего проводника в целях электробезопасности.

Термин «автоматическое отключение питания», используемый в настоящих Правилах, следует понимать как «защитное автоматическое отключение питания»;

62) уравнивание потенциалов - электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов;

63) защитное уравнивание потенциалов - уравнивание потенциалов, выполняемое в целях электробезопасности.

Термин «уравнивание потенциалов», используемый в настоящих Правилах, следует понимать как «защитное уравнивание потенциалов»;

64) выравнивание потенциалов - снижение разности потенциалов (напряжения шага) на поверхности земли или пола при помощи защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединенных к заземляющему устройству, или путем применения специальных покрытий земли;

65) основная изоляция - изоляция токоведущих частей, обеспечивающая, помимо основного назначения, защиту от прямого прикосновения;

66) дополнительная изоляция - независимая изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, выполняемая дополнительно к основной изоляции для защиты при косвенном прикосновении;

67) двойная изоляция - совокупность основной и дополнительной изоляций;

68) усиленная изоляция - изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, обеспечивающая степень защиты от поражения электрическим током, равноценную защите, обеспеченной двойной изоляцией;

69) малое напряжение - напряжение не более 42 В переменного тока и 110 В - постоянного;

70) разделительный трансформатор - трансформатор, первичная обмотка которого отделена от вторичных обмоток при помощи защитного электрического разделения цепей;

71) безопасный разделительный трансформатор - разделительный трансформатор, предназначенный для питания цепей малым напряжением;

72) защитный экран - проводящий экран, предназначенный для отделения электрической цепи или проводников от токоведущих частей других цепей;

73) защитное электрическое разделение цепей - отделение одной электрической цепи от других цепей в электроустановках напряжением до 1 кВ с помощью:

двойной изоляции;

основной изоляции и защитного экрана;

усиленной изоляции;

74) непроводящие (изолирующие) помещения (зоны) - помещения, зоны, площадки, в которых (на которых) защита при косвенном прикосновении обеспечивается высоким сопротивлением пола и стен, и в которых отсутствуют заземленные электропроводящие части;

75) испытательное напряжение промышленной частоты - действующее значение напряжения частотой 50 Гц, практически синусоидальной формы, которое должна выдерживать внутренняя и внешняя изоляция электрооборудования при определенных условиях испытания в течении заданного времени;

76) электрооборудование с нормальной изоляцией - электрооборудование, предназначенное для применения в электроустановках, подверженных действию атмосферных перенапряжений при обычных мерах по грозозащите;

77) электрооборудование с облегченной изоляцией - электрооборудование, предназначенное для применения лишь в электроустановках, не подверженных действию атмосферных перенапряжений или оборудованных специальными устройствами грозозащиты, ограничивающими амплитудное значение атмосферных перенапряжений до значения, не превышающего амплитудного значения испытательного напряжения промышленной частоты;

78) аппараты - выключатели всех классов напряжения, разъединители, отделители, короткозамыкатели, предохранители, разрядники, токоограничивающие реакторы, конденсаторы, комплектные экранированные токопроводы;

79) ненормированная измеряемая величина - величина, абсолютное значение которой не регламентировано нормативными указаниями. Оценка состояния оборудования в этом случае производится путем сопоставления с данными аналогичных измерений на однотипном оборудовании, имеющем заведомо хорошие характеристики, или с результатами остальных испытаний;

80) класс напряжения электрооборудования - номинальное напряжение электрической системы, для работы в которой предназначено данное электрооборудование;

81) эффективная длина пути утечки - часть длины пути утечки, определяющая электрическую прочность изолятора или изоляционной конструкции в условиях загрязнения и увлажнения;

82) удельная эффективная длина пути утечки ($\lambda_э$) - отношение эффективной длины пути утечки к наибольшему рабочему межфазному напряжению сети, в которой работает электроустановка;

83) коэффициент использования длины пути утечки (k) - поправочный коэффициент, учитывающий эффективность использования длины пути утечки изолятора или изоляционной конструкции;

84) степень загрязнения (далее - СЗ) - показатель, учитывающий влияние загрязненности атмосферы на снижение электрической прочности изоляции электроустановок;

85) карта степеней загрязнения (далее - КСЗ) - географическая карта, районирующая территорию по СЗ;

86) распределительное устройство (далее - РУ) - электроустановка, служащая для приема и распределения электроэнергии и содержащая коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства (компрессорные, аккумуляторные), а также устройства защиты, автоматики и измерительные приборы;

87) открытое распределительное устройство (далее - ОРУ) - РУ, все или основное оборудование которого расположено на открытом воздухе;

88) закрытое распределительное устройство (далее - ЗРУ) - РУ, оборудование которого расположено в здании.

Комбинированным выключателем называется выключатель, который в разомкнутом положении удовлетворяет требованиям, предъявляемым к разъединителям в части прочности изоляции, и в котором конструктивно предусмотрены стационарный заземлитель (заземлители), механические и электрические блокировки приводов выключателя и заземлителя (заземлителей), исключающие самопроизвольное или несанкционированное включение выключателя и отключение заземлителя (заземлителей);

89) комплектное распределительное устройство - РУ, состоящее из полностью или частично закрытых шкафов или блоков со встроенными в них аппаратами, устройствами защиты и автоматики, поставляемое в собранном или полностью подготовленном для сборки виде.

Комплектное распределительное устройство, предназначенное для внутренней установки, Комплектное распределительное устройство, предназначенное для наружной установки, (далее - КРУН);

90) подстанция - электроустановка, служащая для преобразования и распределения электроэнергии и состоящая из трансформаторов или других преобразователей энергии, распределительных устройств, устройств управления и вспомогательных сооружений.

В зависимости от преобладания той или иной функции подстанций они называются трансформаторными или преобразовательными;

91) пристроенная подстанция (пристроенное РУ) - подстанция (РУ), непосредственно примыкающая (примыкающее) к основному зданию;

92) встроенная подстанция (встроенное РУ) - закрытая подстанция (закрытое РУ), вписанная (вписанное) в контур основного здания;

93) внутрицеховая подстанция - подстанция, расположенная внутри производственного здания (открыто или в отдельном закрытом помещении);

94) комплектная трансформаторная (преобразовательная) подстанция - подстанция, состоящая из трансформаторов (преобразователей) и блоков (комплектная распределительная устроиство (далее - КРУ) или комплектная распределительная устроиство наружней установки (далее - КРУН) и других элементов), поставляемых в собранном или полностью подготовленном для сборки виде. Комплектные трансформаторные (преобразовательные) подстанции (далее - КТП, КПП) или части их, устанавливаемые в закрытом помещении, относятся к внутренним установкам, устанавливаемые на открытом воздухе - к наружным установкам;

95) столбовая (мачтовая) трансформаторная подстанция - открытая трансформаторная подстанция, все оборудование которой установлено на конструкциях или на опорах ВЛ на высоте, не требующей ограждения подстанции;

96) распределительный пункт (далее - РП) - РУ, предназначенное для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования и трансформации, не входящее в состав подстанции;

97) камера - помещение, предназначенное для установки аппаратов и шин;

98) закрытая камера - камера, закрытая со всех сторон и имеющая сплошные (не сетчатые) двери;

99) огражденная камера - камера, которая имеет проемы, защищенные полностью или частично несплошными ограждениями.

Под смешанными ограждениями понимаются ограждения из сеток и сплошных листов;

100) взрывная камера - закрытая камера, предназначенная для локализации возможных аварийных последствий при повреждении установленных в ней аппаратов и имеющая выход наружу или во взрывной коридор;

101) коридор обслуживания - коридор вдоль камер или шкафов КРУ, предназначенный для обслуживания аппаратов и шин;

102) взрывной коридор - коридор, в который выходят двери взрывных камер;

103) преобразовательный агрегат - комплект оборудования, состоящий из одного или нескольких полупроводниковых преобразователей, трансформатора, а также приборов и аппаратуры, необходимых для пуска и работы агрегата;

104) полупроводниковый преобразователь - комплект полупроводниковых вентилей (неуправляемых или управляемых), смонтированных на рамах или в шкафах, с системой воздушного или водяного охлаждения, а также приборов и аппаратуры, необходимых для пуска и работы преобразователя;

105) питающая осветительная сеть - сеть от распределительного устройства подстанции или ответвления от воздушных линий электропередачи до ВУ, ВРУ, ГРЩ;

106) распределительная сеть - сеть от ВУ, ВРУ, ГРЩ до распределительных пунктов, щитков и пунктов питания наружного освещения;

107) групповая сеть - сеть от щитков до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников;

108) пункт питания наружного освещения - электрическое распределительное устройство для присоединения групповой сети наружного освещения к источнику питания;

109) фаза ночного режима - фаза питающей или распределительной сети наружного освещения, не отключаемая в ночные часы;

110) каскадная система управления наружным освещением - система, осуществляющая последовательное включение (отключение) участков групповой сети наружного освещения;

111) провода зарядки светильника - провода, прокладываемые внутри светильника от установленных в нем контактных зажимов или штепсельных разъемов для присоединения к сети (для светильника, не имеющего внутри контактных зажимов или штепсельного разъема - провода или кабели от места присоединения светильника к сети) до установленных в светильнике аппаратов и ламповых патронов;

112) кабельная линия - линия для передачи электроэнергии или отдельных ее импульсов, состоящая из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными, стопорными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями, а для маслонаполненных линий, кроме того, с подпитывающими аппаратами и системой сигнализации давления масла;

113) кабельное сооружение - сооружение, специально предназначенное для размещения в нем кабелей, кабельных муфт, а также маслоподпитывающих аппаратов и

другого оборудования, предназначенного для обеспечения нормальной работы маслонаполненных кабельных линий. К кабельным сооружениям относятся: кабельные туннели, каналы, короба, блоки, шахты, этажи, двойные полы, кабельные эстакады, галереи, камеры, подпитывающие пункты;

114) кабельный туннель - закрытое сооружение (коридор) с расположенными в нем опорными конструкциями для размещения на них кабелей и кабельных муфт, со свободным проходом по всей длине, позволяющим производить прокладку кабелей, ремонты и осмотры кабельных линий;

115) кабельный канал - закрытое и заглубленное (частично или полностью) в грунт, пол, перекрытие, непроходное сооружение, предназначенное для размещения в нем кабелей, укладку, осмотр и ремонт которых возможно производить лишь при снятом перекрытии;

116) кабельная шахта - вертикальное кабельное сооружение (прямоугольного сечения), у которого высота в несколько раз больше стороны сечения, снабженное скобами или лестницей для передвижения вдоль него людей (проходные шахты) или съемной полностью или частично стенкой (непроходные шахты);

117) кабельный этаж - часть здания, ограниченная полом и перекрытием или покрытием, с расстоянием между полом и выступающими частями перекрытия или покрытия не менее 1,8 м.;

118) кабельный блок - кабельное сооружение с трубами (каналами) для прокладки в них кабелей с относящимися к нему колодцами;

119) кабельная камера - подземное кабельное сооружение, закрываемое глухой съемной бетонной плитой, предназначенное для укладки кафельных муфт или для протяжки кабелей в блоки. Камера, имеющая люк для входа в нее, называется кабельным колодцем;

120) кабельная эстакада - надземное или наземное открытое горизонтальное или наклонное протяженное кабельное сооружение. Кабельная эстакада может быть проходной или непроходной;

121) кабельная галерея - надземное или наземное закрытое полностью или частично (без боковых стен) горизонтальное или наклонное протяженное проходное кабельное сооружение;

122) двойной пол - полость, ограниченная стенами помещения, междуэтажным перекрытием и полом помещения со съемными плитами (на всей или части площади);

123) кабельная маслонаполненная линия низкого или высокого давления - линия, в которой длительно допустимое избыточное давление составляет:

0,0245-0,294 МПа (0,25-3,0 кгс/см$^2$) для кабелей низкого давления в свинцовой оболочке;

0,0245-0,49 МПа (0,25-5,0 кгс/см$^2$) для кабелей низкого давления в алюминиевой оболочке;

1,08-1,57 МПа (11-16 кгс/см$^2$) для кабелей высокого давления;

124) секция кабельной маслонаполненной линии низкого давления - участок линии между стопорными муфтами или стопорной и концевой муфтами;

125) подпитывающий пункт - надземное, наземное или подземное сооружение с подпитывающими аппаратами и оборудованием (баки питания, баки давления, подпитывающие агрегаты);

126) разветвительное устройство - часть кабельной линии высокого давления между концом стального трубопровода и концевыми однофазными муфтами;

127) подпитывающий агрегат - автоматически действующее устройство, состоящее из баков, насосов, труб, перепускных клапанов, вентилей, щита автоматики и другого оборудования, предназначенного для обеспечения подпитки маслом кабельной линии высокого давления;

128) зоны класса В-I - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых емкостях;

129) зоны класса В-Iа - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны в результате аварий или неисправностей;

130) зоны класса В-Iб - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны в результате аварий или неисправностей и которые отличаются одной из следующих особенностей:

горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15 % и более) и резким запахом при предельно допустимых концентрациях;

помещения производств, связанных с обращением газообразного водорода, в которых по условиям технологического процесса исключается образование взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5 % свободного объема помещения, имеют взрывоопасную зону в верхней части помещения. Взрывоопасная зона условно принимается от отметки 0,75 общей высоты помещения, считая от уровня пола, но не выше кранового пути, если таковой имеется (помещения электролиза воды, зарядные станции тяговых и статерных аккумуляторных батарей).

К классу В-Iб относятся также зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ имеются в небольших количествах, недостаточных для создания взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5 % свободного объема помещения, и в которых работа с горючими газами и ЛВЖ производится без применения открытого пламени. Эти зоны не относятся к взрывоопасным, если работа с горючими газами и ЛВЖ производится в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами;

131) зоны класса В-Iг - пространства у наружных установок: технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ (за исключением наружных аммиачных компрессорных установок, выбор электрооборудования для которых производится согласно пункту 1388 настоящих Правил) надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры), эстакад для слива и налива ЛВЖ, открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой.

К зонам класса В-Iг также относятся: пространства у проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений со взрывоопасными зонами классов В-I, В-Iа и В-II (исключение - проемы окон с заполнением стеклоблоками); пространства у наружных ограждающих конструкций, если на них расположены устройства для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений со взрывоопасными зонами любого класса или если они находятся в пределах наружной взрывоопасной зоны; пространства у предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами и ЛВЖ;

132) зоны класса В-II - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы;

Зоны класса В-IIа - зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния, указанные в настоящем пункте, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

3. Применяемые в электроустановках электрооборудование и материалы должны соответствовать требованиям законодательства в области электроэнергетики.

4. Конструкция, исполнение, способ установки и класс изоляции применяемых машин, аппаратов, приборов и прочего электрооборудования, а также кабелей и проводов должны соответствовать параметрам сети или электроустановки, условиям окружающей среды и требованиям настоящих Правил.

5. Применяемые в электроустановках электрооборудование, кабели и провода по своим нормированным, гарантированным и расчетным характеристикам должны соответствовать условиям работы данной установки.

В эксплуатации обеспечиваются условия нормальной работы устройств и аппаратуры управления и автоматизации технологических процессов, защиты и вторичных цепей (допустимые температура, влажность, вибрация, отклонения рабочих параметров от номинальных, уровень помех).

6. Электроустановки и связанные с ними конструкции должны быть стойкими в отношении воздействия окружающей среды или защищены от этого воздействия.

7. Строительная и санитарно-техническая части электроустановок (конструкции здания и его элементов, отопление, вентиляция и водоснабжение) должны выполняться в соответствии с действующими строительными нормами и правилами (далее - СНиП) при обязательном выполнении дополнительных требований, приведенных в настоящих Правилах.

8. Электроустановки должны соответствовать требованиям законодательства в области охраны окружающей среды.

9. В электроустановках должны быть предусмотрены сбор и удаление отходов: химических веществ, масла, мусора, технических вод. В соответствии с требованиями по охране окружающей среды должна быть исключена возможность попадания указанных отходов в водоемы, систему отвода ливневых вод, овраги, а также на территории, не предназначенные для этих отходов.

10. Проектирование и выбор схем, компоновок и конструкций электроустановок производятся на основе технико-экономических сравнений, применения простых и надежных схем, внедрения новейшей техники, с учетом опыта эксплуатации, наименьшего расхода цветных и других дефицитных материалов, оборудования.

11. При опасности возникновения электрокоррозии или почвенной коррозии предусматриваются соответствующие мероприятия по защите сооружений, оборудования, трубопроводов и других подземных коммуникаций.

12. В электроустановках должна быть обеспечена возможность легкого распознавания частей, относящихся к отдельным их элементам (простота и наглядность схем, надлежащее расположение электрооборудования, надписи, маркировка, расцветка).

13. Буквенно-цифровое и цветовое обозначения одноименных шин в каждой электроустановке должны быть одинаковыми.

Шины обозначаются:

1) при переменном трехфазном токе: шины фазы А - желтым цветом, фазы В - зеленым, фазы С - красным, нулевая рабочая - голубым, эта же шина, используемая в качестве нулевой защитной - продольными полосами желтого и зеленого цветов;

2) при переменном однофазном токе: шина А, присоединенная к началу обмотки источника питания - желтым цветом, а В, присоединенная к концу обмотки - красным.

Шины однофазного тока, если они являются ответвлением от шин трехфазной системы, обозначаются как соответствующие шины трехфазного тока;

3) при постоянном токе: положительная шина (+) - красным цветом, отрицательная (-) - синим и нулевая рабочая М - голубым;

4) резервная - как резервируемая основная шина, если же резервная шина может заменять любую из основных шин, то она обозначается поперечными полосами цвета основных шин.

Цветовое обозначение должно быть выполнено по всей длине шин, если оно предусмотрено также для более интенсивного охлаждения или для антикоррозийной защиты.

Допускается выполнять цветовое обозначение не по всей длине шин, только цветовое или только буквенно-цифровое обозначение либо цветовое в сочетании с буквенно-цифровым только в местах присоединения шин; если неизолированные шины недоступны для осмотра в период, когда они находятся под напряжением, то допускается их не обозначать. При этом, не должен снижаться уровень безопасности и наглядности при обслуживании электроустановки.

14. При расположении шин в распределительных устройствах (кроме КРУ заводского изготовления) необходимо соблюдать следующие условия:

1) в закрытых распределительных устройствах при переменном трехфазном токе шины должны располагаться:

сборные и обходные шины, а также все виды секционных шин при вертикальном расположении А - В - С сверху вниз; при расположении горизонтально, наклонно или треугольником наиболее удаленная шина А, средняя В, ближайшая к коридору обслуживания С;

ответвления от сборных шин - слева направо А - В - С, если смотреть на шины из коридора обслуживания (при наличии трех коридоров - из центрального);

в электроустановках напряжением до 1 кВ в пяти- и четырехпроводных цепях трехфазного переменного тока:

при вертикальном расположении - А - В - С - N - RE (REN) сверху вниз;

при расположении горизонтально или наклонно - наиболее удаленная шина - А, ближайшая к коридору обслуживания - RE (REN) при последовательности расположения А - В - С - N - RE (REN);

ответвления от сборных шин - слева направо, если смотреть на шины из коридора обслуживания (при наличии трех коридоров - из центрального), начиная с шины RE (REN);

2) в открытых распределительных устройствах при переменном трехфазном токе шины должны располагаться:

сборные и обходные шины, а также все виды секционных шин, шунтирующие перемычки и перемычки в схемах кольцевых, полуторных, должны иметь со стороны главных трансформаторов на высшем напряжении шину А;

ответвления от сборных шин в открытых распределительных устройствах должны выполняться так, чтобы расположение шин присоединений слева направо было А - В - С, если смотреть со стороны шин на трансформатор.

Расположение шин ответвлений в ячейках независимо от их размещения по отношению к сборным шинам должно быть одинаковым;

3) при постоянном токе шины должны располагаться:

сборные шины при вертикальном расположении: верхняя М, средняя (-), нижняя (+);

сборные шины при горизонтальном расположении: наиболее удаленная М, средняя (-) и ближайшая (+), если смотреть на шины из коридора обслуживания;

ответвления от сборных шин: левая шина М, средняя (-), правая (+), если смотреть на шины из коридора обслуживания.

В отдельных случаях допускаются отступления от требований, приведенных в подпунктах 1) - 3) пункта 13 настоящих Правил, если их выполнение связано с существенным усложнением электроустановок (вызывает необходимость установки специальных опор вблизи подстанции для транспозиции проводов воздушных линий (далее - ВЛ) или, если применяются на подстанции две или более ступени трансформации.

15. В электропомещениях с установками до 1 кВ допускается применение неизолированных и изолированных токоведущих частей без защиты от прикосновения, если по местным условиям такая защита не является необходимой для каких-либо иных

целей. При этом, доступные части должны быть расположены так, чтобы нормальное обслуживание не было сопряжено с опасностью прикосновения к ним.

16. Все ограждающие и закрывающие устройства должны обладать в соответствии с местными условиями достаточной механической прочностью. При напряжении выше 1 кВ толщина металлических ограждающих и закрывающих устройств должна быть не менее 1 мм. Устройства, предназначенные для защиты проводов и кабелей от механических повреждений, должны быть введены в машины, аппараты и приборы.

## 2. Электроснабжение и электрические сети

### Параграф 1. Общие положения

17. При проектировании систем электроснабжения и реконструкции электроустановок рассматриваются следующие вопросы:

1) перспектива развития энергосистем и систем электроснабжения с учетом рационального сочетания вновь сооружаемых электрических сетей с действующими и вновь сооружаемыми сетями других классов напряжения;

2) обеспечение комплексного централизованного электроснабжения всех потребителей, расположенных в зоне действия электрических сетей, независимо от их ведомственной принадлежности;

3) ограничение токов коротокого замыкания (далее - КЗ) предельными уровнями, определяемыми на перспективу;

4) снижение потерь электрической энергии.

При этом, в комплексе рассматриваются внешнее и внутреннее электроснабжение с учетом возможностей и экономической целесообразности технологического резервирования.

При решении вопросов резервирования учитывается перегрузочная способность элементов электроустановок, а также наличие резерва в технологическом оборудовании.

18. При решении вопросов развития систем электроснабжения учитываются ремонтные, аварийные и послеаварийные режимы.

19. При выборе независимых взаимно резервирующих источников питания, являющихся объектами энергосистемы, учитывается вероятность одновременного зависимого кратковременного снижения или полного исчезновения напряжения на время действия релейной защиты и автоматики при повреждениях в электрической части энергосистемы, а также одновременного длительного исчезновения напряжения на этих источниках питания при тяжелых системных авариях.

20. Проектирование электрических сетей осуществляется с учетом вида их обслуживания (постоянное дежурство, дежурство на дому, выездные бригады).

21. Работа электрических сетей напряжением 3-35 кВ предусматривается как с изолированной нейтралью, так и с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор или резистор.

Работа электрических сетей 110 кВ должна предусматриваться как с глухо заземленной, так и с эффективно заземленной нейтралью.

Работа электрических сетей 220 кВ должна предусматриваться только с глухо заземленной нейтралью.

Компенсация емкостного тока замыкания на землю должна применяться при значениях этого тока в нормальных режимах:

1) в сетях 3-20 кВ, имеющих железобетонные и металлические опоры на ВЛ, и во всех сетях 35 кВ - более 10 А;

2) в сетях, не имеющих железобетонных и металлических опор на ВЛ: при напряжении 3-6 кВ - более 30 А; при 10 кВ - более 20 А; при 15-20 кВ - более 15 А;

3) в схемах 6-20 кВ блоков генератор-трансформатор (на генераторном напряжении) - более 5 А.

При токах замыкания на землю более 50 А применяется не менее двух заземляющих дугогасящих реакторов.

## Параграф 2. Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения

22. В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяются на следующие три категории:

Электроприемники I категории - электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, значительный ущерб экономики предприятий, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства.

Из состава электроприемников I категории выделяется особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийной остановки производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего основного оборудования.

Электроприемники II категории - электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники III категории - все остальные электроприемники, не подходящие под определения I и II категорий.

23. Электроприемники I категории обеспечиваются электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допускается лишь на время автоматического восстановления питания.

Для электроснабжения особой группы электроприемников I категории предусматривается дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников I категории используются местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного напряжения), специальные агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи.

Если резервированием электроснабжения недопускается обеспечить необходимой непрерывности технологического процесса или, если резервирование электроснабжения экономически нецелесообразно, осуществляется технологическое резервирование.

Электроснабжение электроприемников I категории с особо сложным непрерывным технологическим процессом, требующим длительного времени на восстановление рабочего режима, при наличии технико-экономических обоснований осуществляется от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, к которым предъявляются дополнительные требования, определяемые особенностями технологического процесса.

24. Электроприемники II категории обеспечиваются электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания.

Для электроприемников II категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для

включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

25. Для электроприемников III категории электроснабжение выполняется от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 календарного дня.

### Параграф 3. Уровни и регулирование напряжения, компенсация реактивной мощности

26. Устройства регулирования напряжения должны обеспечивать поддержание напряжения на тех шинах напряжением 6-20 кВ электростанций и подстанций, к которым присоединены распределительные сети, в пределах не ниже 105% номинального в период наибольших нагрузок и не выше 100% номинального в период наименьших нагрузок этих сетей.

27. Устройства компенсации реактивной мощности, устанавливаемые у потребителя, должны обеспечивать потребление от энергосистемы реактивной мощности в пределах, указанных в условиях на присоединение электроустановок этого потребителя к энергосистеме.

28. Выбор и размещение устройств компенсации реактивной мощности в электрических сетях производится в соответствии с инструкцией по компенсации реактивной мощности.

## 3. Выбор проводников по нагреву, экономической плотности тока и по условиям короны

### Параграф 1. Область применения

29. Настоящая глава Правил распространяется на выбор сечений электрических проводников (неизолированные и изолированные провода, кабели и шины) по нагреву, экономической плотности тока и по условиям короны. Если сечение проводника, определенное по этим условиям, получается меньше сечения, требуемого по другим условиям (термическая и электродинамическая стойкость при токах КЗ, потери и отклонения напряжения, механическая прочность, защита от перегрузки), то должно приниматься наибольшее сечение, требуемое этими условиями.

### Параграф 2. Выбор сечений проводников по нагреву

30. Проводники любого назначения должны удовлетворять требования в отношении предельно допустимого нагрева с учетом нормальных, но и послеаварийных режимов, а также режимов в период ремонта и возможных неравномерностей распределения токов между линиями, секциями шин. При проверке на нагрев принимается получасовой максимум тока, наибольший из средних получасовых токов данного элемента сети.

При повторно-кратковременном и кратковременном режимах работы электроприемников (с общей длительностью цикла до 10 минут и длительностью рабочего периода не более 4 минут) в качестве расчетного тока для проверки сечения проводников по нагреву принимается ток, приведенный к длительному режиму. При этом:

1) для медных проводников сечением до 6 мм$^2$, а для алюминиевых проводников до 10 мм$^2$ ток принимается, как для установок с длительным режимом работы;

2) для медных проводников сечением более 6 мм$^2$, а для алюминиевых проводников более 10 мм$^2$ ток определяется умножением допустимого длительного тока на коэффициент $0{,}875/\sqrt{\text{ТП.В.}}$, где ТП.В. - длительность рабочего периода выраженная в относительных единицах (продолжительность включения по отношению к продолжительности цикла).

31. Для кратковременного режима работы с длительностью включения не более 4 минут и перерывами между включениями, достаточными для охлаждения проводников до температуры окружающей среды, наибольшие допустимые токи определяются по нормам повторно-кратковременного режима. При длительности включения более 4 минут, а также при перерывах недостаточной длительности между включениями, наибольшие допустимые токи определяются, как для установок с длительным режимом работы.

32. Для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией, несущих нагрузки меньше номинальных, допускается кратковременная перегрузка, указанная в таблице 1 приложения к настоящим Правилам.

33. На период ликвидации послеаварийного режима для кабелей с полиэтиленовой изоляцией допускается перегрузка до 10%, а для кабелей с поливинилхлоридной изоляцией - до 15 % номинальной на время максимумов нагрузки продолжительностью не более 6 часов в сутки в течение 5 суток, если нагрузка в остальные периоды времени этих суток не превышает номинальной.

На период ликвидации послеаварийного режима для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией допускаются перегрузки в течение 5 суток в пределах, указанных в таблице 2 приложения к настоящим Правилам.

Для кабельных линий, находящихся в эксплуатации более 15 лет, перегрузки должны быть понижены на 10 %.

Перегрузка кабельных линий напряжением 20-35 кВ не допускается.

34. Требования к нормальным нагрузкам и послеаварийным перегрузкам относятся к кабелям и установленным на них соединительным и концевым муфтам и концевым заделкам.

35. Нулевые рабочие проводники в четырехпроводной системе трехфазного тока должны иметь проводимость не менее 50% проводимости фазных проводников; в необходимых случаях она увеличивается до 100 % проводимости фазных проводников.

36. При определении допустимых длительных токов для кабелей, неизолированных и изолированных проводов и шин, а также для жестких и гибких токопроводов, проложенных в среде, температура которой существенно отличается от приведенной в таблицах 12-15 и 22 приложения к настоящим Правилам, применяются коэффициенты, приведенные в таблице 3 приложения к настоящим Правилам.

## Параграф 3. Допустимые длительные токи для проводов, шнуров и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией

37. Допустимые длительные токи для проводов с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией, шнуров с резиновой изоляцией и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках приведены в таблицах 4 и 11 приложения к настоящим Правилам. Приняты для температур: жил +65, окружающего воздуха +25 и земли +15° С.

При определении количества проводов, прокладываемых в одной трубе (или жил многожильного проводника), нулевой рабочий проводник четырехпроводной системы трехфазного тока, а также заземляющие и нулевые защитные проводники в расчет не принимаются.

Данные, содержащиеся в таблицах 4 и 5 приложения к настоящим Правилам, применяются независимо от количества труб и места их прокладки (в воздухе, перекрытиях, фундаментах).

Допустимые длительные токи для проводов и кабелей, проложенных в коробах, а также в лотках пучками, должны приниматься: для проводов - по таблицам 4 и 5 приложения к настоящим Правилам, как для проводов, проложенных в трубах, для кабелей - по таблицам 6 и 8 приложения, как для кабелей, проложенных в воздухе. При количестве одновременно нагруженных проводов более четырех, проложенных в трубах, коробах, а также в лотках пучками, токи для проводов должны приниматься по таблицам 4 и 5, как для проводов, проложенных открыто (в воздухе), с введением снижающих коэффициентов 0,68 для 5 и 6 0,63 для 7-9 и 0,6 для 10-12 проводов.

Для проводов вторичных цепей снижающие коэффициенты не вводятся.

38. Допустимые длительные токи для проводов, проложенных в лотках, при однорядной прокладке (не в пучках) принимаются, как для проводов, проложенных в воздухе.

Допустимые длительные токи для проводов и кабелей, прокладываемых в коробах, принимаются по таблицам 4 и 7 приложения к настоящим Правилам, как для одиночных проводов и кабелей, проложенных открыто (в воздухе), с применением снижающих коэффициентов, указанных в таблице 12 приложения к настоящим Правилам.

39. Допустимые длительные токи для кабелей напряжением до 35 кВ с изоляцией из пропитанной кабельной бумаги в свинцовой, алюминиевой или поливинилхлоридной оболочках приняты в соответствии с допустимыми температурами жил кабелей:

| Номинальное напряжение, кВ | до 3 | 6 | 10 | 20 и 35 |
|---|---|---|---|---|
| Допустимая температура жилы кабеля, °С | +80 | +65 | +60 | +50 |

40. Для кабелей, проложенных в земле, допустимые длительные токи приведены в таблицах 13, 16, 19-22 приложения к настоящим Правилам. Они приняты из расчета прокладки в траншее на глубине 0,7-1,0 м не более одного кабеля при температуре земли +15°С и удельном сопротивлении земли 120 см*К/Вт.

При удельном сопротивлении земли, отличающемся от 120 см*К/Вт, необходимо к токовым нагрузкам, указанным в таблицах, применять поправочные коэффициенты, указанные в таблице 23 приложения к настоящим Правилам.

41. Для кабелей, проложенных в воде, допустимые длительные токи приведены в таблицах 13, 16, 22 и 21 приложения к настоящим Правилам. Они приняты из расчета температуры воды +15°С.

42. Для кабелей, проложенных в воздухе, внутри и вне зданий, при любом количестве кабелей и температуре воздуха +25°С допустимые длительные токи приведены в таблицах 14, 19, 20, 21, 23 и 24 приложения к настоящим Правилам.

43. Допустимые длительные токи для одиночных кабелей, прокладываемых в трубах в земле, должны приниматься, как для тех же кабелей, прокладываемых в воздухе, при температуре, равной температуре земли.

44. При смешанной прокладке кабелей допустимые длительные токи должны приниматься для участка трассы с наихудшими условиями охлаждения, если длина его более 10 м. В указанных случаях применяются кабельные вставки большего сечения.

45. При прокладке нескольких кабелей в земле (включая прокладку в трубах) допустимые длительные токи должны быть уменьшены путем введения коэффициентов, приведенных в таблице 26 приложения к настоящим Правилам. При этом, не должны учитываться резервные кабели.

Прокладка нескольких кабелей в земле с расстояниями между ними менее 10 мм в свету не допускается.

46. Для масло- и газонаполненных одножильных бронированных кабелей, а также других кабелей новых конструкций допустимые длительные токи устанавливаются заводами-изготовителями.

47. Допустимые длительные токи для кабелей, прокладываемых в блоках, определяются по эмпирической формуле

$$I = a\ b\ c\ I_0,$$

где $I_0$ - допустимый длительный ток для трехжильного кабеля напряжением 10 кВ с медными или алюминиевыми жилами, определяемый по таблице 27 приложения к настоящим Правилам; a - коэффициент, выбираемый по таблице 28 приложения к настоящим Правилам в зависимости от сечения и расположения кабеля в блоке b - коэффициент, выбираемый в зависимости от напряжения кабеля:

| Номинальное напряжение кабеля,кВ | До 3 | 6 | 10 |
|---|---|---|---|
| Коэффициент b | 1,09 | 1,05 | 1,0 |

c - коэффициент, выбираемый в зависимости от среднесуточной загрузки всего блока:

| Среднесуточная загрузка $S_{ср.сут}/S_{ном}$ | 1 | 0,85 | 0,7 |
|---|---|---|---|
| Коэффициент c | 1 | 1,07 | 1,16 |

Резервные кабели допускается прокладывать в незанумерованных каналах блока, если они работают, когда рабочие кабели отключены.

48. Допустимые длительные токи для кабелей, прокладываемых в двух параллельных блоках одинаковой конфигурации, должны уменьшаться путем умножения на коэффициенты, выбираемые в зависимости от расстояния между блоками:

| Расстояние между блоками, мм | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Коэффициент | 0,85 | 0,89 | 0,91 | 0,93 | 0,95 | 0,96 |

49. Допустимые длительные токи для неизолированных проводов и окрашенных шин приведены в таблицах 29-35 приложения к настоящим Правилам. Они приняты из расчета допустимой температуры их нагрева +70°С при температуре воздуха +25° С.

Для полых алюминиевых проводов марок ПА500 и ПА600 допустимый длительный ток принимается:

| Марка провода | ПА500 | ПА6000 |
|---|---|---|
| Ток, А | 1340 | 1680 |

50. При расположении шин прямоугольного сечения плашмя токи, приведенные в таблице 33 приложения к настоящим Правилам, должны быть уменьшены на 5 % для шин с шириной полос до 60 мм и на 8 % для шин с шириной полос более 60 мм.

51. При выборе шин больших сечений необходимо выбирать наиболее экономичные по условиям пропускной способности конструктивные решения, обеспечивающие наименьшие добавочные потери от поверхностного эффекта и эффекта близости, и наилучшие условия охлаждения (уменьшение количества полос в пакете, рациональная конструкция пакета, применение профильных шин).

52. Сечения проводников должны быть проверены по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение S, мм$^2$ определяется из соотношения:

$$S = \frac{I}{J_{эк}},$$

где I - расчетный ток в час максимума энергосистемы, А Jэк - нормированное значение экономической плотности тока, А/мм$^2$, для заданных условий работы, выбираемое по таблице 36 приложения к настоящим Правилам.

Сечение, полученное в результате указанного расчета, округляется до ближайшего стандартного сечения. Расчетный ток принимается для нормального режима работы, увеличение тока в послеаварийных и ремонтных режимах сети не учитывается.

53. Выбор сечений проводов линий электропередачи постоянного и переменного тока напряжением 330 кВ и выше, а также линий межсистемных связей и мощных жестких и гибких токопроводов, работающих с большим числом часов использования максимума, производится на основе технико-экономических расчетов.

54. Увеличение количества линий или цепей сверх необходимого по условиям надежности электроснабжения в целях удовлетворения экономической плотности тока производится на основе технико-экономического расчета. При этом, во избежание увеличения количества линий или цепей, допускается двукратное превышение нормированных значений, приведенных в таблице 36 приложения к настоящим Правилам.

В технико-экономических расчетах учитываются все вложения в дополнительную линию, включая оборудование и камеры распределительных устройств на обоих концах линий. Также проверяется целесообразность повышения напряжения линии.

Данными указаниями необходимо руководствоваться также при замене существующих проводов проводами большего сечения или при прокладке дополнительных линий для обеспечения экономической плотности тока при росте нагрузки. В этих случаях должна учитываться полная стоимость всех работ по демонтажу и монтажу оборудования линии, включая стоимость аппаратов и материалов.

55. Проверке по экономической плотности тока не подлежат:

1) сети промышленных предприятий и сооружений напряжением до 1 кВ при числе часов использования максимума нагрузки предприятий до 4000-5000;

2) ответвления к отдельным электроприемникам напряжением до 1 кВ, а также осветительные сети промышленных предприятий, жилых и общественных зданий;

3) сборные шины электроустановок и ошиновка в пределах открытых и закрытых распределительных устройств всех напряжений;

4) проводники, идущие к резисторам, пусковым реостатам;

5) сети временных сооружений, а также устройства со сроком службы 3-5 лет.

56. При пользовании таблицы 36 приложения к настоящим Правилам необходимо руководствоваться следующим:

1) при максимуме нагрузки в ночное время экономическая плотность тока увеличивается на 40 %;

2) для изолированных проводников сечением 16 мм$^2$ и менее экономическая плотность тока увеличивается на 40 %;

3) для линий одинакового сечения с n ответвляющимися нагрузками экономическая плотность тока в начале линии увеличивается в $k_y$ раз, причем $k_y$ определяется по формуле:

$$k_y = \sqrt{\frac{I_1^2 L}{I_1^2 l_1 + I_2^2 l_2 + \ldots + I_n^2 l_n}},$$

где $I_1$, $I_2$,..., $I_n$ - нагрузки отдельных участков линии; $l_1$, $l_2$,..., $l_n$ - длины отдельных участков линии; L - полная длина линии;

4) при выборе сечений проводников для питания n однотипных, взаиморезервируемых электроприемников (насосов водоснабжения, преобразовательных агрегатов), из которых m одновременно находятся в работе, экономическая плотность тока увеличивается против значений, приведенных в таблице 36 приложения настоящих Правил, в $k_n$ раз, где $k_n$ равно:

$$k_n = \sqrt{\frac{n}{m}}.$$

57. Сечение проводов ВЛ 35 кВ в сельской местности, питающих понижающие подстанции 35/6-10 кВ с трансформаторами с регулированием напряжения под нагрузкой, должно выбираться по экономической плотности тока. Расчетная нагрузка при выборе сечений проводов принимается на перспективу в 5 лет, считая от года ввода ВЛ в эксплуатацию. Для ВЛ 35 кВ, предназначенных для резервирования в сетях 35 кВ в сельской местности, должны применяться минимальные по длительно допустимому току сечения проводов, исходя из обеспечения питания потребителей электроэнергии в послеаварийных и ремонтных режимах.

58. Выбор экономических сечений проводов воздушных и жил кабельных линий, имеющих промежуточные отборы мощности, производятся для каждого из участков, исходя из соответствующих расчетных токов участков. При этом, для соседних участков допускается принимать одинаковое сечение провода, соответствующее экономическому для наиболее протяженного участка, если разница между значениями экономического сечения для этих участков находится в пределах одной ступени по шкале стандартных сечений. Сечения проводов на ответвлениях длиной до 1 км принимаются такими же, как на ВЛ, от которой производится ответвление. При большей длине ответвления экономическое сечение определяется по расчетной нагрузке этого ответвления.

59. Для линий электропередачи напряжением 6-20 кВ значения плотности тока, приведенные в таблице 36 приложения к настоящим Правилам, допускается применять лишь тогда, когда они не вызывают отклонения напряжения у приемников электроэнергии сверх допустимых пределов с учетом применяемых средств регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности.

60. При напряжении 35 кВ и выше проводники должны быть проверены по условиям образования короны с учетом среднегодовых значений плотности и температуры воздуха на высоте расположения данной электроустановки над уровнем моря, приведенного радиуса проводника, а также коэффициента негладкости проводников.

При этом, наибольшая напряженность поля у поверхности любого из проводников, определенная при среднем эксплуатационном напряжении, должна быть не более 0,9 начальной напряженности электрического поля, соответствующей появлению общей короны.

Для проводников необходима проверка по условиям допустимого уровня радиопомех от короны.

## 4. Выбор электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания

### Параграф 1. Общие требования

61. По режиму КЗ должны проверяться:

1) в электроустановках выше 1 кВ:

электрические аппараты, токопроводы, кабели и другие проводники, а также опорные и несущие конструкции для них;

воздушные линии электропередачи при ударном токе КЗ 50 кА и более для предупреждения схлестывания проводов при динамическом действии токов КЗ.

Для линий с расщепленными проводами должны быть проверены расстояния между распорками расщепленных проводов для предупреждения повреждения распорок и проводов при схлестывании.

Провода ВЛ, оборудованные устройствами быстродействующего автоматического повторного включения, проверяются и на термическую стойкость.

2) В электроустановках до 1 кВ - распределительные щиты, токопроводы и силовые шкафы. Трансформаторы тока по режиму КЗ не проверяются.

Аппараты, которые предназначены для отключения токов КЗ или могут по условиям своей работы включать короткозамкнутую цепь, должны, обладать способностью производить эти операции при всех возможных токах КЗ.

Стойкими при токах КЗ являются те аппараты и проводники, которые при расчетных условиях выдерживают воздействия этих токов, не подвергаясь электрическим, механическим и иным разрушениям или деформациям, препятствующим их дальнейшей нормальной эксплуатации.

62. По режиму КЗ при напряжении выше 1 кВ не проверяются:

1) аппараты и проводники, защищенные плавкими предохранителями с вставками на номинальный ток до 60 А, - по электродинамической стойкости;

2) аппараты и проводники, защищенные плавкими предохранителями независимо от их номинального тока и типа, - по термической стойкости.

Цепь считается защищенной плавким предохранителем, если его отключающая способность выбрана в соответствии с требованиями настоящих Правил и он способен отключить наименьший возможный аварийный ток в данной цепи;

3) проводники в цепях к индивидуальным электроприемникам, в том числе к цеховым трансформаторам общей мощностью до 2,5 МВ*А и с высшим напряжением до 20 кВ, если соблюдены одновременно следующие условия:

в электрической или технологической части предусмотрена необходимая степень резервирования, выполненного так, что отключение указанных электроприемников не вызывает расстройства технологического процесса;

повреждение проводника при КЗ не может вызвать взрыва или пожара;

возможна замена проводника без значительных затруднений;

4) проводники к индивидуальным электроприемникам, указанным в подпункте 3) настоящего пункта, а также к отдельным небольшим распределительным пунктам, если такие электроприемники и распределительные пункты являются неответственными по своему назначению и если повреждение проводника при КЗ не может вызвать взрыва или пожара;

5) трансформаторы тока в цепях до 20 кВ, питающих трансформаторы или реактированные линии, в случаях, когда выбор трансформаторов тока по условиям КЗ требует такого завышения коэффициентов трансформации, при котором не может быть обеспечен необходимый класс точностей присоединенных измерительных приборов; при этом на стороне высшего напряжения в цепях силовых трансформаторов необходимо избегать применения трансформаторов тока, не стойких к току КЗ, а приборы учета необходимо присоединять к трансформаторам тока на стороне низшего напряжения;

6) провода ВЛ;

7) аппараты и шины цепей трансформаторов напряжения при расположении их в отдельной камере или за добавочным резистором, встроенным в предохранитель или установленным отдельно.

63. При выборе расчетной схемы для определения токов КЗ исходить из предусматриваемых для данной электроустановки условий длительной ее работы и не

считаться с кратковременными видоизменениями схемы этой электроустановки, которые не предусмотрены для длительной эксплуатации. Ремонтные и послеаварийные режимы работы электроустановки к кратковременным изменениям схемы не относятся.

Расчетная схема должна учитывать перспективу развития внешних сетей и генерирующих источников, с которыми электрически связывается рассматриваемая установка, не менее чем на 5 лет от запланированного срока ввода ее в эксплуатацию.

При этом, допустимо вести расчет токов КЗ приближенно для начального момента КЗ.

64. В качестве расчетного вида КЗ принимается:

1) для определения электродинамической стойкости аппаратов и жестких шин с относящимися к ним поддерживающими и опорными конструкциями - трехфазное КЗ;

2) для определения термической стойкости аппаратов и проводников - трехфазное КЗ; на генераторном напряжении электростанций - трехфазное или двухфазное в зависимости от того, какое из них приводит к большему нагреву;

3) для выбора аппаратов по коммутационной способности - по большему из значений, получаемых для случаев трехфазного и однофазного КЗ на землю (в сетях с большими токами замыкания на землю); если выключатель характеризуется двумя значениями коммутационной способности - трехфазной и однофазной - соответственно по обоим значениям.

65. Расчетный ток КЗ определяется, исходя из условия повреждения в такой точке рассматриваемой цепи, при КЗ в которой аппараты и проводники этой цепи находятся в наиболее тяжелых условиях. Со случаями одновременного замыкания на землю различных фаз в двух разных точках схемы допустимо не считаться.

66. На реактированных линиях в закрытых распределительных устройствах проводники и аппараты, расположенные до реактора и отделенные от питающих сборных шин (на ответвлениях от линий - от элементов основной цепи) разделяющими полками, перекрытиями, выбираются по току КЗ за реактором, если последний расположен в том же здании и соединение выполнено шинами.

Шинные ответвления от сборных шин до разделяющих полок и проходные изоляторы в последних должны быть выбраны исходя из КЗ до реактора.

67. При расчете термической стойкости в качестве расчетного времени принимается сумма времен, получаемая от сложения времени действия основной защиты (с учетом действия АПЗ), установленной у ближайшего к месту КЗ выключателя, и полного времени отключения этого выключателя (включая время горения дуги).

При наличии зоны нечувствительности у основной защиты (по току, напряжению, сопротивлению) термическую стойкость необходимо дополнительно проверять, исходя из времени действия защиты, реагирующей на повреждение в этой зоне, плюс полное время отключения выключателя. При этом, в качестве расчетного тока КЗ принимается то значение, которое соответствует этому месту повреждения.

Аппаратура и токопроводы, применяемые в цепях генераторов мощностью 60 МВт и более, а также в цепях блоков генератор - трансформатор такой же мощности, должны проверяться по термической стойкости, исходя из времени прохождения тока КЗ 4 секунды.

## Параграф 2. Определение токов короткого замыкания для выбора аппаратов и проводников

68. Проверке по экономической плотности тока не подлежат:

В электроустановках до 1 кВ и выше при определении токов КЗ для выбора аппаратов и проводников и определения воздействия на несущие конструкции исходить из следующего:

1) все источники, участвующие в питании рассматриваемой точки КЗ, работают одновременно с номинальной нагрузкой;

2) все синхронные машины имеют автоматические регуляторы напряжения и устройства форсировки возбуждения;

3) короткое замыкание наступает в такой момент времени, при котором ток КЗ будет иметь наибольшее значение;

4) электродвижущие силы всех источников питания совпадают по фазе;

5) расчетное напряжение каждой ступени принимается на 5 % выше номинального напряжения сети;

6) должно учитываться влияние на токи КЗ присоединенных к данной сети синхронных компенсаторов, синхронных и асинхронных электродвигателей. Влияние асинхронных электродвигателей на токи КЗ не учитывается при мощности электродвигателей до 100 кВт в единице, если электродвигатели отделены от места КЗ одной ступенью трансформации, а также при любой мощности, если они отделены от места КЗ двумя или более ступенями трансформации либо, если ток от них может поступать к месту КЗ только через те элементы, через которые проходит основной ток КЗ от сети и которые имеют существенное сопротивление (линии, трансформаторы).

69. В электроустановках выше 1 кВ в качестве расчетных сопротивлений принимаются индуктивные сопротивления электрических машин, силовых трансформаторов и автотрансформаторов, реакторов, воздушных и кабельных линий, а также токопроводов. Активное сопротивление учитывается только для ВЛ с проводами малых сечений и стальными проводами, а также для протяженных кабельных сетей малых сечений с большим активным сопротивлением.

70. В электроустановках до 1 кВ в качестве расчетных сопротивлений принимаются индуктивные и активные сопротивления всех элементов цепи, включая активные сопротивления переходных контактов цепи. Допустимо пренебречь сопротивлениями одного вида (активными или индуктивными), если при этом полное сопротивление цепи уменьшается не более чем на 10 %.

71. В случае питания электрических сетей до 1 кВ от понижающих трансформаторов при расчете токов КЗ исходить из условия, что подведенное к трансформатору напряжение неизменно и равно его номинальному напряжению.

72. Элементы цепи, защищенной плавким предохранителем с токоограничивающим действием, проверяются на электродинамическую стойкость по наибольшему мгновенному значению тока КЗ, пропускаемого предохранителем.

## Параграф 3. Выбор проводников и изоляторов, проверка несущих конструкций по условиям динамического действия токов короткого замыкания

73. Усилия, действующие на жесткие шины и передающиеся ими на изоляторы и поддерживающие жесткие конструкции, рассчитывать по наибольшему мгновенному значению тока трехфазного КЗ i, с учетом сдвига между токами в фазах и без учета механических колебаний шинной конструкции. В отдельных случаях могут быть учтены механические колебания шин и шинных конструкций.

Импульсы силы, действующие на гибкие проводники и поддерживающие их изоляторы, выводы и конструкции, рассчитываются по среднеквадратическому (за время прохождения) току двухфазного замыкания между соседними фазами. При расщепленных проводниках и гибких токопроводах взаимодействие токов КЗ в проводниках одной и той же фазы определяется по действующему значению тока трехфазного КЗ.

Гибкие токопроводы должны проверяться на схлестывание.

74. Найденные расчетом в соответствии с 110 механические усилия, передающиеся при КЗ жесткими шинами на опорные и проходные изоляторы, должны составить в случае

применения одиночных изоляторов не более 60 % соответствующих гарантийных значений наименьшего разрушающего усилия; при спаренных опорных изоляторах - не более 100 % разрушающего усилия одного изолятора.

При применении шин составных профилей (многополосные, из двух швеллеров) механические напряжения находятся как арифметическая сумма напряжений от взаимодействия фаз и взаимодействия элементов каждой шины между собой.

Наибольшие механические напряжения в материале жестких шин не должны превосходить 0,7 временного сопротивления разрыву.

### Параграф 4. Выбор проводников по условиям нагрева при коротком замыкании

75. Температура нагрева проводников при КЗ должна быть не выше следующих предельно допустимых значений, °С:

| | |
|---|---|
| 1) шины: | |
| медные | 300; |
| алюминиевые | 200; |
| стальные, не имеющие непосредственного соединения с аппаратами | 400; |
| стальные с непосредственным присоединением к аппаратам | 300; |
| 2) кабели с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение, кВ: | |
| до 10 | 200; |
| 20-220 | 125; |
| 3) кабели и изолированные провода с медными и алюминиевыми жилами и изоляцией: | |
| поливинилхлоридной и резиновой | 150; |
| полиэтиленовой | 120; |
| 4) медные неизолированные провода при тяжениях, Н/мм$^2$: | |
| менее 20 | 250; |
| 20 и более | 200; |
| 5) алюминиевые неизолированные провода при тяжениях, Н/мм$^2$: | |
| менее 10 | 200; |
| 10 и более | 160; |
| 6) алюминиевая часть сталеалюминевых проводов | 200: |

76. Проверка кабелей на нагрев токами КЗ в тех случаях, когда это требуется в соответствии с пунктами 60 и 61 настоящих Правил, должна производиться для:

1) одиночных кабелей одной строительной длины, исходя из КЗ в начале кабеля;

2) одиночных кабелей со ступенчатыми сечениями по длине, исходя из КЗ в начале каждого участка нового сечения;

3) пучка из двух и более параллельно включенных кабелей, исходя из КЗ непосредственно за пучком (по сквозному току КЗ).

77. При проверке на термическую стойкость аппаратов и проводников линий, оборудованных устройствами быстродействующего АПВ, должно учитываться повышение нагрева из-за увеличения суммарной продолжительности прохождения тока КЗ по таким линиям.

Расщепленные провода ВЛ при проверке на нагрев в условиях КЗ рассматриваются как один провод суммарного сечения.

### Параграф 5. Выбор аппаратов по коммутационной способности

78. Выключатели выше 1 кВ выбираются:

1) по отключающей способности с учетом параметров восстанавливающегося напряжения;

2) по включающей способности. При этом, выключатели генераторов, установленные на стороне генераторного напряжения, проверяются только на несинхронное включение в условиях противофазы.

79. Предохранители выбираются по отключающей способности. При этом, в качестве расчетного тока ринимается действующее значение периодической составляющей начального тока КЗ без учета токоограничивающей способности предохранителей.

80. Выключатели нагрузки и короткозамыкатели выбираются по предельно допустимому току, возникающему при включении на КЗ.

81. Отделители и разъединители не требуется проверять по коммутационной способности при КЗ. При использовании отделителей и разъединителей для отключения - включения ненагруженных линий, ненагруженных трансформаторов или уравнительных токов параллельных цепей отделители и разъединители проверяются по режиму такого отключения - включения.

## 5. Учет электроэнергии и контроль мощности

### Параграф 1. Общие требования

82. Учет активной электроэнергии обеспечивает определение количества энергии:

1) выработанной генераторами электростанций;

2) потребленной на собственные и хозяйственные (раздельно) нужды электростанций и подстанций;

3) отпущенной непосредственно оптовым покупателям и потребителям по линиям, отходящим от шин электростанций;

4) переданной в другие энергосистемы и государства или полученной от них;

5) отпущенной непосредственно оптовым покупателям и потребителям из электрической сети.

83. Учет активной электроэнергии обеспечивает возможность:

1) определения поступления электроэнергии в электрические сети разных классов напряжений энергосистемы;

2) составления балансов электроэнергии хозяйствующими субъектами в границах балансовой принадлежности;

3) контроля за соблюдением потребителями заданных им режимов потребления и баланса электроэнергии.

84. Контроль мощности обеспечивает измерение (в режиме реального времени, с заданным интервалом), накопление, хранение и передачу на верхний уровень управления информации об активной мощности:

1) вырабатываемой генераторами электростанций;

2) потребляемой на собственные и хозяйственные нужды электростанций и подстанций;

3) отпускаемой непосредственно оптовым покупателям и потребителям по линиям, отходящим от шин электростанции непосредственно к потребителям;

4) передаваемой в другие энергосистемы и государства или полученной от них;

5) отпускаемой непосредственно оптовым покупателям и потребителям из электрической сети.

85. Учет реактивной электроэнергии обеспечивает возможность определения количества реактивной электроэнергии, полученной потребителем от электроснабжающей

организации или переданной ей, если по этим данным производятся расчеты или контроль соблюдения заданного режима работы компенсирующих устройств.

## Параграф 2. Пункты установки средств учета электроэнергии

86. Коммерческие счетчики (в том числе входящие в состав систем коммерческого учета) необходимо устанавливать на границе раздела сети электроснабжающей организации и потребителя и в точках купли - продажи электроэнергии субъектами рынка электроэнергии.

87. Коммерческие счетчики активной электроэнергии на электростанции должны устанавливаться:

1) для каждого генератора с таким расчетом, чтобы учитывалась вся выработанная генератором электроэнергия;

2) для всех присоединений шин генераторного напряжения, по которым возможно изменение направления потока электроэнергии, - двунаправленный счетчик электроэнергии;

3) для межсистемных и межгосударственных линий электропередачи - двунаправленный счетчик электроэнергии, учитывающий отпущенную и полученную электроэнергию;

4) для линий всех классов напряжений, отходящих от шин электростанций и принадлежащих потребителям.

Для линий до 10 кВ, отходящих от шин электростанций, необходимо выполнить цепи учета, сборки зажимов, а также предусмотреть места для установки счетчиков;

5) для всех трансформаторов и линий, питающих шины основного напряжения (выше 1 кВ) собственных нужд (СН).

Счетчики устанавливаются на стороне высшего напряжения; если трансформаторы СН электростанции питаются от шин 35 кВ и выше или ответвлением от блоков на напряжении выше 10 кВ, допускается установка счетчиков на стороне низшего напряжения трансформаторов;

6) для линий хозяйственных нужд и посторонних потребителей, присоединенных к распределительному устройству СН электростанций;

7) для каждого обходного выключателя или для шиносоединительного (междусекционного) выключателя, используемого в качестве обходного для присоединений, имеющих коммерческий учет, - двунаправленный счетчик электроэнергии.

На электростанциях, оборудуемых автоматизированными системами коммерческого учета, указанные системы используются как для централизованного коммерческого, так и для технического учета электроэнергии.

88. На электростанциях мощностью до 1 МВт коммерческие счетчики активной электроэнергии разрешается устанавливать для генераторов и трансформаторов СН или для генераторов и отходящих линий.

89. Коммерческие счетчики активной электроэнергии на подстанции энергосистемы устанавливаются:

1) для каждой отходящей линии электропередачи, принадлежащей потребителям;

2) для межсистемных линий электропередачи - двунаправленный счетчик электроэнергии, учитывающий отпущенную и полученную электроэнергию, при наличии ответвлений от этих линии в другие энергосистемы - двунаправленный счетчик электроэнергии, учитывающий полученную и отпущенную электроэнергию, на вводах в подстанции этих энергосистем;

3) на трансформаторах СН;

4) для линии хозяйственных нужд или посторонних потребителей (поселок), присоединенных к шинам СН;

5) для каждого обходного выключателя или для шиносоединительного (междусекционного) выключателя, используемого в качестве обходного для присоединений, имеющих коммерческий учет - двунаправленный счетчик электроэнергии.

Для линий до 10 кВ во всех случаях должны быть выполнены цепи учета, сборки зажимов, а также предусмотрены места для установки счетчиков.

90. Коммерческие счетчики активной электроэнергии на подстанции, принадлежащей потребителю, устанавливаются:

1) на вводе (приемном конце) линии электропередачи в подстанцию потребителя при отсутствии электрической связи с другой подстанцией энергосистемы или другого потребителя на питающем напряжении;

2) на стороне высшего напряжения трансформаторов подстанции потребителя при наличии электрической связи с другой подстанцией энергосистемы или наличии другого потребителя на питающем напряжении.

Допускается установка счетчиков на стороне низшего напряжения трансформаторов в случаях, когда трансформаторы тока, выбранные по току КЗ или по характеристикам дифференциальной защиты шин, не обеспечивают требуемой точности учета электроэнергии, а также когда у имеющихся встроенных трансформаторов тока отсутствует обмотка класса точности 0,5.

В случае, когда установка дополнительных комплектов трансформаторов тока со стороны низшего напряжения силовых трансформаторов для включения коммерческих счетчиков невозможна (КРУ, КРУН) допускается организация учета на отходящих линиях 6-10 кВ.

При наличии у потребителя двух или более пунктов учета, а также при суммарной потребляемой мощности более 1 МВт необходимо применять автоматизированную систему коммерческого учета электроэнергии;

3) на стороне среднего и низшего напряжений силовых трансформаторов, если на стороне высшего напряжения применение измерительных трансформаторов не требуется для других целей;

4) на трансформаторах СН, если электроэнергия, отпущенная на собственные нужды, не учитывается другими счетчиками при этом, счетчики необходимо устанавливать со стороны низшего напряжения;

5) на границе раздела основного потребителя и постороннего потребителя (субабонента), если от линии или трансформаторов потребителей питается еще посторонний потребитель, находящийся на самостоятельном балансе.

Для потребителей каждой тарификационной группы устанавливаются отдельные коммерческие счетчики.

91. При применении для коммерческого учета коммерческих счетчиков, одновременно учитывающих активную и реактивную энергию, установка отдельных счетчиков реактивной энергии не требуется.

При применении для коммерческого учета активной энергии микропроцессорных счетчиков, одновременно учитывающих реактивную энергию, установка отдельных счетчиков реактивной энергии не требуется. В остальных случаях счетчики реактивной электроэнергии устанавливаются:

1) на тех же элементах схемы, на которых установлены счетчики активной электроэнергии для потребителей, рассчитывающихся за электроэнергию с учетом разрешенной к использованию реактивной мощности;

2) на присоединениях источников реактивной мощности потребителей, если по ним производится расчет за электроэнергию, выданную в сеть энергосистемы, или осуществляется контроль заданного режима работы.

Если со стороны потребителя, с согласия энергосистемы производится выдача реактивной электроэнергии в сеть энергосистемы, устанавливается двунаправленный счетчик реактивной электроэнергии в тех элементах схемы, где установлен коммерческий счетчик активной электроэнергии. Во всех других случаях устанавливается нереверсивный счетчик реактивной электроэнергии.

## Параграф 3. Требования к коммерческим счетчикам

92. Счетчик электроэнергии, используемый в качестве коммерческого, должен быть сертифицирован и включен в реестр Государственной системы обеспечения единства измерений Республики Казахстан.

Каждый установленный коммерческий счетчик должен иметь на устройстве крепления кожуха, пломбы с клеймом поверителя, а на зажимной крышке или другом устройстве, исключающем доступ к ряду зажимов электросчетчика, пломбу электроснабжающей и (или) энергопередающей организации.

На вновь устанавливаемых счетчиках должны быть пломбы поверки с давностью не более 12 месяцев.

93. Учет активной и реактивной электроэнергии трехфазного тока должен производиться с помощью трехфазных счетчиков.

94. Класс точности счетчиков коммерческого учета активной и реактивной электроэнергии для различных объектов учета приведены в таблице 37 приложения к настоящим Правилам.

Общая погрешность комплекса коммерческого учета, включая погрешности счетчиков, трансформаторов тока и напряжения, с учетом падения напряжения в проводах в соответствии с пунктами 94-103 настоящих Правил, коэффициента мощности нагрузки, должна быть не более приведенной в таблице 38 приложения к настоящим Правилам.

## Параграф 4. Учет с применением измерительных трансформаторов

95. Класс точности трансформаторов тока и напряжения для присоединения счетчиков коммерческого учета электроэнергии должен быть не ниже приведенного в таблице 39 приложения к настоящим Правилам.

Для присоединения измерительных приборов, счетчиков технического учета необходимо использовать трансформаторы тока и напряжения класса точности 0,5.

96. Допускается применение трансформаторов тока с завышенным коэффициентом трансформации (по условиям электродинамической и термической стойкости или защиты шин), если при максимальной нагрузке присоединения ток во вторичной обмотке трансформатора тока будет составлять не менее 40% номинального тока счетчика, а при минимальной рабочей нагрузке - не менее 5%.

97. Присоединение токовых обмоток счетчиков к вторичным обмоткам трансформаторов тока проводится отдельно от цепей защиты и совместно с электроизмерительными приборами.

Допускается производить совместное присоединение токовых цепей, если раздельное их присоединение требует установки дополнительных трансформаторов тока, а совместное присоединение не приводит к снижению класса точности и надежности цепей трансформаторов тока, служащих для учета, и обеспечивает необходимые характеристики устройств релейной зашиты.

Использование промежуточных трансформаторов тока для включения коммерческих счетчиков не допускается.

98. Нагрузка вторичных обмоток измерительных трансформаторов, к которым присоединяются счетчики, не должна превышать номинальных значений.

Сечение и длина проводов и кабелей в цепях напряжения коммерческих счетчиков должны выбираться такими, чтобы потери напряжения в этих цепях составляли не более 0,25 % номинального напряжения при питании от трансформаторов напряжения класса точности 0,5 и не более 0,5 % при питании от трансформаторов напряжения класса точности 1,0. Для обеспечения этого требования допускается применение отдельных кабелей от трансформаторов напряжения до счетчиков.

Потери напряжения от трансформаторов напряжения до счетчиков технического учета должны составлять не более 0,5 % номинального напряжения.

Счетчики электрической энергии межгосударственных ВЛ, ВЛ 110 кВ и выше, генераторов, трансформаторов 10 МВ*А и выше должны быть подключены к трансформаторам напряжения отдельными кабелями (на группу счетчиков данной секции РУ или отдельный кабель для счетчиков каждого присоединения).

99. Для присоединения коммерческих счетчиков на линиях электропередачи 110 кВ и выше допускается установка дополнительных трансформаторов тока (при отсутствии вторичных обмоток для присоединения счетчиков, для обеспечения работы счетчика в требуемом классе точности, по условиям нагрузки на вторичные обмотки).

100. Для питания цепей счетчиков могут применяться как однофазные, так и трехфазные трансформаторы напряжения, в том числе четырех- и пятистержневые, применяемые для контроля изоляции.

Цепи учета выводятся на самостоятельные сборки зажимов или секции в общем ряду зажимов. При отсутствии сборок с зажимами необходимо устанавливать испытательные блоки.

Зажимы должны обеспечивать закорачивание вторичных цепей трансформаторов тока, отключение токовых цепей счетчика и цепей напряжения в каждой фазе счетчиков при их замене или проверке, а также включение образцового счетчика без отсоединения проводов и кабелей.

Конструкция сборок и коробок зажимов коммерческих счетчиков должна обеспечивать возможность их пломбирования.

101. Трансформаторы напряжения, используемые для учета и защищенные на стороне высшего напряжения предохранителями, должны иметь контроль целости предохранителей.

102. При нескольких системах шин и присоединении каждого трансформатора напряжения только к своей системе шин должно быть предусмотрено устройство для переключения цепей счетчиков каждого присоединения на трансформаторы напряжения соответствующих систем шин.

103. Конструкция решеток и дверей камер подстанции, в которых установлены предохранители на стороне высшего напряжения трансформаторов напряжения, используемых для коммерческого учета, должна обеспечивать возможность их пломбирования.

Рукоятки приводов разъединителей трансформаторов напряжения, используемых для коммерческого учета, должны иметь приспособления для их пломбирования.

## Параграф 5. Установка счетчиков и электропроводка к ним

104. Счетчики должны размещаться в легко доступных для обслуживания сухих помещениях, в достаточно свободном и не стесненном для работы месте с температурой в зимнее время не ниже 0° С.

Счетчики общепромышленного исполнения не разрешается устанавливать в помещениях, где по производственным условиям температура часто превышается до +40° С, а также в помещениях с агрессивными средами.

Допускается размещение счетчиков в неотапливаемых помещениях и коридорах распределительных устройств электростанций и подстанций, а также в шкафах наружной установки. При этом, должно быть предусмотрено стационарное их утепление на зимнее время посредством утепляющих шкафов, колпаков с подогревом воздуха внутри них электрической лампой или нагревательным элементом для обеспечения внутри колпака положительной температуры, но не выше +20° С.

105. Счетчики общепромышленного исполнения, предназначенные для учета электроэнергии, устанавливаются в помещениях с температурой окружающей среды, находящейся в диапазоне, обозначенном заводом-изготовителем. При отсутствии таких помещений счетчики помещаются в специальных шкафах, где должна поддерживаться необходимая температура в течение всего года.

106. Счетчики должны устанавливаться в шкафах, камерах комплектных распределительных устройствах (КРУ, КРУН), на панелях, щитах, в нишах, на стенах, имеющих жесткую конструкцию.

Допускается крепление счетчиков на пластмассовых или металлических щитках.

Высота от пола до коробки зажимов счетчиков должна быть в пределах 0,8-1,7 м. Допускается высота менее 0,8 м, но не менее 0,4 м.

107. В местах, где имеется опасность механических повреждений счетчиков или их загрязнения, или в местах, доступных для посторонних лиц (проходы, лестничные клетки), для счетчиков должен предусматриваться запирающийся шкаф с окошком на уровне циферблата. Аналогичные шкафы должны устанавливаться также для совместного размещения счетчиков и трансформаторов тока при выполнении учета на стороне низшего напряжения (на вводе у потребителей).

108. Конструкции и размеры шкафов, ниш, щитков должны обеспечивать удобный доступ к зажимам счетчиков и трансформаторов тока. Должна быть обеспечена возможность удобной замены счетчика и установки его с уклоном не более 10. Конструкция его крепления должна обеспечивать возможность установки и съема счетчика с лицевой стороны.

109. Электропроводки к счетчикам должны отвечать требованиям, приведенным в параграфе 2 главы 15 настоящих Правил.

110. В электропроводке к расчетным счетчикам наличие паек не допускается.

111. Сечения проводов и кабелей, присоединяемых к счетчикам, должны приниматься в соответствии с пунктом 837 настоящих Правил.

112. При монтаже электропроводки для присоединения счетчиков непосредственного включения около счетчиков необходимо оставлять концы проводов длиной не менее 120 мм. Изоляция или оболочка нулевого провода на длине 100 мм перед счетчиком должна иметь отличительную окраску.

113. Для безопасной установки и замены счетчиков в сетях напряжением до 380 В должна предусматриваться возможность отключения счетчика установленными до него на расстоянии не более 10 м коммутационным аппаратом или предохранителями.

Снятие напряжения должно предусматриваться со всех фаз, присоединяемых к счетчику.

Трансформаторы тока, используемые для присоединения счетчиков на напряжении до 380 В, должны устанавливаться после коммутационных аппаратов по направлению потока мощности.

114. Заземление (зануление) счетчиков и трансформаторов тока должно выполняться в соответствии с требованиями параграфа 2 главы 7 настоящих Правил. При этом, заземляющие и нулевые защитные проводники от счетчиков и трансформаторов тока напряжением до 1 кВ до ближайшей сборки зажимов должны быть медными.

115. При наличии на объекте нескольких присоединений с отдельным учетом электроэнергии на панелях счетчиков должны быть надписи наименований присоединений.

### Параграф 6. Технический учет

116. На тепловых и атомных электростанциях с агрегатами (блоками), не оборудованными информационными или управляющими вычислительными комплексами, устанавливаются стационарные или применять инвентарные переносные счетчики технического учета в системе СП для возможности расчетов технико-экономических показателей. При этом, установка счетчиков активной электроэнергии должна производиться в цепях электродвигателей, питающихся от шин распределительного устройства основного напряжения (выше 1 кВ) собственных нужд, и в цепях всех трансформаторов, питающихся от этих шин.

117. На электростанциях с поперечными связями (имеющих общий паропровод) должна предусматриваться на стороне генераторного напряжения повышающих трансформаторов техническая возможность установки (в условиях эксплуатации) счетчиков технического учета активной электроэнергии, используемых для контроля правильности работы коммерческих генераторных счетчиков.

118. Счетчики активной электроэнергии для технического учета устанавливаются на подстанциях напряжением 35 кВ и выше: на сторонах среднего и низшего напряжений силовых трансформаторов на каждой отходящей линии электропередачи 6 кВ и выше, находящейся на балансе энергопередающей организации.

Технический учет реактивной электроэнергии организовывается на сторонах среднего и низшего напряжений силовых трансформаторов подстанций 35 кВ и выше. При применении для учета активной электроэнергии микропроцессорных счетчиков установка отдельных счетчиков реактивной энергии не требуется.

119. На предприятиях предусматривается техническая возможность установки (в условиях эксплуатации) стационарных или применения инвентарных переносных счетчиков для контроля за соблюдением лимитов расхода электроэнергии цехами, технологическими линиями, отдельными энергоемкими агрегатами, для определения расхода электроэнергии на единицу продукции или полуфабриката.

Допускается установка счетчиков технического (контрольного) учета на вводе предприятия, если коммерческий учет с этим предприятием ведется по счетчикам, установленным на подстанциях или электростанциях энергоснабжающей организации.

На установку и снятие счетчиков технического учета на предприятиях разрешения энергоснабжающей организации не требуется.

120. Приборы технического учета на предприятиях (счетчики и измерительные трансформаторы) должны находиться в ведении самих потребителей и должны соответствовать требованиям пункта 91 (за исключением требования о наличии пломбы энергопередающей организации), 92 и 93 настоящих Правил.

121. Класс точности счетчиков и приборов технического учета активной электроэнергии должен быть не более 0,5. Для электроустановок мощностью менее 1 МВ*А допускается использование приборов технического учета класса точности 1,0.

Классы точности счетчиков и приборов технического учета реактивной электроэнергии допускается выбирать на одну ступень ниже соответствующего класса точности счетчиков коммерческого учета активной электроэнергии.

## 6. Измерения электрических величин

## Параграф 1. Общие требования

122. Все средства измерений должны быть разрешены к применению в Республике Казахстан в установленном законом порядке. Средства измерений электрических величин должны удовлетворять следующим основным требованиям:

1) класс точности измерительных приборов должен быть не более 2,5;

2) классы точности измерительных шунтов, добавочных резисторов, трансформаторов и преобразователей должны быть не более приведенных в таблице 40 приложения к настоящим Правилам;

3) пределы измерения приборов должны выбираться с учетом возможных наибольших длительных отклонений измеряемых величин от номинальных значений.

123. Установка измерительных приборов должна производиться в пунктах, откуда осуществляется управление.

На подстанциях и гидроэлектростанциях без постоянного дежурства оперативного персонала допускается не устанавливать стационарные показывающие приборы, при этом должны быть предусмотрены места для присоединения переносных приборов специально обученным персоналом.

124. Измерения на линиях электропередачи 110 кВ и выше, а также на генераторах и трансформаторах должны производиться непрерывно.

Допускается производить измерения «по вызову» на общий для нескольких присоединений (за исключением указанных в первом абзаце) комплект показывающих приборов, а также применять другие средства централизованного контроля.

125. При установке регистрирующих приборов в оперативном контуре пункта управления допускается не устанавливать показывающие приборы для непрерывного измерения тех же величин.

126. Измерение тока должно производиться в цепях всех напряжений, где оно необходимо для систематического контроля технологического процесса или оборудования.

127. Измерение постоянного тока должно производиться в цепях:

1) генераторов постоянного тока и силовых преобразователей;

2) аккумуляторных батарей, зарядных, подзарядных и разрядных устройств;

3) возбуждение синхронных генераторов, компенсаторов, а также электродвигателей с регулируемым возбуждением.

Амперметры постоянного тока должны иметь двусторонние шкалы, если возможно изменение направления тока.

128. В цепях переменного трехфазного тока измеряется ток одной фазы.

Измерение тока каждой фазы должно производиться:

1) для синхронных турбогенераторов мощностью 12 МВт и более;

2) для линий электропередачи с пофазным управлением, в обоснованных случаях, предусмотривается измерение тока каждой фазы линий электропередачи 220 кВ и выше с трехфазным управлением;

3) для дуговых электропечей.

129. Измерение напряжения должно производиться:

1) на секциях сборных шин постоянного и переменного тока, которые могут работать раздельно.

Допускается установка одного прибора с переключением на несколько точек измерения.

На подстанциях допускается измерять напряжение только на стороне низшего напряжения, если установка трансформаторов напряжения на стороне высшего напряжения не требуется для других целей;

2) в цепях генераторов постоянного и переменного тока, синхронных компенсаторов, а также в отдельных случаях в цепях агрегатов специального назначения.

При автоматизированном пуске генераторов или других агрегатов установка на них приборов для непрерывного измерения напряжения не обязательна;

3) в цепях возбуждения синхронных машин мощностью 100 кВт и более. В цепях возбуждения гидрогенераторов измерение не обязательно;

4) в цепях силовых преобразователей, аккумуляторных батарей, зарядных и подзарядных устройств;

5) в цепях дугогасящих реакторов.

130. В трехфазных сетях производится измерение одного междуфазного напряжения. В сетях напряжением выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью допускается измерение трех междуфазных напряжений для контроля исправности цепей напряжением одним прибором (с переключением).

131. Должна производиться регистрация значений одного междуфазного напряжения сборных шин 110 кВ и выше (либо отклонения напряжения от заданного значения) электростанций и подстанций, по напряжению на которых ведется режим энергосистемы.

132. В сетях переменного тока выше 1 кВ с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтралью, в сетях переменного тока до 1 кВ с изолированной нейтралью и в сетях постоянного тока с изолированными полюсами или с изолированной средней точкой должен выполняться автоматический контроль изоляции, действующий на сигнал при снижении сопротивления изоляции одной из фаз (или полюса) ниже заданного значения, с последующим контролем асимметрии напряжения при помощи показывающего прибора (с переключением).

Допускается осуществлять контроль изоляции путем периодических измерений напряжений с целью визуального контроля асимметрии напряжения.

133. Измерение мощности должно производиться в соответствии с пунктом 122 настоящих Правил, в цепях:

1) генераторов активной и реактивной мощности.

При установке на генераторах мощностью 50 МВт и более щитовых показывающих приборов их класс точности должен быть не более 1,0.

На электростанциях необходимо измерять суммарную активную мощность при необходимости автоматической передачи этого параметра на вышестоящий уровень оперативного управления;

2) конденсаторных батарей мощностью 25 МВАр и более и синхронных компенсаторов - реактивной мощности;

3) трансформаторов и линий, питающих СН напряжением 6 кВ и выше тепловых электростанций, - активной мощности;

4) повышающих двухобмоточных трансформаторов электростанций - активной и реактивной мощности. В цепях повышающих трехобмоточных трансформаторов (или автотрансформаторов с использованием обмотки низшего напряжения) измерение активной и реактивной мощности должно производиться со стороны среднего и низшего напряжений.

Для трансформатора, работающего в блоке с генератором, измерение мощности со стороны низшего напряжения производится в цепи генератора;

5) понижающих трансформаторов 110 кВ и выше - активной и реактивной мощности.

В цепях понижающих двухобмоточных трансформаторов измерение мощности должно производиться со стороны высшего и низшего напряжения, в цепях понижающих трехобмоточных трансформаторов - со стороны, среднего и низшего, а при необходимости и высшего напряжения.

На подстанциях 110 кВ и выше, без выключателей на стороне высшего напряжения, при невозможности установки трансформаторов тока и напряжения, измерение мощности производится по низкой стороне. Также должны предусматриваться места для присоединения контрольных показывающих или регистрирующих приборов;

6) линий напряжением 110 кВ и выше, а также обходных выключателей - активной и реактивной мощности. На линиях напряжением 35 кВ и ниже - где для контроля режимов сети необходимы измерения перетоков активной и реактивной мощности;

7) на других элементах подстанции, где для периодического контроля режимов сети необходимы измерения перетоков активной и реактивной мощности, должна предусматриваться возможность присоединения контрольных переносных приборов.

134. При установке щитовых показывающих приборов в цепях, в которых направление мощности может изменяться, эти приборы должны иметь двустороннюю шкалу.

135. Должна производиться регистрация:

1) активной мощности турбогенераторов;

2) суммарной мощности электростанций.

136. Измерение частоты производиться:

1) на каждой секции шин генераторного напряжения;

2) на каждом генераторе блочной тепловой или атомной электростанций;

3) на каждой системе (секции) шин высшего напряжения электростанции;

4) в узлах возможного деления энергосистемы на несинхронно работающие части.

137. Регистрация частоты или ее отклонения от заданного значения должна производиться:

1) на электростанциях мощностью 200 МВт и более;

2) на электростанциях мощностью 6 МВт и более, работающих изолированно.

138. Абсолютная погрешность регистрирующих частотомеров на электростанциях, участвующих в регулировании мощности, должна быть не более ±0,1 Гц.

139. Для измерений при точной (ручной или полуавтоматической) синхронизации должны предусматриваться следующие приборы: два вольтметра (или двойной вольтметр) два частотомера (или двойной частотомер) синхроноскоп.

140. Для автоматической регистрации аварийных процессов в электрической части энергосистемы должны предусматриваться регистраторы аварийных событий (автоматические цифровые осциллографы), либо другие микропроцессорные устройства, выполняющие данную функцию.

Расстановку регистраторов аварийных событий на объектах, а также выбор регистрируемых ими электрических параметров производится в соответствии с требованиями, приведенными в таблице 41 приложения к настоящим Правилам.

141. На электрических станциях, принадлежащих потребителю и имеющих связь с энергосистемой (блок-станциях), должны предусматриваться регистраторы аварийных событий (автоматические цифровые осциллографы). Эти приборы должны регистрировать напряжения (фазные и нулевой последовательности) соответствующей системы шин, токи (фазные и нулевой последовательности) линий электропередачи, связывающих блок-станцию с системой.

142. Для определения мест повреждений на линиях напряжением 110 кВ и выше должны предусматриваться фиксирующие приборы или микропроцессорные устройства РЗА со встроенной функцией определения места повреждения.

## 7. Заземление и защитные меры электробезопасности

### Параграф 1. Общие положения

143. Электроустановки в отношении мер электробезопасности разделяются на:

1) электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с глухозаземленной или эффективно заземленной нейтралью;

2) электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор или резистор нейтралью;

3) электроустановки напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью;

4) электроустановки напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью.

144. Токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению открытые и сторонние проводящие части не должны находиться под напряжением, представляющем опасность поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции.

145. Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

1) основная изоляция токоведущих частей;

2) ограждения и оболочки;

3) установка барьеров;

4) размещение вне зоны досягаемости;

5) применение малого напряжения.

146. Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

1) защитное заземление;

2) автоматическое отключение питания;

3) уравнивание потенциалов;

4) выравнивание потенциалов;

5) двойная или усиленная изоляция;

6) малое напряжение;

7) защитное электрическое разделение цепей;

8) непроводящие (изолирующие) помещения, зоны, площадки.

147. Меры защиты от поражения электрическим током должны быть предусмотрены в электроустановке или ее части, либо применены к отдельным электроприемникам и могут быть реализованы при изготовлении электрооборудования, либо в процессе монтажа электроустановки, либо в обоих случаях.

Применение двух и более мер защиты в электроустановке не должно оказывать взаимного влияния, снижающего эффективность каждой из них.

148. Защита при косвенном прикосновении выполняется во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 42 В переменного и 110 В постоянного тока.

В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных электроустановках выполнение защиты при косвенном прикосновении требуется, при более низких напряжениях и наличии требований настоящих Правил.

Защита от прямого прикосновения не требуется, если электрооборудование находится в зоне уравнивания потенциалов, а наибольшее рабочее напряжение не превышает 25 В переменного или 60 В постоянного тока в помещениях без повышенной опасности и 6 В переменного или 15 В постоянного тока - во всех случаях.

149. Для заземления электроустановок могут быть использованы искусственные и естественные заземлители. Если при использовании естественных заземлителей сопротивление заземляющих устройств или напряжение прикосновения имеет допустимое значение, а также обеспечиваются нормированные значения напряжения на заземляющем устройстве и допустимые плотности токов в естественных заземлителях, выполнение искусственных заземлителей в электроустановках до 1 кВ не обязательно. Использование естественных заземлителей в качестве заземляющих устройств не должно приводить к их повреждению при протекании по ним токов короткого замыкания или к нарушению работы устройств, с которыми они связаны.

150. Для заземления в электроустановках разных напряжений и разного назначения, территориально сближенных, применяется одно общее заземляющее устройство.

Заземляющее устройство, используемое для заземления таких электроустановок, должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению каждой из них: защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, условиям режимов работы сетей, защиты электрооборудования от перенапряжения в течение всего периода эксплуатации.

Заземляющие устройства защитного заземления электроустановок зданий и сооружений и молниезащиты 2-й и 3-й категорий этих зданий и сооружений, должны быть общими.

При выполнении отдельного (независимого) заземлителя для рабочего заземления по условиям работы информационного или другого чувствительного к воздействию помех оборудования должны быть приняты специальные меры защиты от поражения электрическим током, исключающие одновременное прикосновение к частям, которые могут оказаться под опасной разностью потенциалов при повреждении изоляции.

Для объединения заземляющих устройств разных электроустановок могут быть использованы естественные и искусственные заземляющие проводники. Число их должно быть не менее двух.

151. Требуемые значения напряжения прикосновения и сопротивления заземляющих устройств при стекании с них токов замыкания на землю и токов утечки должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных погодных условиях.

Определение сопротивления заземляющих устройств должно выполняться с учетом как естественных, так и искусственных заземлителей.

При определении удельного сопротивления земли в качестве расчетного принимается его сезонное значение, соответствующее наиболее неблагоприятным условиям.

Заземляющие устройства должны быть механически прочными, термически и динамически стойкими к токам замыкания на землю.

152. Электроустановки напряжением до 1 кВ переменного тока жилых, общественных и промышленных зданий, а также наружные электроустановки до 1 кВ должны, получать питание от источника с глухозаземленной нейтралью при этом открытые проводящие части электроустановок должны быть присоединены к нейтрали.

Для защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении в таких электроустановках должно быть выполнено автоматическое отключение питания в соответствии с пунктами 173-174 настоящих Правил.

153. Питание электроустановок напряжением до 1 кВ переменного тока от источника с изолированной нейтралью, с заземлением открытых проводящих частей электроприемников выполняется, при недопустимости перерыва питания при первом замыкании на землю или на открытые проводящие части, связанные с системой уравнивания потенциалов. В таких электроустановках для защиты при косвенном прикосновении при первом замыкании на землю должно быть выполнено защитное заземление в сочетании с устройством контроля изоляции сети или применено устройство защитного отключения (далее - УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА.

Для защиты электроустановки от двойного замыкания на землю должно быть выполнено автоматическое отключение питания в соответствии с пунктом 176 настоящих Правил.

154. Питание электроустановок напряжением до 1 кВ от источника с глухозаземленной нейтралью и с заземлением открытых проводящих частей при помощи заземлителя, неприсоединенного к нейтрали, допускается только в тех случаях, когда условия электробезопасности присоединением заземлителей к глухозаземленной нейтрали не могут быть обеспечены. Для защиты при косвенном прикосновении в таких

электроустановках должно быть выполнено автоматическое отключение питания с применением УЗО. При этом должно быть соблюдено условие:

$$R_a I_a \leq 50 \text{ В},$$

где $I_a$ - ток срабатывания защитного устройства;

$R_a$ - суммарное сопротивление заземлителя и заземляющего проводника. При применении УЗО для защиты нескольких электроприемников - это сопротивление заземлителя и заземляющего проводника наиболее удаленного электроприемника.

155. При применении автоматического отключения питания должна быть выполнена основная система уравнивания потенциалов в соответствии с пунктом 177 настоящих Правил, а при необходимости также дополнительная система уравнивания потенциалов в соответствии с пунктом 178 настоящих Правил.

156. В электроустановках с присоединением защитных проводников к глухозаземленной нейтрали выполняется повторное заземление этих проводников на вводе в здания, а также в других доступных местах.

Для повторного заземления в первую очередь используются естественные заземлители. Сопротивление заземлителя повторного заземления не нормируется.

Внутри больших и многоэтажных зданий аналогичную функцию выполняет уравнивание потенциалов посредством присоединения нулевого защитного проводника к главной заземляющей шине.

Повторное заземление электроустановок напряжением до 1 кВ, получающих питание по воздушным линиям, должно выполняться в соответствии с пунктами 198-199 настоящих Правил.

157. Если время автоматического отключения питания не удовлетворяет условия пунктов 173, 174, 176 настоящих Правил, то защита при косвенном прикосновении для отдельных частей электроустановки или отдельных электроприемников выполняется с применением двойной или усиленной изоляции (электрооборудование класса II), малого напряжения (электрооборудование класса III), электрического разделения цепей, изолирующих помещений, зон, площадок.

Классификация оборудования по способу защиты человека от поражения электрическим током и условия его применения приведены в таблице 42 приложения к настоящим Правилам.

158. Электросеть до 1 кВ с изолированной нейтралью, связанная через трансформатор с сетью напряжением выше 1 кВ, должна быть защищена пробивным предохранителем в случае повреждения изоляции между обмотками высшего и низшего напряжений трансформатора. Пробивной предохранитель должен быть установлен в нейтрали или фазе на стороне низкого напряжения каждого трансформатора.

159. В электроустановках напряжением выше 1 кВ с изолированной или эффективно заземленной нейтралью для защиты от поражения электрическим током должно быть выполнено защитное заземление открытых проводящих частей.

160. В электроустановках напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью должна быть предусмотрена возможность быстрого обнаружения замыканий на землю. Защита от замыканий на землю должна устанавливаться с действием на отключение по всей электрически связанной сети в тех случаях, когда это необходимо по условиям безопасности (для линий, питающих передвижные подстанции и механизмы).

161. Защитное заземление (зануление) электрооборудования напряжением до 1 кВ, установленного на опорах ВЛ (силовые и измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители, конденсаторы и другие аппараты), должно быть выполнено с соблюдением требований настоящих Правил.

Сопротивление заземляющего устройства опоры ВЛ, на которой установлено оборудование, должно соответствовать требованиям глав 11 и 12 настоящих Правил.

## Параграф 2. Меры защиты от прямого прикосновения

162. Основная изоляция токоведущих частей должна покрывать токоведущие части и сохранять свои свойства в процессе эксплуатации. Удаление изоляции должно быть возможно только путем ее разрушения. Лакокрасочные покрытия не являются изоляцией, защищающей от поражения электрическим током, за исключением случаев, специально оговоренных техническими условиями на конкретные изделия. При выполнении изоляции во время монтажа она должна быть испытана в соответствии с требованиями главы 8 настоящих Правил.

В случаях, когда основная изоляция обеспечивается воздушным промежутком, защита от прямого прикосновения к токоведущим частям или приближения к ним на опасное расстояние должна быть выполнена посредством оболочек, ограждений, барьеров или размещением вне зоны досягаемости.

163. Ограждения и оболочки в электроустановках напряжением до 1 кВ должны иметь степень защиты не менее IP2X, за исключением случаев, когда большие зазоры необходимы для нормальной работы электрооборудования.

Ограждения и оболочки должны быть надежно закреплены и иметь достаточную механическую прочность.

Вход за ограждение или вскрытие оболочки должны быть возможны только при помощи специального ключа или инструмента, либо после снятия напряжения с токоведущих частей. При невозможности соблюдения этих условий должны быть установлены промежуточные ограждения со степенью защиты IP2X, удаление которых также должно быть возможно только при помощи специального ключа или инструмента.

164. Барьеры предназначены для защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям в электроустановках напряжение до 1 кВ или приближения к токоведущим частям на опасное расстояние в электроустановках напряжением выше 1 кВ. Барьеры должны быть закреплены так, чтобы их невозможно снять преднамеренно. Барьеры должны быть выполнены из изолирующего материала.

165. Размещение вне зоны досягаемости применяется при невозможности выполнения мер, указанных в пунктах 161 - 163 настоящих Правил, или их недостаточности. При этом расстояние между доступными одновременному прикосновению проводящими частями в электроустановках напряжением до 1 кВ должно быть не менее 2,5 м. Внутри зоны досягаемости не должно быть частей, имеющих разные потенциалы и доступных одновременному прикосновению.

В вертикальном направлении зона досягаемости в электроустановках напряжением до 1 кВ должна составлять 2,5 м от поверхности, на которой находятся люди.

Указанные размеры даны без учета применения вспомогательных средств (инструмента, лестниц).

166. Установка барьеров и размещение вне зоны досягаемости допускается только в помещениях, доступных квалифицированному персоналу.

167. В помещениях электроустановок напряжением до 1 кВ не требуется защита от прямого прикосновения при одновременном выполнении следующих условий:

1) эти помещения отчетливо обозначены, и доступ в них возможен только с помощью ключа;

2) обеспечена возможность свободного выхода из помещения без ключа, даже если оно заперто на ключ снаружи;

3) минимальные размеры проходов обслуживания соответствуют требованиям параграфа 2 главы 16 настоящих Правил.

168. Малое напряжение (далее - МН) в электроустановках напряжением до 1 кВ применяется для защиты от поражения электрическим током как при прямом, так и при

косвенном прикосновении в сочетании с защитным электрическим разделением цепей или в сочетании с автоматическим отключением питания.

В качестве источника питания цепей МН в обоих случаях применяется безопасный разделительный трансформатор или другой источник МН, обеспечивающий равноценную степень безопасности.

Токоведущие части цепей МН должны быть электрически отделены от других цепей так, чтобы обеспечивалось электрическое разделение цепей, равноценное разделению между первичной и вторичной обмотками разделительного трансформатора.

Проводники цепей МН, должны быть проложены отдельно от проводников более высоких напряжений и защитных проводников, либо отделены от них заземленным металлическим экраном (оболочкой), либо заключены в неметаллическую оболочку дополнительно к основной изоляции.

Вилки и розетки штепсельных соединителей в цепях МН не должны допускать подключение к розеткам и вилкам других напряжений.

Штепсельные розетки цепей МН должны быть выполнены без защитного контакта.

При значениях МН выше 25 В переменного и 60 В постоянного тока должна быть также применена защита от прямого прикосновения при помощи ограждений или оболочек или изоляции, соответствующей испытательному напряжению 500 В переменного тока в течение 1 минут.

169. При применении МН в сочетании с электрическим разделением цепей открытые проводящие части не должны быть преднамеренно присоединены к заземлителю, защитным проводникам или открытым проводящим частям других цепей и к сторонним проводящим частям, кроме случая, когда соединение сторонних проводящих частей с электрооборудованием необходимо, а напряжение на этих частях не может превысить значение МН.

МН в сочетании с электрическим разделением цепей применяется, когда при помощи МН необходимо обеспечить защиту от поражения электрическим током при повреждении изоляции в цепи МН, повреждении изоляции в других цепях.

170. При применении МН в сочетании с автоматическим отключением питания один из выводов источника МН и его корпус должны быть присоединены к защитному проводнику цепи, питающему источник.

171. В случаях, когда в электроустановке применено электрооборудование с наибольшим рабочим напряжением, не превышающим 42 В переменного или 110 В постоянного тока, такое напряжение используется в качестве меры защиты от прямого и косвенного прикосновения, если при этом соблюдены требования пунктов 167-169 настоящих Правил.

## Параграф 3. Меры защиты при косвенном прикосновении

172. Требования защиты при косвенном прикосновении распространяются на:

1) корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников;

2) приводы электрических аппаратов;

3) каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов, а также съемных или открывающихся частей, если на последних установлено электрооборудование напряжением выше 42 В переменного или 110 В постоянного тока (в случаях, предусмотренных соответствующими Правилами - выше 25 В переменного или 60 В постоянного тока);

4) металлические конструкции распределительных устройств, кабельные конструкции, кабельные муфты, оболочки и броню контрольных и силовых кабелей, оболочки проводов, рукава и трубы электропроводки, оболочки и опорные конструкции шинопроводов (токопроводов), лотки, короба, струны, тросы и полосы, на которых

укреплены кабели и провода (за исключением струн, тросов и полос, по которым проложены кабели с зануленной или заземленной металлической оболочкой или броней), а также другие металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование;

5) металлические оболочки и броню контрольных и силовых кабелей и проводов на напряжения, не превышающие указанные в пункте 147 настоящих Правил, проложенные на общих металлических конструкциях, в том числе в общих трубах, коробах, лотках, с кабелями и проводами на более высокие напряжения;

6) металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников;

7) электрооборудование, установленное на движущихся частях станков, машин и механизмов.

При применении в качестве защитной меры автоматического отключения питания указанные открытые проводящие части должны быть присоединены к глухозаземленной нейтрали или заземлены при помощи заземляющего устройства.

173. Не требуется преднамеренно присоединять к нейтрали и заземлять:

1) корпуса электрооборудования и аппаратов, установленных на металлических основаниях (конструкциях, распределительных устройствах, щитах, шкафах, станинах станков, машин и механизмов), присоединенных к нейтрали источника питания или заземленных, при обеспечении надежного электрического контакта корпусов оборудования и аппаратов с основаниями;

2) конструкции, перечисленные в пункте 172 настоящих Правил, при обеспечении надежного электрического контакта между этими конструкциями и установленным на них электрооборудованием, присоединенным к защитному проводнику;

3) съемные или открывающиеся части металлических каркасов камер распределительных устройств, шкафов, ограждений, если на съемных (открывающихся) частях не установлено электрооборудование, или если напряжение установленного электрооборудования не превышает значений, указанных в пункте 147 настоящих Правил;

4) арматуру изоляторов воздушных линий электропередачи и присоединяемые к ней крепежные детали;

5) открытые проводящие части электрооборудования с двойной изоляцией;

6) металлические скобы, закрепы, отрезки труб механической защиты кабелей в местах их прохода через стены и перекрытия и другие подобные детали электропроводок площадью до 100 $см^2$, в том числе протяжные и ответвительные коробки скрытых электропроводок.

174. При выполнении автоматического отключения питания в электроустановках напряжением до 1 кВ все открытые проводящие части должны быть присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания или заземлены, в зависимости от принятой системы заземления.

При этом, характеристики защитных аппаратов и параметры защитных проводников должны быть согласованы, чтобы обеспечивалось нормированное время отключения цепи защитно-коммутационным аппаратом в соответствии с номинальным фазным напряжением питающей сети.

В электроустановках, в которых в качестве защитной меры применено автоматическое отключение питания, должно быть выполнено уравнивание потенциалов.

Для автоматического отключения питания могут быть применены защитно-коммутационные аппараты, реагирующие на сверхтоки или на дифференциальный ток.

175. При занулении открытых проводящих частей время автоматического отключения питания не должно превышать значений, указанных в таблице 43 приложения к настоящим Правилам.

Приведенные значения времени отключения считаются достаточными для обеспечения электробезопасности, в том числе в групповых цепях, питающих передвижные и переносные электроприемники и ручной электроинструмент класса I.

В цепях, питающих распределительные, групповые, этажные и другие щитки, время отключения не должно превышать 5 секунд.

Допускаются значения времени отключения более указанных в таблице 43, но не более 5 секунд в цепях, питающих только стационарные электроприемники от распределительных щитов или щитков при выполнении следующих условий:

1) полное сопротивление защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом (щитком) не превышает значения, определяемого формулой:

$$Z_п = 42 \text{ x } Z_ц / U_0,$$

где $Z_п$ - полное сопротивление защитного проводника, Ом $Z_ц$ - полное сопротивление цепи «фаза—нуль», Ом $U_0$ - номинальное фазное напряжение цепи, В 42 - падение напряжения на участке защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом (щитком), В;

2) к заземляющей шине распределительного щита (щитк 1) присоединена дополнительная система уравнивания потенциалов, охватывающая те же сторонние проводящие части, что и основная система уравнивания потенциалов.

Допускается применение УЗО, реагирующих на дифференциальный ток.

176. Не допускается применять УЗО, реагирующие на дифференциальный ток, в четырехпроводных трехфазных цепях. В случае необходимости применения УЗО для защиты отдельных электроприемников, получающих питание от таких цепей, защитный проводник электроприемника должен быть подключен к нейтрали до защитно-коммутационного аппарата.

177. В трехфазных сетях с изолированной нейтралью время автоматического отключения питания при двойном замыкании на открытые проводящие части должно соответствовать таблице 44 приложения к настоящим Правилам.

178. Основная система уравнивания потенциалов в электроустановках напряжением до 1 кВ должна соединять между собой следующие проводящие части:

1) глухозаземленную нейтраль питающей линии;

2) заземляющие проводники открытых проводящих частей электроприемников;

3) заземляющие проводники, присоединенные к заземлителю повторного заземления на вводе в здание;

4) металлические трубы коммуникаций, входящих в здание (горячего и холодного водоснабжения, отопления, канализации, газоснабжения).

Если трубопровод газоснабжения имеет изолирующую вставку на вводе в здание, к основной системе уравнивания потенциалов присоединяется только часть трубопровода, находящаяся внутри здания;

5) металлические части каркаса здания;

6) металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования. Металлические воздуховоды централизованных систем вентиляции и кондиционирования присоединяется к заземляющей шине щитов питания этих систем;

7) заземляющее устройство системы молниезащиты 2-й и 3-й категорий;

8) заземляющий проводник функционального (рабочего) заземления, если отсутствуют ограничения на присоединение сети рабочего заземления к заземляющему устройству защитного заземления;

9) металлические оболочки телекоммуникационных кабелей.

Проводящие части, входящие в здание извне, должны быть соединены ближе к точке их ввода в здание.

Для соединения с основной системой уравнивания потенциалов все указанные части должны быть присоединены к главной заземляющей шине при помощи проводников системы уравнивания потенциалов.

179. Система дополнительного уравнивания потенциалов должна соединять между собой все одновременно доступные прикосновению открытые проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, включая доступные прикосновению металлические части строительных конструкций здания, а также защитные заземляющие и нулевые проводники, включая защитные проводники штепсельных розеток.

180. Для уравнивания потенциалов могут быть использованы специально предусмотренные проводники либо открытые и сторонние проводящие части, если они удовлетворяют требованиям пункта 214 настоящих Правил к защитным проводникам в отношении проводимости и непрерывности электрической цепи.

181. Защита при помощи двойной или усиленной изоляции обеспечиваесся с применением электрооборудования класса II или заключением электрооборудования, имеющего основную изоляцию токоведущих частей, в изолирующую оболочку.

Проводящие части оборудования с двойной или усиленной изоляцией не должны присоединяться к защитному проводнику и к системе уравнивания потенциалов.

182. Защитное электрическое разделение цепей применяется для одной цепи.

Наибольшее рабочее напряжение отделяемой цепи не должно превышать 500 В.

Питание отделяемой цепи должно быть выполнено от разделительного трансформатора или от другого источника, обеспечивающего равноценную степень безопасности.

Токоведущие части цепи, питающейся от разделительного трансформатора, не должны иметь соединений с заземленными частями и защитными проводниками других цепей.

Проводники цепей, питающихся от разделительного трансформатора, прокладывается отдельно от других цепей. Если это невозможно, то для таких цепей необходимо использовать кабели без металлической оболочки, брони, экрана или изолированные провода, проложенные в изоляционных трубах, коробах и каналах при условии, что номинальное напряжение этих кабелей и проводов соответствует наибольшему напряжению совместно проложенных цепей, а каждая цепь защищена от сверхтоков.

Открытые проводящие части электроприемников, питающихся от разделительного трансформатора, не должны быть присоединены к защитным проводникам и открытым проводящим частям других цепей.

При питании нескольких электроприемников от одного разделительного трансформатора необходимо обеспечить выполнение следующих условий:

1) открытые проводящие части электроприемников не должны иметь электрической связи с металлическим корпусом трансформатора;

2) открытые проводящие части электроприемников должны быть соединены между собой изолированными незаземленными проводниками местной системы уравнивания потенциалов;

3) все штепсельные розетки должны иметь защитный контакт, присоединенный к местной незаземленной системе уравнивания потенциалов;

4) все гибкие кабели, за исключением питающих оборудование класса II, должны иметь защитный проводник, применяемый в качестве проводника уравнивания потенциалов;

5) время отключения устройством защиты при двухфазном замыкании на открытые проводящие части не должно превышать значений, указанных в таблице 44 приложения к настоящим Правилам.

183. Изолирующие (непроводящие) помещения, зоны и площадки могут быть применены в электроустановках напряжением до 1 кВ, когда требования к автоматическому отключению питания не могут быть выполнены, а применение других защитных мер невозможно или нецелесообразно.

Сопротивление относительно локальной земли изолирующего пола и стен таких помещений, зон и площадок в любой точке должно быть не менее:

50 кОм при номинальном напряжении электроустановки до 500 В включительно, измеренное мегаомметром на напряжение 500 В;

100 кОм при номинальном напряжении более 500 В, измеренное мегаомметром на напряжение 1000 В.

Для изолирующих (непроводящих) помещений (зон, площадок) допускается использование электрооборудования класса 0 при соблюдении, по крайней мере, одного из трех следующих условий:

1) открытые проводящие части удалены одна от другой и от сторонних проводящих частей не менее чем на 2 м. Допускается уменьшение этого расстояния вне зоны досягаемости до 1,25 м;

2) открытые проводящие части отделены от сторонних проводящих частей барьерами из изоляционного материала. При этом должны быть обеспечены с одной стороны барьера расстоянием, не менее указанных в подпункте 1) настоящего пункта;

3) сторонние проводящие части покрыты изоляцией, выдерживающей испытательное напряжение переменного тока не менее 2 кВ в течение 1 минуты.

В изолирующих помещениях (зонах) не должен предусматриваться защитный проводник.

Должны быть предусмотрены меры против заноса потенциала на сторонние проводящие части помещения извне.

Пол и стены изолирующих помещений не должны подвергаться воздействию влаги.

## Параграф 4. Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ в сетях с эффективно заземленной нейтралью

184. Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ сети с эффективно заземленной нейтралью выполняется с соблюдением требований либо к их сопротивлению в соответствии с пунктом 185 настоящих Правил, либо к напряжению прикосновения в соответствии с пунктом 187 настоящих Правил, а также с соблюдением требований к конструктивному выполнению в соответствии с пунктами 188 и 189 настоящих Правил и к ограничению напряжения на заземляющем устройстве согласно пункту 184 настоящих Правил. Требования пунктов 183-189 настоящих Правил не распространяются на заземляющие устройства опор ВЛ.

185. Напряжение на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания на землю не должно превышать 10 кВ. Напряжение выше 10 кВ допускается на заземляющих устройствах, с которых исключен вынос потенциалов за пределы зданий и внешних ограждений электроустановок. При напряжении на заземляющем устройстве более 5 кВ должны быть предусмотрены меры по защите изоляции отходящих кабелей связи и телемеханики и по предотвращению выноса опасных потенциалов за пределы электроустановки.

186. Заземляющее устройство, которое выполняется с соблюдением требований к его сопротивлению, должно иметь в любое время года сопротивление не более 0,5 Ом, включая сопротивление естественных и искусственных заземлителей.

В целях выравнивания электрического потенциала и обеспечения присоединения электрооборудования к заземлителю на территории, занятой оборудованием, прокладываются продольные и поперечные горизонтальные заземлители и соединять их между собой в заземляющую сетку.

Продольные заземлители должны быть проложены вдоль осей электрооборудования со стороны обслуживания на глубине 0,5-0,7 м от поверхности земли и на расстоянии 0,8-1,0 м от фундаментов или оснований оборудования. Допускается увеличение расстояний

от фундаментов или оснований оборудования до 1,5 м с прокладкой одного заземлителя для двух рядов оборудования, если стороны обслуживания обращены друг к другу, а расстояние между фундаментами или основаниями двух рядов не превышает 3,0 м.

187. Поперечные заземлители прокладываются в удобных местах между оборудованием на глубине 0,5-0,7 м от поверхности земли. Расстояние между ними принимается увеличивающимся от периферии к центру заземляющей сетки. При этом, первое и последующие расстояния, начиная от периферии, не должны превышать соответственно 4,0 5,0 6,0 7,5 9,0 11,0 13,5 16,0 и 20,0 м. Размеры ячеек заземляющей сетки, примыкающих к местам присоединения нейтралей силовых трансформаторов и короткозамыкателей к заземляющему устройству, не должны превышать 6х6 м.

Горизонтальные заземлители прокладываются по краю территории, занимаемой заземляющим устройством, так, чтобы они в совокупности образовывали замкнутый контур.

Если контур заземляющего устройства располагается в пределах внешнего ограждения электроустановки, то у входов и въездов на ее территорию выравнивается потенциал путем установки двух вертикальных заземлителей, присоединенных к внешнему горизонтальному заземлителю напротив входов и въездов. Вертикальные заземлители должны быть длиной 3-5 м, а расстояние между ними должно быть равно ширине входа или въезда.

188. Заземляющее устройство, которое выполняется с соблюдением требований, предъявляемых к напряжению прикосновения, должно обеспечивать в любое время года при стекании с него тока замыкания на землю значения напряжений прикосновения, не превышающие нормированных. Сопротивление заземляющего устройства при этом определяется по допустимому напряжению на заземляющем устройстве и току замыкания на землю.

При определении значения допустимого напряжения прикосновения в качестве расчетного времени воздействия принимается сумма времени действия защиты и полного времени отключения выключателя. При определении допустимых значений напряжений прикосновения у рабочих мест, где при производстве оперативных переключений могут возникнуть КЗ на конструкции, доступные для прикосновения производящему переключения персоналу, в качестве расчетного времени воздействия принимается время действия резервной защиты, а для остальной территории - основной защиты.

Размещение продольных и поперечных горизонтальных заземлителей должно определяться требованиями ограничения напряжений прикосновения до нормированных значений и удобством присоединения заземляемого оборудования. Расстояние между продольными и поперечными горизонтальными искусственными заземлителями не должны превышать 30 м, а глубина их заложения в грунт должна быть не менее 0,3 м. Для снижения напряжения прикосновения у рабочих мест в обоснованных случаях выполняется подсыпка щебня слоем толщиной 0,1-0,2 м.

189. При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований, предъявляемых к его сопротивлению или к напряжению прикосновения, дополнительно к требованиям пунктов 185 и 187 настоящих Правил:

1) заземляющие проводники, присоединяющие оборудование или конструкции к заземлителю, в земле прокладывать на глубине не менее 0,3 м;

2) вблизи мест расположения заземляемых нейтралей силовых трансформаторов, короткозамыкателей прокладывать продольные и поперечные горизонтальные заземлители (в четырех направлениях).

При выходе заземляющего устройства за пределы ограждения электроустановки горизонтальные заземлители, находящиеся вне территории электроустановки, прокладываются на глубине не менее 1 м. Внешний контур заземляющего устройства в этом случае выполняется в виде многоугольника с тупыми или скругленными углами.

190. Внешнюю ограду электроустановок не допускается присоеденение к заземляющему устройству. Если от электроустановки отходят ВЛ 110 кВ и выше, то ограда заземляется с помощью вертикальных заземлителей длиной 2-3 м, установленных у стоек ограды по всему ее периметру через 20-50 м. Установка таких заземлителей не требуется для ограды с металлическими стойками и с теми стойками из железобетона, арматура которых электрически соединена с металлическими звеньями ограды.

Для исключения электрической связи внешней ограды с заземляющим устройством расстояние от ограды до элементов заземляющего устройства, расположенных вдоль нее с внутренней, с внешней или с обеих сторон, должно быть не менее 2 м. Выходящие за пределы ограды горизонтальные заземлители, трубы и кабели с металлической оболочкой и другие металлические коммуникации должны быть проложены посередине между стойками ограды на глубине не менее 0,5 м. В местах примыкания внешней ограды к зданиям и сооружениям, также в местах примыкания к внешней ограде внутренних металлических ограждений должны быть выполнены кирпичные или деревянные вставки длиной не менее 1 м.

При размещении электроприемников на внешней ограде их питание осуществляется через разделительные трансформаторы. Эти трансформаторы не допускается устанавливать на ограде. Линия, соединяющая вторичную обмотку разделительного трансформатора с электроприемником, расположенным на ограде, должна быть изолирована от земли на расчетное значение напряжения на заземляющем устройстве.

Если выполнение хотя бы одного из указанных мероприятий невозможно, то металлические части ограды присоединяются к заземляющему устройству и выполнить выравнивание потенциалов так, чтобы напряжение прикосновения с внешней и внутренней сторон ограды не превышало допустимых значений. С этой целью при выполнении заземляющего устройства по допустимому сопротивлению должен быть проложен с внешней стороны ограды, на расстоянии 1 м от нее и на глубине 1 м, горизонтальный заземлитель. Этот заземлитель присоединяется к заземляющему устройству не менее чем в четырех точках.

191. Если заземляющее устройство электроустановки соединено с заземляющим устройством другой электроустановки кабелем с металлической оболочкой или броней или посредством других металлических связей, то для выравнивания потенциалов вокруг другой электроустановки или вокруг здания, в котором она размещена, необходимо соблюдение одного из следующих условий:

1) укладка в землю на глубине 1 м и на расстоянии 1 м от фундамента здания или от периметра территории, занимаемой оборудованием, заземлителя, соединенного с системой уравнивания потенциалов этого здания или территории, а у входов и у въездов в здание - укладка проводников на расстоянии 1 и 2 м от заземлителя на глубине 1 и 1,5 м соответственно и соединение этих проводников с заземлителем;

2) использование железобетонных фундаментов в качестве заземлителей в соответствии с пунктом 204 настоящих Правил, если при этом обеспечивается допустимый уровень выравнивания потенциалов.

Не требуется выполнение условий, указанных в подпункте 1) и 2) пункта 189 настоящих Правил, если вокруг зданий имеются асфальтовые отмостки, в том числе у входов и въездов. Если у какого-либо входа (въезда) отмостка отсутствует, то у этого входа (въезда) должно быть выполнено выравнивание потенциалов путем укладки двух проводников, как указано в подпункте 1), или соблюдено условие подпункта 2) пункта 189 настоящих Правил. При этом, во всех случаях должны выполняться требования пункта 190 настоящих Правил.

192. Во избежание выноса потенциала не допускается питание электроприемников, находящихся за пределами заземляющих устройств электроустановок выше 1 кВ сети с эффективно заземленной нейтралью, от обмоток до 1 кВ с заземленной нейтралью трансформаторов, находящихся в пределах контура заземляющего устройства

электроустановки напряжением выше 1 кВ. При необходимости питание таких электроприемников осуществляется от трансформатора с изолированной нейтралью на стороне до 1 кВ по линии, выполненной кабелем без металлической оболочки и без брони, или по ВЛ.

При этом, напряжение на заземляющем устройстве не должно превышать напряжение срабатывания пробивного предохранителя, установленного на стороне низшего напряжения трансформатора с изолированной нейтралью.

Питание таких электроприемников осуществляется также через разделительный трансформатор. Разделительный трансформатор и линия от его вторичной обмотки к электроприемнику, если она проходит по территории, занимаемой заземляющим устройством электроустановки выше 1 кВ, должны иметь изоляцию от земли на расчетное значение напряжения на заземляющем устройстве.

## Параграф 5. Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью

193. В электроустановках выше 1 кВ сети с изолированной нейтралью сопротивление заземляющего устройства R, Ом, при прохождении расчетного тока замыкания на землю в любое время года с учетом сопротивления естественных заземлителей должно быть:

$R \leq 250/I$, но не более 10 Ом,

где I - расчетный ток замыкания на землю, А.

В качестве расчетного тока принимается:

1) в сетях без компенсации емкостных токов - полный ток замыкания на землю;

2) в сетях с компенсацией емкостных токов:

для заземляющих устройств, к которым присоединены компенсирующие аппараты, - ток, равный 125% номинального тока наиболее мощного из этих аппаратов;

для заземляющих устройств, к которым не присоединены компенсирующие аппараты, - ток замыкания на землю, проходящий в данной сети при отключении наиболее мощного из компенсирующих аппаратов.

Расчетный ток замыкания на землю должен быть определен для той из возможных в эксплуатации схем сети, при которой этот ток имеет наибольшее значение.

194. При использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью должны быть выполнены условия пункта 200 настоящих Правил.

При использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью сопротивление заземляющего устройства должно быть не более указанного в пункте 197 настоящих Правил либо к заземляющему устройству должны быть присоединены оболочки и броня не менее двух кабелей (любого напряжения) при общей протяженности этих кабелей не менее 1 км.

195. Для подстанций напряжением 6-10/0,4 кВ должно быть выполнено одно общее заземляющее устройство, к которому должны быть присоединены:

1) нейтраль трансформатора на стороне до 1 кВ;

2) корпус трансформатора;

3) металлические оболочки и броня кабелей;

4) открытые проводящие части электроустановок напряжение до 1 кВ и выше;

5) сторонние проводящие части.

Вокруг площади, занимаемой подстанцией, на глубине не менее 0,5 м и на расстоянии не более 1 м от края фундамента здания подстанции или от края фундаментов открыто установленного оборудования должен быть проложен замкнутый горизонтальный заземлитель (контур), присоединенный к заземляющему устройству.

196.Заземляющее устройство сети напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью, объединенное с заземляющим устройством сети напряжением выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью в одно общее заземляющее устройство, должно удовлетворять также требованиям пунктов 185 и 186 настоящих Правил.

## Параграф 6. Заземляющие устройства электроустановок напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью

197. В электроустановках с глухозаземленной нейтралью нейтраль генератора или трансформатора трехфазного переменного тока, средняя точка источника постоянного тока, один из выводов источника однофазного тока должны быть присоединены к заземлителю.

Искусственный заземлитель, предназначенный для заземления нейтрали, располагается вблизи генератора или трансформатора. Для внутрицеховых подстанций допускается располагать заземлитель около стены здания.

Если фундамент здания, в котором размещается подстанция, используется в качестве естественных заземлителей, нейтраль трансформатора заземляется путем присоединения не менее чем к двум металлическим колоннам или к закладным деталям, приваренным к арматуре не менее двух железобетонных фундаментов.

При расположении встроенных подстанций на разных этажах многоэтажного здания заземление нейтрали трансформаторов таких подстанций должно быть выполнено при помощи специально проложенного заземляющего проводника. В этом случае заземляющий проводник должен быть дополнительно присоединен к колонне здания, ближайшей к трансформатору, а его сопротивление должно быть учтено при определении сопротивления заземляющего устройства, к которому присоединена нейтраль трансформатора.

Во всех случаях должны быть приняты меры по обеспечению непрерывности цепи заземления и защите заземляющего проводника от механических повреждений.

Если в проводнике, соединяющем нейтраль трансформатора или генератора с нулевой шиной распределительного устройства, установлен трансформатор тока, то заземляющий проводник должен быть присоединен не к нейтрали трансформатора или генератора непосредственно, а к нулевому проводнику, сразу за трансформатором тока. Также за трансформатором тока должно быть выполнено присоединение нулевого защитного проводника в случае работы электроустановки в системе с разделением нулевого рабочего и нулевого защитного проводников.

Трансформатор тока необходимо размещать ближе к выводу нейтрали генератора (трансформатора).

198. Сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генератора или трансформатора или выводы источника однофазного тока, в любое время года должно быть не более 2, 4 и 8 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока. Это сопротивление должно быть обеспечено с учетом использования естественных заземлителей, а также эаземлителей повторных заземлений нулевого провода ВЛ при количестве отходящих линий не менее двух. При этом, сопротивление заземлителя, расположенного в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока, должно быть не более 15, 30 и 60 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока.

При удельном сопротивлении земли с > 100 Ом допускается увеличивать указанные выше нормы в 0,01 с раз, но не более десятикратного.

199. На концах ВЛ (или ответвлений от них) длиной более 200 м, а также на вводах от ВЛ к электроустановкам, в которых в качестве защитной меры при косвенном прикосновении применено автоматическое отключение питания, должны быть выполнены повторные заземления нулевого рабочего провода. При этом, в первую очередь, используются естественные заземлители, (подземные части опор, а также заземляющие устройства, выполненные для защиты от грозовых перенапряжений).

Указанные повторные заземления выполняются, если более частые заземления не требуются по условиям защиты от грозовых перенапряжений.

Повторные заземления нулевого провода в сетях постоянного тока должны быть осуществлены при помощи отдельных искусственных заземлителей, которые не должны иметь металлических соединений с подземными трубопроводами. Заземляющие устройства на ВЛ постоянного тока, выполненные для защиты от грозовых перенапряжений, используются для повторного заземления нулевого рабочего провода.

Заземляющие проводники для повторных заземлений нулевого провода должны иметь размеры не менее приведенных в таблице 45 приложения к настоящим Правилам.

200. Общее сопротивление заземлителей (в том числе естественных) всех повторных заземлений нулевого рабочего провода каждой ВЛ в любое время года должно быть не более 5, 10 и 20 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока. При этом, сопротивление заземлителя каждого из повторных заземлений должно быть не более 15, 30 и 60 Ом соответственно при тех же напряжениях.

При удельном сопротивлении земли с > 100 Ом допускается увеличивать указанные нормы в 0,01 с раз, но не более десятикратного.

## Параграф 7. Заземляющие устройства электроустановок напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью

201. Сопротивление заземляющего устройства, используемого для защитного заземления открытых проводящих частей в сетях до 1 кВ с изолированной нейтралью, должно соответствовать условию:

$$R \leq U_{пр} / I,$$

где R - сопротивление заземляющего устройства, Ом $U_{пр}$ - напряжение прикосновения, значение которого принимается равным 42 В I - полный ток замыкания на землю, А.

При мощности трансформаторов или генераторов, не превышающей 100 кВ*А, допускается сопротивление заземляющего устройства до 10 Ом. Это значение сопротивления также допускается для нескольких генераторов (трансформаторов), работающих параллельно, при их суммарной мощности не более 100 кВ*А.

## Параграф 8. Заземляющие устройства в районах с большим предельным сопротивлением земли

202. Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью в районах с большим удельным сопротивлением земли выполняется с соблюдением требований, предъявляемых к напряжению прикосновения.

В скальных структурах допускается прокладывать горизонтальные заземлители на меньшей глубине, чем в пунктах 188-190 настоящих Правил, но не менее чем 0,15 м. Кроме того, допускается не выполнять требуемых в пункте 185 настоящих Правил вертикальных заземлителей у входов и въездов.

203. При сооружении искусственных заземлителей в районах с большим удельным сопротивлением земли выполняются следующие мероприятия:

1) устройство вертикальных заземлителей увеличенной длины, если с глубиной удельное сопротивление земли снижается, а естественные углубленные заземлители отсутствуют;

2) устройство выносных заземлителей, если вблизи (до 2 км) от электроустановки есть места с меньшим удельным сопротивлением земли;

3) укладка в траншеи вокруг горизонтальных заземлителей в скальных структурах влажного глинистого грунта с последующей трамбовкой и засыпкой щебнем до верха траншеи;

4) применение искусственной обработки грунта с целью снижения его удельного сопротивления, если другие способы не могут быть применены или не дают необходимого эффекта.

204. В электроустановках напряжением выше 1 кВ, а также до 1 кВ с изолированной нейтралью для земли с удельным сопротивлением более 500 Ом, если мероприятия, предусмотренные в пунктах 201-202 настоящих Правил, не позволяют получить приемлемые по экономическим соображениям заземлители, допускается повысить требуемые настоящей главой значения сопротивлений заземляющих устройств в 0,002с раз, где с - эквивалентное удельное сопротивление земли Ом. При этом, увеличение требуемых настоящей главой сопротивлений заземляющих устройств должно быть не более десятикратного.

## Параграф 9. Заземлители

205. В качестве естественных заземлителей могут быть использованы:

1) металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей, в том числе железобетонные фундаменты, имеющие защитные гидроизоляционные покрытия в неагрессивных, слабоагрессивных и среднеагрессивных средах;

2) металлические трубы водопровода, проложенные в земле;

3) обсадные трубы буровых скважин;

4) металлические шпунты гидротехнических сооружений, водоводы, закладные части затворов;

5) рельсовые пути магистральных неэлектрифицированных железных дорог и подъездные рельсовые пути при наличии преднамеренно установленных перемычек между рельсами;

6) другие, находящиеся в земле, металлические конструкции и сооружения;

7) металлические оболочки бронированных кабелей, проложенных в земле оболочки кабелей могут служить естественными заземлителями при количестве кабелей не менее двух.

Не допускается использовать в качестве заземлителей алюминиевые оболочки кабелей.

206. Не допускается использовать в качестве заземлителей трубопроводы канализации и центрального отопления, трубопроводы горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов и смесей. Указанные ограничения не исключают необходимости присоединения таких трубопроводов к заземляющему устройству с целью уравнивания потенциалов в соответствии с пунктом 178 настоящих Правил.

Не используются в качестве заземлителей железобетонные конструкции зданий и сооружений с предварительно напряженной арматурой, однако это ограничение не распространяется на опоры ВЛ и опорные конструкции ОРУ.

Возможность использования естественных заземлителей по условию плотности протекающих по ним токов, необходимость сварки арматурных стержней железобетонных фундаментов зданий и конструкций, приварки анкерных болтов стальных колонн к арматурным стержням железобетонных фундаментов, а также возможность использования фундаментов в сильноагрессивных средах должны быть определены расчетом.

207. Искусственные заземлители могут быть выполнены из черной или оцинкованной стали или медными.

Искусственные заземлители не должны быть окрашены.

Материал и наименьшие размеры заземлителей должны соответствовать приведенным в таблице 45 приложения к настоящим Правилам.

208. Сечение горизонтальных заземлителей для электроустановок напряжением выше 1 кВ выбирается по условию термической стойкости при допустимой температуре нагрева 400°С (кратковременный нагрев, соответствующий времени действия защиты и отключения выключателя).

При наличии опасности коррозии заземляющих устройств необходимо либо увеличить сечения заземлителей и заземляющих проводников с учетом расчетного срока их службы, либо применить заземлители и заземляющие проводники с гальваническим покрытием или медные.

При этом, учитывается возможное увеличение сопротивления заземляющих устройств, обусловленное коррозией.

Траншеи для горизонтальных заземлителей должны заполняться однородным грунтом, не содержащим щебня и строительного мусора.

Не используются заземлители в местах, где земля подсушивается под действием тепла трубопроводов.

## Параграф 10. Заземляющие проводники

209. Сечения заземляющих проводников в электроустановках напряжением до 1 кВ должны соответствовать требованиям пункта 217 настоящих Правил к защитным проводникам.

Наименьшие сечения заземляющих проводников, проложенных в земле, должны соответствовать приведенным в таблице 45 приложения к настоящим Правилам.

Прокладка в земле алюминиевых неизолированных проводников не допускается.

210. В электроустановках напряжением выше 1 кВ сечения заземляющих проводников должны быть выбраны такими, чтобы при протекании по ним наибольшего тока однофазного КЗ в электроустановках с эффективно заземленной нейтралью или тока двухфазного КЗ в электроустановках с изолированной нейтралью температура заземляющих проводников не превысила 400°С (кратковременный нагрев, соответствующий полному времени действия защиты и отключения выключателя).

В электроустановках напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью проводимость заземляющих проводников сечением до 25 мм$^2$ по меди или равноценным ему из других материалов должна составлять не менее 1/3 проводимости фазных проводников. Не требуется применение медных проводников сечением более 25 мм$^2$, алюминиевых - 35 мм$^2$, стальных - 120 мм$^2$.

211. Для выполнения измерений сопротивления заземляющего устройства в удобном месте должна быть предусмотрена возможность отсоединения заземляющего проводника. В электроустановках напряжением до 1 кВ таким местом, является главная заземляющая шина. Отсоединение заземляющего проводника должно быть возможно при помощи инструмента.

Заземляющий проводник, присоединяющий заземлитель рабочего (функционального) заземления к главной заземляющей шине в электроустановках напряжением до 1 кВ, должен иметь сечение не менее: медный - 10 мм$^2$, алюминиевый - 16 мм$^2$, стальной - 75 мм$^2$.

У мест ввода заземляющих проводников в здание должен быть предусмотрен опознавательный знак.

## Параграф 11. Главная заземляющая шина

212. Главная заземляющая шина выполняется внутри вводного устройства электроустановки или отдельно от него.

Внутри вводного устройства в качестве главной заземляющей шины используется нулевая защитная шина.

При отдельной установке главная заземляющая шина располагается в доступном, удобном для обслуживания месте вблизи вводного устройства.

Сечение отдельно установленной главной заземляющей шины должно быть не менее сечения нулевого проводника питающей линии.

Главная заземляющая шина должна выполняется из меди. Допускается применение в этих целях стали. Применение алюминия не допускается.

В конструкции шины должна быть предусмотрена возможность индивидуального отсоединения присоединенных к ней проводников. Отсоединение должно быть возможно только с использованием инструмента.

В местах, доступных только квалифицированному персоналу, главная заземляющая шина устанавливается открыто. В местах, доступных посторонним лицам, она должна быть помещена в шкаф (ящик) с запираемой на ключ дверцей.

На дверце или на стене над шиной должен быть нанесен опознавательный знак.

213. Если здание имеет несколько обособленных вводов, главная заземляющая шина должна быть выполнена для каждого вводного устройства.

При наличии встроенных трансформаторных подстанций главная заземляющая шина должна устанавливаться возле каждой из них. В этом случае все установленные заземляющие шины должны быть соединены проводником уравнивания потенциалов, сечение которого должно быть не менее половины сечения нулевого проводника той линии среди отходящих от щитов низкого напряжения подстанций, которая имеет наибольшее сечение. Для соединения нескольких главных заземляющих шин могут использоваться сторонние проводящие части, если они соответствуют требованиям к непрерывности и проводимости электрической цепи.

## Параграф 12. Нулевые защитные проводники

214. В качестве нулевых защитных проводников в электроустановках напряжение до 1 кВ могут использоваться:

1) специально предусмотренные проводники:

жилы многожильных кабелей;

изолированные и неизолированные провода в общей оболочке с фазными проводами;

стационарно проложенные изолированные или неизолированные проводники;

2) открытые проводящие части электроустановок:

алюминиевые оболочки кабелей;

стальные трубы электропроводок;

металлические оболочки и опорные конструкции шинопроводов и комплектных устройств заводского изготовления;

металлические короба и лотки электропроводок разрешается использовать в качестве защитных проводников при условии, что конструкцией коробов и лотков предусмотрено такое использование, о чем имеется указание в документации изготовителя, а их расположение исключает возможность механического повреждения;

металлические конструкции зданий (фермы, колонны);

3) некоторые сторонние проводящие части:

металлические строительные конструкции зданий и сооружений (фермы, колонны);

арматура железобетонных строительных конструкций зданий при условии выполнения требований пункта 214 настоящего пункта;

металлические конструкции производственного назначения (подкрановые рельсы, галереи, площадки, шахты лифтов, подъемников и элеваторов, обрамления каналов).

215. Использование открытых и сторонних проводящих частей в качестве защитных проводников допускается, если они отвечают требованиям настоящей главы к проводимости и, если обеспечена непрерывность электрической цепи на всем протяжении.

Сторонние проводящие части могут быть использованы в качестве защитных проводников, если они, отвечают одновременно следующим требованиям:

1) непрерывность электрической цепи обеспечивается либо конструкцией, либо соответствующими соединениями, защищенными от механических, химических и других повреждений;

2) демонтаж этих частей не допускается, если не предусмотрены меры по сохранению непрерывности цепи и ее проводимости.

216. Не допускается использовать в качестве защитных проводников:

1) металлические оболочки изоляционных трубок и трубчатых проводов, несущие тросы при тросовой электропроводке, металлорукава, а также свинцовые оболочки проводов и кабелей;

2) трубопроводы газоснабжения и другие трубопроводы горючих и взрывоопасных веществ и смесей, трубы канализации и центрального отопления;

3) водопроводные трубы при наличии в них изолирующих вставок.

217. Не допускается использовать нулевые защитные проводники одних цепей для зануления электрооборудования, питающегося по другим цепям, а также использовать открытые проводящие части электрооборудования в качестве нулевых защитных проводников для другого электрооборудования, за исключением оболочек и опорных конструкций шинопроводов и комплектных устройств заводского изготовления, обеспечивающих возможность подключения к ним защитных проводников в нужном месте.

Не допускается использовать специально проложенные защитные проводники для других целей.

218. Наименьшие сечения защитных проводников должны соответствовать таблице 46 приложения к настоящим Правилам.

Площади сечений приведены для случая, когда защитные проводники изготовлены из того же материала, что и фазные проводники. Сечения защитных проводников из других материалов должны быть эквивалентны по проводимости.

Допускается, при необходимости, принимать сечение защитного проводника менее требуемых, если оно рассчитано (только для времени отключения ≤ 5 с) по формуле:

$$S \geq \frac{I\sqrt{t}}{k},$$

где S - площадь поперечного сечения защитного проводника, мм2; I - ток короткого замыкания, обеспечивающий время отключения цепи защитным аппаратом в соответствии с таблицей 43 и 44 приложения настоящих Правил или за время не более 5 секунд в соответствии с пунктом 174 настоящих Правил, А t - время срабатывания

защитного аппарата, с k - коэффициент, значение которого зависит от материала защитного проводника, его изоляции, начальной и конечной температур. Значение k для защитных проводников в различных условиях приведены в таблице 47-50 приложения к настоящим Правилам.

Если при расчете получается сечение, отличное от приведенного в таблице 46 приложения к настоящим Правилам, то выбирается ближайшее большее значение, а при получении нестандартного сечения - применять проводники ближайшего большего стандартного сечения.

Значения максимальной температуры при определении сечения защитного проводника не должны превышать предельно допустимых температур нагрева проводников при КЗ в соответствии с разделом 3 настоящих Правил.

219. Во всех случаях сечение медных защитных проводников, не входящих в состав кабеля или проложенных не в общей оболочке (трубе, коробе), не на одном лотке с фазными проводниками, должно быть не менее:

1) 2,5 мм$^2$ - при наличии механической защиты;

02) 4 мм$^2$ - при отсутствии механической защиты.

Сечение отдельно проложенных защитных алюминиевых проводников должно быть не менее 16 мм$^2$.

220. В электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью для обеспечения требований пункта 217 настоящих Правил нулевые защитные проводники прокладываются совместно или в непосредственной близости с фазными проводниками.

221. В местах, где возможно повреждение изоляции фазных проводников в результате искрения между неизолированным нулевым защитным проводником и металлической оболочкой или конструкцией, нулевые защитные проводники должны иметь изоляцию, равноценную изоляции фазных проводников.

222. Неизолированные защитные проводники должны быть защищены от коррозии. В местах пересечения проводников с кабелями, трубопроводами, железнодорожными путями, в местах их ввода в здания и в других местах, где возможны механические повреждения защитных проводников, проводники должны быть защищены.

В местах пересечения температурных и осадочных швов должна быть предусмотрена компенсация длины защитных проводников.

## Параграф 13. Совмещенные нулевые защитные и нулевые рабочие проводники

223. В многофазных цепях с глухозаземленной нейтралью и занулением открытых проводящих частей для стационарно проложенных кабелей, жилы которых имеют сечение не менее 10 мм$^2$ по меди или 16 мм$^2$ по алюминию, функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников могут быть совмещены в одном проводнике.

224. Не допускается совмещение функций нулевого защитного и нулевого рабочего проводников в цепях однофазного и постоянного тока.

В качестве нулевого защитного проводника в таких цепях должен быть предусмотрен отдельный третий проводник. Это требование не распространяется на ответвления от ВЛ напряжением до 1 кВ к однофазным потребителям электроэнергии.

225. Не допускается использование сторонних проводящих частей в качестве совмещенного нулевого проводника. Разрешается использовать открытые и сторонние проводящие части в качестве дополнительного совмещенного проводника при присоединении их к системе уравнивания потенциалов.

226. Специально предусмотренные совмещенные нулевые проводники должны соответствовать требованиям пункта 217 настоящих Правил к сечению защитных проводников, а также к нулевому рабочему проводнику.

Изоляция совмещенных нулевых проводников должна быть равноценна изоляции фазных проводников. Не требуется изолировать нулевую шину сборных шин комплектных устройств напряжением до 1 кВ.

227. Когда нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделяются, начиная с какой-либо точки электроустановки, не допускается объединять их за этой точкой по ходу распределения электроэнергии. В месте разделения проводников необходимо предусмотреть отдельные зажимы или шины для разделяемых проводников. Совмещенный нулевой проводник питающей линии должен быть подключен к зажиму (шине) нулевого защитного проводника.

## Параграф 14. Проводники системы уравнивания потенциалов

228. В качестве проводников системы уравнивания потенциалов могут быть использованы открытые и сторонние проводящие части, указанные в пункте 213 настоящих Правил, или специально проложенные проводники, или их сочетание.

229. Сечение проводников основной системы уравнивания потенциалов должно быть не менее половины наибольшего сечения защитного проводника электроустановки, если сечение проводника уравнивания потенциалов при этом не превышает 25 мм$^2$ по меди или равноценное ему из других материалов. Сечение проводников основной системы уравнивания потенциалов в любом случае должно быть не менее медных - 6 мм$^2$, алюминиевых - 16 мм$^2$, стальных - 50 мм$^2$.

230. Сечение проводников дополнительной системы уравнивания потенциалов должно быть не менее:

1) при соединении двух открытых проводящих частей - сечения меньшего из защитных проводников, подключенным к этим частям;

2) при соединении открытой проводящей части и сторонней проводящей части - половины сечения защитного проводника, подключенного к открытой проводящей части.

Сечения проводников дополнительного уравнивания потенциалов, не входящих в состав кабеля, должны соответствовать требованиям пункта 218 настоящих Правил.

## Параграф 15. Соединения заземляющих и защитных проводников

231. Соединения и присоединения заземляющих, защитных проводников и проводников системы уравнивания и выравнивания потенциалов должны быть надежными и обеспечивать непрерывность электрической цепи. Соединения стальных проводников выполняются посредством сварки.

Соединения должны быть защищены от коррозии и механических повреждений.

Для болтовых соединений должны быть предусмотрены меры против ослабления контакта.

232. Соединения должны быть, доступны для осмотра и выполнения испытаний. Исключение составляют соединения, выполненные конструктивно закрытыми (герметизированные, заполненные компаундом), а также соединения в системах обогрева, размещенные в полах, стенах, перекрытиях и в земле.

233. При применении устройств контроля непрерывности цепи заземления не допускается разъединять защитные проводники.

234. Присоединение заземляющих и защитных проводников к открытым проводящим частям должно быть выполнено при помощи болтовых соединений или сварки. Присоединение таких проводников к частям оборудования, подвергающегося частому демонтажу или установленного на движущихся либо подверженных сотрясениям и вибрации основаниях, должно выполняться при помощи гибких проводников.

Соединения защитных проводников электропроводок и ВЛ выполняются теми же методами, что и соединения фазных проводников.

235. Места и способы присоединения заземляющих проводников к протяженным естественным заземлителям должны быть выбраны такими, чтобы при разъединении заземлителей для ремонтных работ ожидаемые величины напряжения прикосновения и расчетные значения сопротивления заземляющего устройства не превышали безопасных значений.

Шунтирование водомеров, задвижек выполняется проводником соответствующего сечения в зависимости от того, как используется трубопровод в качестве защитного проводника системы уравнивания потенциалов, нулевого защитного проводника или защитного заземляющего проводника.

236. Присоединение каждой открытой проводящей части электроустановки к нулевому защитному или защитному заземляющему проводнику должно быть выполено при помощи отдельного ответвления. Последовательное включение в защитный проводник открытых проводящих частей не допускается.

Присоединение проводящих частей к основной системе уравнивания потенциалов должно быть выполнено при помощи отдельных ответвлений.

Присоединение проводящих частей к дополнительной системе уравнивания потенциалов выполняется как при помощи отдельных ответвлений, так и присоединением к одному неразъемному проводнику.

237. Не допускается включать коммутационные аппараты в цепи защитных проводников, за исключением случаев питания электроприемников при помощи штепсельных соединителей.

Одновременное отключение всех проводников допускается на вводе в электроустановки индивидуальных жилых, дачных домов и аналогичных им объектов, питающихся по однофазным ответвлениям от ВЛ. При этом, разделение нулевого проводника на защитный и рабочий должно быть выполнено до вводного коммутационного аппарата.

238. При использовании штепсельного соединителя, одновременно разъединяющего фазный и защитный проводники, розетка и вилка штепсельного соединителя должны иметь специальные защитные контакты для присоединения к ним защитных проводников.

Если корпус штепсельной розетки выполнен из металла, он должен быть присоединен к защитному контакту розетки.

## Параграф 16. Переносные электроприемники

239. К переносным элетроприемникам относятся электроприемники, которые могут находиться в руках человека в процессе их эксплуатации (ручной электроинструмент, переносные бытовые электроприборы, переносная радиоэлектронная аппаратура).

240. Питание переносных электроприемников выполняется от сети напряжением не выше 380/220 В.

В зависимости от категории помещения по уровню опасности поражения людей электрическим током для защиты при косвенном прикосновении в цепях, питающих переносные электроприемники, могут быть применены автоматическое отключение питания, защитное электрическое разделение цепей, малое напряжение, двойная изоляция.

241. При применении автоматического отключения питания металлические корпуса переносных электроприемников, за исключением электроприемников с двойной изоляцией, должны быть заземлены или занулены, для чего должен быть предусмотрен специальный защитный проводник, расположенный в одной оболочке с фазными проводниками (третья жила кабеля или провода для электроприемников однофазного и постоянного тока, четвертая или пятая жила - для электроприемников трехфазного тока),

присоединяемый к корпусу электроприемника и к защитному контакту вилки штепсельного соединителя. Защитный проводник должен быть гибким, выполнен из меди, его сечение должно быть равным сечению фазных проводников. Использование для этой цели нулевого рабочего проводника, в том числе расположенного в общей оболочке с фазными проводниками, не допускается.

242. Допускается применять стационарные и отдельные переносные защитные проводники для переносных электроприемников испытательных лабораторий и экспериментальных установок, перемещение которых в период их работы не предусматривается. При этом, стационарные проводники должны удовлетворять требованиям пунктов 213-221 настоящих Правил, а переносные проводники должны быть гибкими, выполнены из меди и иметь сечение не меньше, чем у фазных проводников.

243. Для дополнительной защиты от прямого прикосновения и при косвенном прикосновении штепсельные розетки с номинальным током не более 20 А наружной установки, а также розетки внутренней установки, к которым могут быть подключены переносные электроприемники, используемые вне зданий либо в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, защищаются устройствами защитного отключения с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА. Допускается применение ручного электроинструмента, оборудованного УЗО-вилками.

При применении защитного электрического разделения цепей в особо опасных помещениях каждая розетка должна питаться от индивидуального разделительного трансформатора или от его отдельной обмотки.

При применении малого напряжения питание переносных электроприемников должно осуществляться от безопасного разделительного трансформатора.

244. Для присоединения переносных электроприемников к питающей сети применяются штепсельные соединители, соответствующие требованиям пункта 237 настоящих Правил. При этом, проводник со стороны источника питания должен быть присоединен к розетке, а со стороны электроприемника - к вилке.

245. УЗО розеточных цепей размещают в распределительных (групповых, квартирных) щитках.

Допускается применение УЗО-розеток.

246. Защитные проводники переносных проводов и кабелей должны быть обозначены желто-зелеными полосами.

## Параграф 17. Передвижные электроустановки

247. Требования к передвижным электроустановкам не распространяются на:

1) судовые электроустановки;

2) электрооборудование, размещенное на движущихся частях станков, машин и механизмов;

3) электрифицированный транспорт;

4) жилые автофургоны.

248. Передвижные электроустановки могут получать питание от стационарных или автономных передвижных источников электроэнергии. В качестве автономных источников подразумеваются такие источники, которые позволяют осуществлять питание потребителей независимо от стационарных источников электроэнергии.

Питание передвижных электроустановок от стационарной электрической сети выполняются от источника с глухозаземленной нейтралью с разделением нулевых рабочего и защитного проводников. Разделение этих проводников должно быть выполнено в точке подключения установки к источнику питания. Объединение этих проводников внутри передвижной электроустановки не допускается.

При питании передвижной электроустановки от автономного источника его нейтраль должна быть изолирована.

249. При питании стационарных электроприемников от автономных передвижных источников питания режим нейтрали источника питания и меры защиты должны соответствовать режиму нейтрали и мерам защиты, принятым для стационарных электроприемников.

250. Для защиты при косвенном прикосновении в передвижных электроустановках, питающихся от стационарного источника питания, должно быть выполнено автоматическое отключение питания с применением устройства защиты от сверхтоков. При этом, время отключения, приведенное в таблице 43 приложения к настоящим Правилам, должно быть уменьшено вдвое либо дополнительно к устройству защиты от сверхтоков должно быть применено устройство защитного отключения, реагирующее на дифференциальный ток.

В специальных электроустановках допускается применение УЗО, реагирующих на потенциал корпуса относительно земли. В этом случае уставка по значению отключающего напряжения должна быть равной 25 В при времени отключения не более 5 секунд.

251. В точке подключения передвижной электроустановки к источнику питания должно быть установлено устройство защиты от сверхтоков и УЗО, реагирующее на дифференциальный ток. Номинальный отключающий дифференциальный ток этого УЗО должен быть на 1-2 ступени больше соответствующего тока УЗО, установленного на вводе в передвижную электроустановку.

При необходимости на вводе в передвижную электроустановку применяется защитное электрическое разделение цепей в соответствии с пунктом 182 настоящих Правил. При этом, разделительный трансформатор, а также вводное защитное устройство должны быть помещены в изолирующую оболочку.

Устройство присоединения ввода питания в передвижную электроустановку должно иметь двойную изоляцию.

252. При применении автоматического отключения питания в сети с изолированной нейтралью для защиты при косвенном прикосновении в передвижных электроустановках должны быть выполнены:

1) защитное заземление в сочетании с непрерывным контролем изоляции, действующим на сигнал;

2) автоматическое отключение питания, обеспечивающее время отключения при двухфазном замыкании на открытые проводящие части в соответствии с таблице 51 приложения к настоящим Правилам.

Для обеспечения автоматического отключения питания должно быть применено устройство защиты от сверхтоков в сочетании с УЗО, реагирующим на дифференциальный ток, или с устройством непрерывного контроля изоляции, действующим на отключение, или, в соответствии с пунктом 250 настоящих Правил, в сочетании с УЗО, реагирующим на потенциал корпуса относительно земли.

253. На вводе в передвижную электроустановку должна быть предусмотрена главная шина уравнивания потенциалов, соответствующая требованиям пункта 212 настоящих Правил к главной заземляющей шине, к которой должны быть присоединены:

1) защитный проводник питающей линии;

2) защитный проводник передвижной электроустановки с присоединенными к нему защитными проводниками открытых проводящих частей;

3) проводники уравнивания потенциалов корпуса и других сторонних проводящих частей передвижной электроустановки;

4) заземляющий проводник, присоединенный к местному заземлителю передвижной электроустановки (при его наличии).

При необходимости открытые и сторонние проводящие части должны быть соединены между собой посредством проводников дополнительного уравнивания потенциалов.

254. Защитное заземление передвижной электроустановки с изолированной нейтралью должно быть выполнено с соблюдением требований либо к его сопротивлению, либо к напряжению прикосновения при однофазном замыкании на открытые проводящие части.

При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований к его сопротивлению значение сопротивления не должно превышать 25 Ом. Допускается повышение указанного сопротивления в соответствии с пунктом 203 настоящих Правил.

При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований к напряжению прикосновения сопротивление заземляющего устройство не нормируется. В этом случае должно быть выполнено условие:

$$R_з \leq 25/I_з,$$

где $R_з$ - сопротивление заземляющего устройства передвижной электроустановки, Ом
$I_з$ - полный ток однофазного замыкания на открытые проводящие части передвижной электроустановки, А.

255. Допускается не выполнять местный заземлитель для защитного заземления передвижной электроустановки, питающейся от автономного передвижного источника питания с изолированной нейтралью в следующих случаях:

1) автономный источник питания и электроприемники расположены непосредственно на передвижной электроустановке, их корпуса соединены между собой защитным проводником, а от источника не питаются другие электроустановки;

2) автономный передвижной источник питания имеет свое заземляющее устройство для защитного заземления, все открытые проводящие части передвижной электроустановки, ее корпус и другие сторонние проводящие части надежно соединены с корпусом автономного передвижного источника при помощи защитного проводника, а при двухфазном замыкании на корпус электрооборудования в передвижной электроустановке обеспечивается время автоматического отключения питания в соответствии с таблицей 52 приложения к настоящим Правилам.

256. Автономные передвижные источники питания с изолированной нейтралью должны иметь устройство непрерывного контроля сопротивления изоляции относительно корпуса (земли) со световым и звуковым сигналами. Должна быть обеспечена возможность проверки исправности устройства контроля изоляции и его отключения.

Допускается не устанавливать устройство непрерывного контроля сопротивления изоляции с действием на сигнал на передвижной электроустановке, питающейся от такого автономного передвижного источника, если при этом выполняется условие пункта 254 настоящих Правил.

257. Защита от прямого прикосновения в передвижных электроустановках должна быть обеспечена применением основной изоляции токоведущих частей, ограждений и оболочек. Применение барьеров и размещение вне пределов досягаемости не допускаются.

В цепях, питающих штепсельные розетки для подключения электроприемников вне помещения передвижной электроустановки, должна быть выполнена дополнительная защита в соответствии с пунктом 242 настоящих Правил.

258. Защитные проводники передвижной электроустановки должны быть гибкими, выполнены из меди и, находиться в общей оболочке с фазными проводниками. Сечение проводников должно соответствовать требованиям:

1) нулевых - пунктам 217-218 настоящих Правил;

2) заземляющих - пункту 208 настоящих Правил;

3) уравнивания потенциалов - пунктов 227-229 настоящих Правил.

В передвижных электроустановках с изолированной нейтралью допускается прокладка защитных проводников отдельно от фазных.

259. Допускается одновременное отключение всех проводников линии, питающей передвижную электроустановку, включая защитный проводник, при помощи одного коммутационного аппарата (разъема).

260. Если передвижная электроустановка питается с использованием штепсельных соединителей, вилка соединителя должна быть подключена со стороны передвижной электроустановки и иметь оболочку из изолирующего материала.

## Параграф 18. Электроустановки помещений для содержания животных

261. Питание электроустановок животноводческих помещений выполняется от сети напряжением 380/220 В переменного тока с заземленной нейтралью.

262. Для защиты людей и животных при косвенном прикосновении должно быть выполнено автоматическое отключение питания. В питающей сети должно быть выполнено разделение нулевого рабочего и нулевого защитного проводников. Разделение проводников выполняется на вводном щитке. При питании таких электроустановок от встроенных и пристроенных подстанций разделение проводников выполняется в нейтрали трансформатора, при этом нулевой рабочий проводник должен иметь изоляцию, равноценную изоляции фазных проводников на всем его протяжении.

Время защитного автоматического отключения питания в помещениях для содержания животных, а также в помещениях, связанных с ними при помощи сторонних проводящих частей, должно соответствовать таблице 52 приложения к настоящим Правилам.

Если указанное время отключения не может быть гарантировано, необходимо выполнить дополнительные защитные меры.

263. Совмещенный нулевой проводник на вводе в помещение должен быть повторно заземлен. Значение сопротивления повторного заземления должно соответствовать пункту 199 настоящих Правил.

264. В помещениях для содержания животных должна быть выполнена дополнительная система уравнивания потенциалов, соединяющая все открытые и сторонние проводящие части, доступные одновременному прикосновению (трубы водопровода, вакуумпровода, металлические ограждения стойл, металлические привязи).

265. В зоне размещения животных в полу должно быть выполнено выравнивание потенциалов при помощи металлической сетки или другого устройства, которое должно быть соединено с дополнительной системой уравнивания потенциалов.

266. Устройства выравнивания и уравнивания потенциалов должны обеспечивать в нормальном режиме работы электрооборудования напряжение прикосновения не более 0,2 В, а в аварийном режиме при времени отключения более указанного в таблице 52 приложения к настоящим Правилам для электроустановок в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках - не более 12 В.

267. Для всех групповых цепей, питающих штепсельные розетки, должна быть выполнена дополнительная защита от прямого прикосновения при помощи УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА.

268. В животноводческих помещениях, в которых отсутствуют условия, требующие выполнения выравнивания потенциалов, должна быть выполнена защита при помощи УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током не менее 100 мА, устанавливаемого на вводном щитке.

## 8. Нормы приемосдаточных испытаний

### Параграф 1. Общие положения

269. Электрооборудование до 500 кВ, вновь вводимое в эксплуатацию в энергопроизводящих, энергоснабжающих, энергопередающих организациях и у потребителей, подвергается приемо-сдаточным испытаниям в соответствии с требованиями настоящей главы.

При проведении приемо-сдаточных испытаний электрооборудования, не охваченного настоящими нормами, необходимо руководствоваться инструкциями заводов-изготовителей и указаниями фирм-поставщиков.

Измерения показателей качества электрической энергии в точках общего присоединения потребителей электрической энергии к системам электроснабжения общего назначения проводят энергоснабжающие или энергопередающие организации перед вводом электроустановок потребителя в эксплуатацию до включения и после включения, а периодичность измерений показателей качества электрической энергии в процессе эксплуатации устанавливается в соответствии с требованиями ГОСТ-13109-97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», и законодательства Республики Казахстан в области электроэнергетики.

270. Помимо испытаний, предусмотренных настоящей главой, все электрооборудование должно пройти проверку работы механической части в соответствии с заводскими и монтажными инструкциями.

Готовность оборудования к эксплуатации определяется на основании рассмотрения результатов всех испытаний, относящихся к данной единице оборудования.

271. Все измерения, испытания и опробования, произведенные монтажным персоналом в процессе монтажа, а также наладочным персоналом непосредственно перед вводом электрооборудования в эксплуатацию, должны быть оформлены соответствующими актами и протоколами в соответствии с действующими, инструкциями заводов-изготовителей и настоящими Правилами.

272. В энергопроизводящих, энергоснабжающих, энергопередающих организациях и у потребителей повышенным напряжением должно испытываться все элекрооборудование 35 кВ и ниже, а при наличии испытательных устройств - и электрооборудования напряжением выше 35 кВ, за исключением случаев, оговоренных в настоящей главе.

273. Изоляторы и электрооборудование с номинальным напряжением, превышающим номинальное напряжение установки, в которой они применены, могут испытываться повышенным напряжением по нормам для соответствующего класса изоляции электроустановки.

274. Изоляция электрооборудования иностранных фирм (кроме вращающихся машин), имеющая электрическую прочность ниже предусмотренной нормами настоящей главы, должна испытываться напряжением, составляющим 90% заводского испытательного напряжения, если нет других указаний фирм-поставщиков.

275. Испытание изоляции аппаратов повышенным напряжением промышленной частоты должно производиться, совместно с испытанием изоляции шин распределительного устройства (без расшиновки). При этом, испытательное напряжение допускается принимать по нормам для оборудования, имеющего наименьшее испытательное напряжение.

При проведении нескольких видов испытаний изоляции электрооборудования испытанию повышенным напряжением должны предшествовать другие виды ее испытаний.

276. Испытание изоляции напряжением промышленной частоты, равным 1 кВ, заменяется измерением одноминутного значения сопротивления изоляции мегаомметром

на 2,5 кВ. Если при этом значение сопротивления меньше приведенного в нормах, испытание напряжением 1 кВ промышленной частоты является обязательным.

Испытание электроустановок напряжением промышленной частоты изоляции вторичных цепей с рабочим напряжением более 60 В обязательно для энергопроизводящих, энергоснабжающих, энергопередающих организаций и потребителей.

## Параграф 2. Синхронные генераторы, компенсаторы и коллекторные возбудители

277. Синхронные генераторы мощностью более 1 МВт напряжением выше 1 кВ, а также синхронные компенсаторы и коллекторные возбудители должны испытываться в полном объеме настоящего параграфа.

Генераторы мощностью до 1 МВт напряжением выше 1 кВ должны испытываться по подпунктам 1)-5), 7)-15) настоящего пункта.

Генераторы напряжением до 1 кВ независимо от их мощности должны испытываться по подпунктам 2), 4), 5), 8), 10)-14) настоящего пункта:

1) для генераторов с бумажно-масляной изоляцией необходимость сушки устанавливается в соответствии с инструкцией завода-изготовителя;

Для турбогенераторов типа ТГВ-300 допускается включение без сушки при коэффициенте нелинейности более 3, если остальные характеристики изоляции (R60/R15 и R60) удовлетворяют установленным нормам;

2) измерение сопротивления изоляции. Сопротивление изоляции должно быть не менее значений, приведенных в таблице 53 приложения к настоящим Правилам;

3) испытание изоляции обмоток статора повышенным выпрямленным напряжением с измерением тока утечки по фазам. Испытанию подвергается каждая фаза или ветвь в отдельности при других фазах или ветвях, соединенных с корпусом.

У генераторов с водяным охлаждением обмотки статора испытание производится в случае, если возможность этого предусмотрена в конструкции генератора.

Значения испытательного напряжения приведены в таблице 54 приложения к настоящим Правилам.

Для турбогенераторов типа ТГВ-300 испытание производится по ветвям.

Испытательное выпрямленное напряжение для генераторов типов ТГВ-200 и ТГВ-300 принимается в соответствии с инструкцией по эксплуатации этих генераторов.

Измерение токов утечки для построения кривых зависимости их от напряжения производится не менее чем при пяти значениях выпрямленного напряжения - от 0,2 $U_{max}$ до $U_{max}$ равными ступенями. На каждой ступени напряжение выдерживается в течение 1 минуты. При этом, фиксируются токи утечки через 15 и 60 секунд;

4) испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты. Испытание проводится по нормам, приведенным в таблице 55 приложения к настоящим Правилам.

Испытанию подвергается каждая фаза или ветвь в отдельности при других фазах или ветвях, соединенных с корпусом.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 минута.

При проведении испытаний изоляции повышенным напряжением промышленной частоты руководствоваться следующим:

испытание изоляции обмоток статора генератора производится до ввода ротора в статор. Если стыковка и сборка статора гидрогенератора осуществляются на монтажной площадке и, впоследствии, статор устанавливается в шахту в собранном виде, то изоляция его испытывается дважды: после сборки на монтажной площадке и после установки статора в шахту до ввода ротора в статор.

В процессе испытания осуществляется наблюдение за состоянием лобовых частей машины:

у турбогенераторов - при снятых торцовых щитах, у гидрогенераторов - при открытых вентиляционных люках;

испытание изоляции обмотки статора для машин с водяным охлаждением производится при циркуляции дистиллированной воды в системе охлаждения с удельным сопротивлением не менее 75 кОм/см и номинальном расходе;

после испытания обмотки статора повышенным напряжением в течение 1 минута у генераторов 10 кВ и выше испытательное напряжение снизить до номинального напряжения генератора и выдержать в течение 5 минут для наблюдения за коронированием лобовых частей обмоток статора. При этом, не должно быть сосредоточенного в отдельных точках свечения желтого или красного цвета, появления дыма, тления бандажей и тому подобных явлений, голубое и белое свечение допускается;

испытание изоляции обмотки ротора турбогенераторов производится при номинальной частоте вращения ротора;

5) измерение сопротивления постоянному току. Нормы допустимых отклонений сопротивления постоянному току приведены в таблице 56 приложения к настоящим Правилам;

6) измерение сопротивления обмотки ротора переменному току промышленной частоты. Производится для генераторов мощностью более 1 МВт. Измерение производится при напряжении не более 220 В на трех-четырех ступенях частот вращения, включая номинальную, а также в неподвижном состоянии. Для явнополюсных машин при неизолированных местах соединений в неподвижном состоянии измерение производится для каждого полюса в отдельности или попарно. Отклонения измеренных значений от данных завода-изготовителя или от среднего сопротивления полюсов должны находиться в пределах точности измерения;

7) измерение воздушного зазора между статором и ротором генератора. Если инструкциями на генераторы отдельных типов не предусмотрены более жесткие нормы, то зазоры в диаметрально противоположных точках могут отличаться друг от друга не более чем:

на 5 % среднего значения (равного их полусумме) - для турбогенераторов 150 МВт и выше с непосредственным охлаждением проводников;

на 10 % - для остальных турбогенераторов;

на 20 % - для гидрогенераторов.

Измерение зазора у явнополюсных машин производится под всеми полюсами;

8) проверка и испытание системы возбуждения. Проверка и испытание электромашинных возбудителей производится в соответствии с таблицей 56 приложения к настоящим Правилам. Проверка и испытание полупроводниковых высокочастотных возбудителей производятся в соответствии с инструкцией завода-изготовителя;

9) определение характеристик генератора:

трехфазного КЗ. Характеристика снимается при изменении тока до номинального. Отклонения от заводской характеристики должны находиться в пределах точности измерения.

Снижение измеренной характеристики, которое превышает точность измерения, свидетельствует о наличии витковых замыканий в обмотке ротора.

У генераторов, работающих в блоке с трансформатором, снимается характеристика КЗ всего блока (с установкой закоротки за трансформатором). Характеристику собственно генератора, работающего в блоке с трансформатором, допускается не определять, если имеются протоколы соответствующих испытаний на стенде заводов-изготовителей.

У синхронных компенсаторов без разгонного двигателя снятие характеристик трехфазного КЗ производится на выбеге в том случае, если не имеется характеристики, снятой на заводе, холостого хода. Подъем напряжения номинальной частоты на холостом

ходу производить до 130 % номинального напряжения турбогенераторов и синхронных компенсаторов, до 150 % номинального напряжения гидрогенераторов. Допускается снимать характеристику холостого хода турбо- и гидрогенератора до номинального тока возбуждения при пониженной частоте вращения генератора при условии, что напряжение на обмотке статора не будет превосходить 1,3 номинального. У синхронных компенсаторов разрешается снимать характеристику на выбеге. У генераторов, работающих в блоке с трансформаторами, снимается характеристика холостого хода блока, при этом генератор возбуждается до 1,15 номинального напряжения (ограничивается трансформатором). Характеристику холостого хода собственно генератора, отсоединенного от трансформатора блока, допускается не снимать, если имеются протоколы соответствующих испытаний на заводе-изготовителе. Отклонение характеристики холостого хода от заводской не нормируется, но должно быть в пределах точности измерения;

10) испытание междувитковой изоляции. Испытание производится подъемом напряжения номинальной частоты генератора на холостом ходу до значения, соответствующего 150 % номинального напряжения статора гидрогенераторов, 130 % - турбогенераторов и синхронных компенсаторов. Для генераторов, работающих в блоке с трансформатором в соответствии с подпунктом 9) настоящего пункта проверяется симметрия напряжений по фазам. Продолжительность испытания при наибольшем напряжении - 5 минут. Испытание междувитковой изоляции производится одновременно со снятием характеристики холостого хода;

11) измерение вибрации. Вибрация (удвоенная амплитуда колебаний) подшипников синхронных генераторов и компенсаторов, измеренная в трех направлениях (у гидрогенераторов вертикального исполнения производится измерение вибрации крестовины со встроенными в нее направляющими подшипниками), и их возбудителей не должна превышать значений, приведенных в таблице 57 приложения к настоящим Правилам;

12) проверка и испытание системы охлаждения. Производятся в соответствии с инструкцией завода-изготовителя;

13) проверка и испытание системы маслоснабжения. Производятся в соответствии с инструкцией завода-изготовителя;

14) проверка изоляции подшипника при работе генератора (компенсатора). Производится путем измерения напряжения между концами вала, а также между фундаментной плитой и корпусом изолированного подшипника. При этом, напряжение между фундаментной плитой и подшипником должно быть не более напряжения между концами вала. Различие между напряжениями более чем на 10 % указывает на неисправность изоляции;

15) испытание генератора (компенсатора) под нагрузкой. Нагрузка определяется практическими возможностями в период приемо-сдаточных испытаний. Нагрев статора при данной нагрузке должен соответствовать паспортным данным;

16) измерение остаточного напряжения генератора при отключении АГП в цепи ротора. Значение остаточного напряжения не нормируется;

17) определение индуктивных сопротивлений и постоянных времени генератора. Значения индуктивных сопротивлений и постоянных времени не нормируются.

## Параграф 3. Машины постоянного тока

278. Машины постоянного тока мощностью до 200 кВт, напряжением до 440 В испытываются по подпунктам 1), 2), 4), 8), все остальные - дополнительно по подпунктам 3), 4), 5) настоящего пункта.

Возбудители синхронных генераторов и компенсаторов испытываются по подпунктам 1)-6), 8) настоящего пункта.

Измерение по подпункту 7) настоящим пунктам производится для машин, поступивших на место монтажа в разобранном виде.

1) Определение возможности включения без сушки машин постоянного тока.

2) Измерение сопротивления изоляции. Измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса и бандажей машины, а также между обмотками производится мегаомметром на напряжение 1 кВ.

Сопротивление изоляции должно быть не ниже:

между обмотками и каждой обмотки относительно корпуса при температуре 10-30° С - 0,5 МОм;

бандажей якоря (кроме возбудителей) не нормируется;

бандажей якоря возбудителя - 1 МОм.

3) Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты. Испытание производится по нормам, приведенным в таблице 58 приложения к настоящим Правилам. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 минута.

4) Измерение сопротивления постоянному току:

обмоток возбуждения. Значение сопротивления должно отличаться от данных завода-изготовителя не более чем на 2 %;

обмотки якоря (между коллекторными пластинами). Значения сопротивлений должны отличаться одно от другого не более чем на 10% за исключением случаев, когда закономерные колебания этих величин обусловлены схемой соединения обмоток;

реостатов и пускорегулировочных резисторов. Измеряется общее сопротивление и проверяется целость отпаек. Значения сопротивлений должны отличаться от данных завода-изготовителя не более чем на 10 %.

5) Снятие характеристики холостого хода и испытание витковой изоляции. Подъем напряжения производится для генераторов постоянного тока до 130% номинального напряжения; для возбудителей - до наибольшего (потолочного) или установленного заводом-изготовителем напряжения. При испытании витковой изоляции машин с числом полюсов более четырех среднее напряжение между соседними коллекторными пластинами должно быть не выше 24 В. Продолжительность испытания витковой изоляции 5 минут;

Отклонение полученных значений характеристики от значений заводской характеристики должно находиться в пределах точности измерения;

6) снятие нагрузочной характеристики. Производится для возбудителей при нагрузке до значения не ниже номинального тока возбуждения генератора. Отклонение от заводской характеристики не нормируется;

7) измерение воздушных зазоров между полюсами. Размеры зазора в диаметрально противоположных точках должны отличаться один от другого не более чем на 10 % среднего размера зазора. Для возбудителей турбогенераторов 300 МВт и более это отличие не должно превышать 5 %;

8) испытание на холостом ходу и под нагрузкой. Определяется предел регулирования частоты вращения или напряжения, который должен соответствовать заводским и проектным данным.

При работе под нагрузкой проверяется степень искрения, которая оценивается по шкале, приведенной в таблице 59 приложения к настоящим Правилам.

Если степень искрения специально не оговорена заводом-изготовителем, то при номинальном режиме она должна быть не выше 1,5.

## Параграф 4. Электродвигатели переменного тока

279. Электродвигатели переменного тока до 1 кВ испытываются в соответствии подпунктами 2), 4), 10), 11) настоящего пункта.

Электродвигатели переменного тока выше 1 кВ испытываются в соответствии подпунктами 1)-4), 7), 9)-11) настоящего пункта.

По подпунктам 5), 6), 8) настоящего пункта испытываются электродвигатели, поступающие на монтаж в разобранном виде;

1) определение возможности включения без сушки электродвигателей напряжением выше 1 кВ;

2) измерение сопротивления изоляции. Допустимые значения сопротивления изоляции электродвигателей напряжением выше 1 кВ должны соответствовать требованиям инструкции, указанной в настоящим пунктам. В остальных случаях сопротивление изоляции должно соответствовать нормам, приведенным в таблице 60 приложения к настоящим Правилам;

3) испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Производится на полностью собранном электродвигателе.

Испытание обмотки статора производится для каждой фазы в отдельности относительно корпуса при двух других, соединенных с корпусом. У двигателей, не имеющих выводов каждой фазы в отдельности, допускается производить испытание всей обмотки относительно корпуса.

Значения испытательных напряжений приведены в таблице 60 приложения к настоящим Правилам. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 минута;

4) измерение сопротивления постоянному току:

обмоток статора и ротора. Производится при мощности электродвигателей 300 кВт и более.

Измеренные сопротивления обмоток различных фаз должны отличаться друг от друга или от заводских данных не более чем на 2%;

реостатов и пускорегулировочных резисторов. Измеряется общее сопротивление и проверяется целость отпаек. Значение сопротивления должно отличаться от паспортных данных не более чем на 10 %;

5) измерение зазоров между сталью ротора и статора. Размеры воздушных зазоров в диаметрально противоположных точках или точках, сдвинутых относительно оси ротора на 900, должны отличаться не более чем на 10 % среднего размера;

6) измерение зазоров в подшипниках скольжения. Размеры зазоров приведены в таблице 62 приложения к настоящим Правилам;

7) измерение вибрации подшипников электродвигателя. Значения вибрации, измеренные на каждом подшипнике, должны быть не более значений, приведенных ниже:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Синхронная частота вращения электродвигателя, Гц | 50 | 25 | 16,7 | 12,5 и ниже |
| Допустимая вибрация, мкм | 50 | 100 | 130 | 160 |

8) измерение разбега ротора в осевом направлении. Производится для электродвигателей, имеющих подшипники скольжения. Осевой разбег не должен превышать 2-4 мм;

9) испытание воздухоохладителя гидравлическим давлением:

Производится избыточным гидравлическим давлением 0,2-0,25 МПа (2-2,5 кгс/см$^2$). Продолжительность испытания 10 минут. При этом, не должно наблюдаться снижение давления или утечки жидкости, применяемой при испытании;

10) проверка работы электродвигателя на холостом ходу или с ненагруженным механизмом. Продолжительность проверки не менее 1 часа;

11) проверка работы электродвигателя под нагрузкой. Производится при нагрузке, обеспечиваемой технологическим оборудованием к моменту сдачи в эксплуатацию. При этом, для электродвигателя с регулируемой частотой вращения определяются пределы регулирования.

## Параграф 5. Силовые трансформаторы, автотрансформаторы, масляные реакторы и заземляющие дугогасящие реакторы (дугогасящие катушки)

280. Маслонаполненные трансформаторы мощностью до 1,6 МВ*А испытываются по подпунктам 1), 2), 4), 8), 9), 11)-14) настоящего пункта.

Маслонаполненные трансформаторы мощностью более 1,6 МВ*А, а также ответственные трансформаторы собственных нужд электростанции независимо от мощности испытываются в полном объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

Сухие и заполненные совтолом трансформаторы всех мощностей испытываются по подпунктам 1)- 8), 12), 14) настоящего пункта:

1) определение условий включения трансформаторов. Производится в соответствии с инструкцией «Трансформаторы силовые. Транспортирование, разгрузка, хранение, монтаж и ввод в эксплуатацию»;

2) измерение характеристик изоляции. Допустимые значения сопротивления изоляции $R_{60}$, коэффициент абсорбции $R_{60}/R_{15}$, тангенс угла диэлектрических потерь и отношения $C_2/C_{50}$ и $\triangle_{C/C}$ регламентируются в соответствует с пунктом 279 настоящих Правил;

3) испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

изоляции обмоток вместе с вводами. Испытательные напряжения приведены в таблице 63 приложения к настоящим Правилам. Продолжительность приложения нормированного △ испытательного напряжения 1 минута.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции обмоток маслонаполненных трансформаторов при вводе в эксплуатацию не обязательно.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции обмоток сухих трансформаторов обязательно и производится по нормам таблицы 63 приложения к настоящим Правилам для аппаратов с облегченной изоляцией.

Импортные трансформаторы разрешается испытывать напряжениями, указанными в таблице 63 приложения к настоящим Правилам, лишь в тех случаях, если они не превышают напряжения, которым данный трансформатор был испытан на заводе.

Испытательное напряжение заземляющих реакторов на напряжение до 35 кВ аналогично приведенным для трансформаторов соответствующего класса.

Изоляция линейного вывода обмотки трансформаторов классов напряжения 110 кВ и выше, имеющих неполную изоляцию нейтрали (испытательное напряжение 85 и 100 кВ), испытывается только индуктированным напряжением, а изоляция нейтрали - приложенным напряжением;

изоляции доступных стяжных шпилек, прессующих колец и ярмовых балок. Испытание производится в случае осмотра активной части. Испытательное напряжение 1-2 кВ. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 минута;

4) измерение сопротивления обмоток постоянному току. Производится на всех ответвлениях, если для этого не потребуется выемки сердечника. Сопротивление должно отличаться не более чем на 2% от сопротивления, полученного на таком же ответвлении других фаз, или от данных завода-изготовителя;

5) проверка коэффициента трансформации. Производится на всех ступенях переключения. Коэффициент трансформации должен отличаться не более чем на 2% от значений, полученных на том же ответвлении на других фазах, или от данных завода-

изготовителя. Для трансформаторов с РПН разница между коэффициентами трансформации не должна превышать значения ступени регулирования;

6) проверка группы соединения трехфазных трансформаторов и полярности выводов однофазных трансформаторов. Производится при монтаже, если отсутствуют паспортные данные или есть сомнения в достоверности этих данных. Группа соединений должна соответствовать паспортным данным и обозначениям на щитке;

7) измерение тока и потерь холостого хода. Производится одно из измерений, указанных ниже:

при номинальном напряжении. Измеряется ток холостого хода. Значение тока не нормируется;

при малом напряжении. Измерение производится с приведением потерь к номинальному напряжению или без приведения (метод сравнения);

8) проверка работы переключающего устройства и снятие круговой диаграммы. Снятие круговой диаграммы производится на всех положениях переключателя. Круговая диаграмма не должна отличаться от снятой на заводе-изготовителе. Проверку срабатывания переключающего устройства и давления контактов производится согласно заводским инструкциям;

9) испытание бака с радиаторами гидравлическим давлением. Подвергаются все трансформаторы, кроме герметизированных и не имеющих расширителя.

Испытание производится:

у трансформаторов напряжением до 35 кВ включительно - гидравлическим давлением столба масла, высота которого над уровнем заполненного расширителя составляет 0,6 м, за исключением трансформаторов с волнистыми баками и пластинчатыми радиаторами, для которых высота столба масла принимается равной 0,3 м;

у трансформаторов с пленочной защитой масла - созданием внутри гибкой оболочки избыточного давления воздуха 10 кПа;

у остальных трансформаторов - созданием избыточного давления азота или сухого воздуха 10 кПа в надмасляном пространстве расширителя.

Продолжительность испытания во всех случаях - не менее 3 ч.

Температура масла в баке при испытаниях трансформаторов напряжением до 150 кВ включительно - не ниже 10°С, остальных - не ниже 20°С.

Трансформатор считается маслоплотным, если осмотром после испытания течь масла не обнаружена;

10) проверка системы охлаждения. Режим пуска и работы охлаждающих устройств должен соответствовать инструкции завода-изготовителя;

11) проверка состояния силикагеля. Индикаторный силикагель должен иметь равномерную голубую окраску зерен. Изменение цвета свидетельствует об увлажнении силикагеля;

12) фазировка трансформаторов. Должно иметь место совпадение по фазам;

13) испытание трансформаторного масла. Свежее масло перед заливкой вновь вводимых трансформаторов, прибывающих без масла, должно быть испытано по показателям пунктами 1), 2), 4)-12) таблицы 93 приложения к настоящим Правилам.

Из трансформаторов, транспортируемых без масла, до начала монтажа производится отбор пробы остатков масла (со дна).

Электрическая прочность остатков масла в трансформаторах напряжением 110-220 кВ должна быть не ниже 35 кВ и в трансформаторах напряжением 330-500 кВ - не ниже 45 кВ.

Масло из трансформаторов напряжением 110 кВ и выше, транспортируемых с маслом, до начала монтажа испытывается по показателям пунктами 1)-5) и 10) таблицы 93 приложения к настоящим Правилам.

Испытание масла из трансформаторов с массой масла более 1 т, прибывающих с маслом, при отсутствии заводского протокола испытания масла перед включением в

работу производится по показателям пунктами 1)-9) таблицы 93 приложения к настоящим Правилам, а масла из трансформаторов напряжением 110 кВ и выше, кроме того, по пункту 10) таблицы 93 приложения к настоящим Правилам.

Испытание масла, залитого в трансформатор, перед включением его под напряжение после монтажа производится по показателям пунктами 1)-5) таблицы 93 приложения к настоящим Правилам.

При испытании масла из трансформаторов напряжением 110 кВ и выше по показателям пунктами 1) - 5) таблицы 93 приложения к настоящим Правилам производится и измерение тангенса угла диэлектрических потерь масла. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь масла производится также у трансформаторов, имеющих повышенное значение тангенса угла диэлектрических потерь изоляции.

Масло из трансформаторов I и II габаритов, прибывающих на монтаж заполненными маслом, при наличии удовлетворяющих нормам показателей заводского испытания, проведенного не более чем за 6 мес. до включения трансформатора в работу разрешается испытывать только по показателям пунктами 1) и 2) таблицы 93 приложения к настоящим Правилам;

14) испытание включением толчком на номинальное напряжение. В процессе 3-5-кратного включения трансформатора на номинальное напряжение не должны иметь место явления, указывающие на неудовлетворительное состояние трансформатора.

Трансформаторы, смонтированные по схеме блока с генератором, включаются в сеть подъемом напряжения с нуля;

15) испытание вводов. Производится в соответствии с пунктом 298 настоящих Правил.

16) Испытание встроенных трансформаторов тока производится в соответствии с пунктом 281 настоящих Правил.

## Параграф 6. Измерительные трансформаторы

281. Измерительные трансформаторы испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом:

1) измерение сопротивления изоляции:

Измерение сопротивления основной изоляции трансформатора тока, изоляции измерительного конденсатора и вывода последней обкладки бумажно-масляной изоляции конденсаторного типа производится мегаомметром на 2500 В.

Измерение сопротивления вторичных обмоток и промежуточных обмоток каскадных трансформаторов тока относительно цоколя производится мегаомметром на 1000 В. Измеренные значения сопротивления изоляции должны быть не менее приведенных в таблице 64 приложения к настоящим Правилам.

У каскадных трансформаторов тока сопротивление изоляции измеряется для трансформатора тока в целом. При неудовлетворительных результатах таких измерений сопротивление изоляции дополнительно измеряется по ступеням;

2) измерение тангенса угла диэлектрических потерь изоляции. Производится для трансформаторов тока напряжением 110 кВ и выше.

Тангенс угла диэлектрических потерь изоляции трансформаторов тока при температуре +20°С не должен превышать значений, приведенных в таблице 65 приложения к настоящим Правилам;

3) испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

изоляция первичных обмоток. Испытание является обязательным для трансформаторов тока и трансформаторов напряжения до 35 кВ (кроме трансформаторов напряжения с ослабленной изоляцией одного из выводов).

Значения испытательных напряжений для измерительных трансформаторов указаны в таблице 66 приложения к настоящим Правилам.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения: для трансформаторов напряжения 1 минуты для трансформаторов тока с керамической, жидкой или бумажно-масляной изоляцией 1 минуты для трансформаторов тока с изоляцией из твердых органических материалов или кабельных масс 5 минут;

изоляции вторичных обмоток. Значение испытательного напряжения для изоляции вторичных обмоток вместе с присоединенными к ним цепями составляет 1 кВ. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 минута;

4) измерение тока холостого хода. Производится для каскадных трансформаторов напряжением 110 кВ и выше на вторичной обмотке при номинальном напряжении. Значение тока холостого хода не нормируется;

5) снятие характеристик намагничивания магнитопровода трансформаторов тока. Производится при изменении тока от нуля до номинального, если для этого не требуется напряжение выше 380 В. Для трансформаторов тока, предназначенных для питания устройств релейной защиты, автоматических аварийных осциллографов, фиксирующих приборов, когда необходимо проведение расчетов погрешностей, токов небаланса и допустимой нагрузки применительно к условиям прохождения токов выше номинального, снятие характеристик производится при изменении тока от нуля до такого значения, при котором начинается насыщение магнитопровода.

При наличии у обмоток ответвлений характеристики снимаются на рабочем ответвлении.

Снятые характеристики сопоставляются с типовой характеристикой намагничивания или с характеристиками намагничивания других однотипных исправных трансформаторов тока;

6) проверка полярности выводов (у однофазных) или группы соединения (у трехфазных) измерительных трансформаторов. Производится при монтаже, если отсутствуют паспортные данные или есть сомнения в достоверности этих данных. Полярность и группа соединения должны соответствовать паспортным данным;

7) измерение коэффициента трансформации на всех ответвлениях. Производится для встроенных трансформаторов тока и трансформаторов, имеющих переключающее устройство (на всех положениях переключателя). Отклонение найденного значения коэффициента от паспортного должно быть в пределах точности измерения;

8) измерение сопротивления обмоток постоянному току. Производится у первичных обмоток трансформаторов тока напряжением 10 кВ и выше, имеющих переключающее устройство, и у связующих обмоток каскадных трансформаторов напряжения. Отклонение измеренного значения сопротивления обмотки от паспортного или от сопротивления обмоток других фаз не должно превышать 2%;

9) испытание трансформаторного масла. Производится у измерительных трансформаторов 35 кВ и выше согласно пункту 300 настоящих Правил.

Для измерительных трансформаторов, имеющих повышенное значение тангенса угла диэлектрических потерь изоляции, производится испытание масла по подпункту 10 таблицы 93 приложения к настоящим Правилам.

У маслонаполненных каскадных измерительных трансформаторов оценка состояния масла в отдельных ступенях производится по нормам, соответствующим номинальному рабочему напряжению ступени (каскада);

10) испытание емкостных трансформаторов напряжения типа НДЕ. Производится согласно инструкции завода-изготовителя;

11) испытание вентильных разрядников трансформаторов напряжения типа НДЕ производится в соответствии с пунктом 295 настоящих Правил.

## Параграф 7. Масляные выключатели

282. Масляные выключатели всех классов напряжения испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

1) измерение сопротивления изоляции:

подвижных и направляющих частей, выполненных из органических материалов. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ.

Сопротивление изоляции не должно быть менее значений, приведенных ниже:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Номинальное напряжение выключателя, кВ | 3-10 | 15-150 | 220-500 |
| Сопротивление изоляции, МОм | 1000 | 3000 | 5000 |

вторичных цепей, электромагнитов включения и отключения Производится в соответствии с пунктом 301 настоящих Правил.

2) испытание вводов. Производится в соответствии с пунктом 298 настоящих Правил;

3) оценка состояния внутрибаковой изоляции и изоляции дугогасительных устройств. Производится для выключателей 35 кВ с установленными вводами путем измерения тангенса угла диэлектрических потерь изоляции. Внутрибаковая изоляция подлежит сушке, если измеренное значение тангенса в 2 раза превышает тангенс угла диэлектрических потерь вводов, измеренный при полном исключении влияния внутрибаковой изоляции дугогасительных устройств, до установки вводов в выключатель;

4) испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты:

изоляции выключателей относительно корпуса или опорной изоляции производится для выключателей напряжением до 35 кВ. Испытательное напряжение для выключателей принимается в соответствии с данными таблицы 67 приложения к настоящим Правилам;

продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 минута;

изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов включения и отключения. Значение испытательного напряжения 1 кВ. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 минута;

5) измерение сопротивления постоянному току:

контактов масляных выключателей. Измеряется сопротивление токоведущей системы полюса выключателя и отдельных его элементов;

значение сопротивления контактов постоянному току должно соответствовать данным завода-изготовителя;

шунтирующих резисторов дугогасительных устройств. Измеренное значение сопротивления должно отличаться от заводских данных не более чем на 3%;

обмоток электромагнитов включения и отключения. Значение сопротивлений обмоток должно соответствовать данным заводов-изготовителей;

6) измерение скоростных и временных характеристик выключателей. Измерение временных характеристик производится для выключателей всех классов напряжения. Измерение скорости включения и отключения производится для выключателей 35 кВ и выше, а также независимо от класса напряжения в тех случаях, когда это требуется инструкцией завода-изготовителя. Измеренные характеристики должны соответствовать данным заводов-изготовителей;

7) измерение хода подвижных частей (траверс) выключателя, вжима контактов при включении, одновременности замыкания и размыкания контактов. Полученные значения должны соответствовать данным заводов-изготовителей;

8) проверка регулировочных и установочных характеристик механизмов, приводов и выключателей производится в объеме и по нормам инструкций заводов-изготовителей и паспортов для каждого типа привода и выключателя;

9) проверка действия механизма свободного расцепления. Производится на участке хода подвижных контактов при выключении - от момента замыкания первичной цепи выключателя (с учетом промежутка между его контактами, пробиваемого при сближении последних) до полного включения положения. При этом, должны учитываться специфические требования, обусловленные конструкцией привода и определяющие необходимость проверки действия механизма свободного расцепления при поднятом до упора сердечнике электромагнита включения или при незаведенных пружинах (грузе);

10) проверка напряжения (давления) срабатывания приводов выключателей. Производится (без тока в первичной цепи выключателя) с целью определения фактических значений напряжения на зажимах электромагнитов приводов или давления сжатого воздуха пневмоприводов, при которых выключатели сохраняют работоспособность, выполняют операции включения и отключения от начала до конца. При этом, временные и скоростные характеристики могут не соответствовать нормируемым значениям.

Напряжение срабатывания должно быть на 15-20 % меньше нижнего предела рабочего напряжения на зажимах электромагнитов приводов, а давление срабатывания пневмоприводов - на 20-30 % меньше нижнего предела рабочего давления. Работоспособность выключателя с пружинным приводом необходимо проверить при уменьшенном натяге включающих пружин согласно указаниям инструкций заводов-изготовителей.

Масляные выключатели должны обеспечивать надежную работу при следующих значениях напряжения на зажимах электромагнитов приводов: при отключении 65-120 % номинального при включении выключателей 80-110 % номинального (с номинальным током включения до 50 к1) и 85-110 % номинального (с номинальным током включения более 50 к1). Для выключателей с пневмоприводами диапазон изменения рабочего давления должен быть не менее 90-110 % номинального. При указанных значениях нижних пределов рабочего напряжения (давления) приводов выключатели (без тока в первичной цепи) должны обеспечивать нормируемые заводами-изготовителями для соответствующих условий временные и скоростные характеристики;

11) испытание выключателя многократными включениями и отключениями. Многократные опробования масляных выключателей производятся при напряжении на зажимах электромагнитов включения 110, 100, 80 (85)% номинального и минимальном напряжении срабатывания; отключения 120, 100, 65% номинального и минимальном напряжении срабатывания.

Количество операций при пониженном и повышенном напряжениях должно быть 3-5, а при номинальном напряжении - 10.

Кроме того, выключатели подвергается 3-5-кратному опробованию в цикле В - О (без выдержки времени), а выключатели, предназначенные для работы в режиме АПВ, также 2-3-кратному опробованию в циклах О - В и О - В - О. Работа выключателя в сложных циклах должна проверяться при номинальном и пониженном до 80 % (85 %) номинального напряжения на зажимах электромагнитов приводов;

12) испытание трансформаторного масла выключателей. У баковых выключателей всех классов напряжений и малообъемных выключателей 110 кВ и выше испытание масла производится до и после заливки масла в выключатели.

У малообъемных выключателей до 35 кВ масло испытывается до заливки в дугогасительные камеры. Испытание масла производится в соответствии с пунктом 300 настоящих Правил;

13) испытание встроенных трансформаторов тока. Производится в соответствии с пунктом 281 настоящих Правил.

### Параграф 8. Воздушные выключатели

283. Воздушные выключатели всех классов напряжения испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом:

1) измерение сопротивления изоляции;

опорных изоляторов, изоляторов гасительных камер и отделителей и изолирующих тяг выключателей всех классов напряжений. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ или от источника напряжения выпрямленного тока.

В случае необходимости измерение сопротивления изоляции опорных изоляторов, изоляторов гасительных камер и отделителей производится с установкой охранных колец на внешней поверхности.

Сопротивление изоляции должно быть не ниже значений, приведенных в таблице 68 приложения к настоящим Правилам.

вторичных цепей, обмоток электромагнитов включения и отключения. Производится в соответствии с пунктом 302 настоящих Правил;

2) испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

изоляции выключателей. Необходимо для выключателей до 35 кВ. Опорная цельнофарфоровая изоляция выключателей испытывается повышенным напряжением промышленной частоты в соответствии с таблицей 67 приложения к настоящим Правилам. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 минута.

Изоляция выключателей, состоящая из многоэлементных изоляторов, испытывается в соответствии с пунктом 298 настоящих Правил;

изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления производится в соответствии с пунктом 299 настоящих Правил;

3) измерение сопротивления токоведущего контура (главной цепи) постоянному току:

сопротивление токоведущего контура должно измеряться по частям, для каждого дугогасительного устройства (модуля), элемента (разрыва) гасительной камеры и отделителя, внутриполюсной ошиновки в отдельности. Наибольшие допустимые значения сопротивления контактов воздушных выключателей приведены в таблице 69 приложения к настоящим Правилам.

Обмоток электромагнитов включения и отключения выключателей. Устанавливается для каждого типа выключателей согласно таблице 70 приложения к настоящим Правилам или данным завода-изготовителя.

Делителей напряжения и шунтирующих резисторов выключателя. Для них нормы устанавливаются по данным завода-изготовителя:

4) проверка характеристик выключателя. Характеристики выключателя, снятые при номинальном, минимальном и максимальном рабочих давлениях при простых операциях и сложных циклах, должны соответствовать данным завода-изготовителя;

5) проверка срабатывания привода выключателя при пониженном напряжении. Напряжение срабатывания электромагнитов управления при максимальном давлении воздуха в баках 2,06 МПа (21,0 кгс/см$^2$) должно быть не более 65 % номинального;

6) испытание выключателя многократным включением и отключением. Количество операций и сложных циклов, выполняемых каждым выключателем, устанавливается согласно таблице 71 приложения к настоящим Правилам;

7) испытание конденсаторов делителей напряжения воздушных выключателей. Производится в соответствии с пунктом 295 настоящих Правил;

8) проверка хода якоря электромагнита управления. Ход якоря электромагнита с форсировкой должен быть равен 8 (-1) мм.

## Параграф 9. Выключатели нагрузки

284. Полностью собранный и отрегулированный выключатель нагрузки испытывается в объеме, предусмотренном настоящим параграфом:

1) измерение сопротивления изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления производится в соответствии с пунктом 302 настоящих Правил;

2) испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

изоляции выключателя нагрузки производится в соответствии с таблицей 67 приложения к настоящим Правилам.

Изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления. Производится в соответствии с пунктом 299 настоящих Правил;

3) измерение сопротивления постоянному току:

контактов выключателя производится измерение сопротивления токоведущей системы полюса и каждой пары рабочих контактов. Значение сопротивления должно соответствовать данным завода-изготовителя.

Обмоток электромагнитов управления. Значение сопротивления должно соответствовать данным завода-изготовителя;

4) проверка действия механизма свободного расцепления. Механизм свободного расцепления проверяется в работе в соответствии с подпунктом 9) пункта 282 настоящих Правил;

5) проверка срабатывания привода при пониженном напряжении производится в соответствии с подпунктом 10) пункта 282 настоящих Правил;

6) испытание выключателя нагрузки многократным опробованием производится в соответствии с подпунктом 11) пункта 282 настоящих Правил;

7) испытание предохранителей производится в соответствии с пунктом 297 настоящих Правил.

## Параграф 10. Элегазовые выключатели

285. Полностью собранный и отрегулированный элегазовый выключатель испытывается в объеме, предусмотренном настоящим параграфом:

1) измерение сопротивления изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления производится в соответствии с подпунктом 1) пункта 301 настоящих Правил;

2) Испытание изоляции: Производится в соответствии с подпунктом 2) пункта 301 настоящих Правил:

повышенным напряжением промышленной частоты 50 Гц. Испытание электрической прочности изоляции производится на полностью собранном аппарате напряжением 35 кВ и ниже.

Значение испытательного напряжения принимается согласно таблице 67 приложения к настоящим Правилам.

Вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления. Производится в соответствии с подпунктом 2) пункта 301 настоящих Правил;

3) измерение сопротивления постоянному току:

главной цепи производится как в целом всего токоведущего контура полюса, так и отдельно каждого разрыва дугогасительного устройства (если это позволяет конструктивное исполнение аппарата);

обмоток электромагнитов управления и добавочных резисторов в их цепи. Значение сопротивления должно соответствовать заводским нормам;

4) Проверка минимального напряжения срабатывания выключателей. Выключатели должны срабатывать при напряжении не более 0,7 Ином при питании привода от источника постоянного тока; 0,65 Ином при питании привода от сети переменного тока при номинальном давлении элегаза в полостях выключателя и наибольшем рабочем

давлении в резервуарах привода. Напряжение на электромагниты должно подаваться толчком;

5) Испытание конденсаторов делителей напряжения. Испытания должны выполняться согласно указаниям пункта 295 настоящих Правил. Значение измеренной емкости должно соответствовать норме завода-изготовителя;

6) Проверка характеристик выключателя. При проверке работы элегазовых выключателей должны определяться характеристики, предписанные заводскими инструкциями. Результаты проверок и измерений должны соответствовать паспортным данным. Виды операций и сложных циклов, значения давлений в резервуаре привода и напряжений оперативного тока, при которых должна производиться проверка характеристик выключателей, приведены в таблице 71 приложения к настоящим Правилам. Значения собственных времен отключения и включения должны обеспечиваться при номинальном давлении элегаза в дугогасительных камерах выключателя, начальном избыточном давлении сжатого воздуха в резервуарах приводов, равном номинальному, и номинальном напряжении на выводах цепей электромагнитов управления;

7) Испытание выключателей многократными опробованиями производится в соответствии с подпунктом 11) пункта 283 настоящих Правил и таблицы 71 приложения к настоящим Правилам;

8) Контроль наличия утечки газа. Проверка герметичности производится с помощью течеискателя. При контроле наличия утечки газа щупом течеискателя обследуются места уплотнений стыковых соединений и сварных швов выключателя.

Результат контроля наличия утечки считается удовлетворительным, если выходной прибор течеискателя не показывает утечки. Контроль производится при номинальном давлении элегаза;

9) Проверка содержания влаги в элегазе. Определяется на основании измерения точки росы. Температура точки росы элегаза должна быть не выше минус 50°С;

10) Испытания встроенных трансформаторов тока. Производятся в соответствии с пунктом 282 настоящих Правил.

## Параграф 11. Вакуумные выключатели

286. Полностью собранный и отрегулированный вакуумный выключатель испытывается в объеме, предусмотренном настоящим параграфом:

1) измерение сопротивления изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления. Производится в соответствии с подпунктом 1) пункта 302 настоящих Правил;

2) испытание изоляции повышенным напряжением частоты 50 Гц:

выключателя. Значение испытательного напряжения принимается согласно таблице 67 приложения к настоящим Правилам;

вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления. Производится в соответствии с подпунктом 2) пункта 302 настоящих Правил;

3) Проверка минимального напряжения срабатывания выключателя.

Электромагниты управления вакуумных выключателей должны срабатывать:

электромагниты включения при напряжении не менее 0,85 Ином;

электромагниты отключения при напряжении не менее 0,7 Ином.

4) Испытание выключателей многократными опробованиями. Число операций и сложных циклов, подлежащих выполнению выключателями при номинальном напряжении на выводах электромагнитов, должно составлять:

3-5 операций включения и отключения;

2-3 цикла В-О без выдержки времени между операциями.

## Параграф 12. Разъединители, отделители и короткозамыкатели

287. Полностью собранные и отрегулированные разъединители, отделители и короткозамыкатели всех классов напряжений испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом:

измерение сопротивления изоляции:

1) поводков и тяг, выполненных из органических материалов производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Сопротивление изоляции должно быть не ниже значений, приведенных в подпункте 1) пункта 299 настоящих Правил;

многоэлементных изоляторов, производится в соответствии с подпунктом 2) пункта 299 настоящих Правил;

вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления производится в соответствии с подпунктом 1) пункта 291 настоящих Правил;

2) испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

изоляции разъединителей, отделителей и короткозамыкателей производится в соответствии с таблицей 67 приложения к настоящим Правилам;

изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления производится в соответствии с подпунктом 2) пункта 302 настоящих Правил;

3) измерение сопротивления постоянному току:

контактной системы разъединителей и отделителей напряжением 110 кВ и выше. Измеренные значения должны соответствовать данным заводов-изготовителей или приведенным в таблице 72 приложения к настоящим Правилам.

обмоток электромагнитов управления. Значения сопротивления обмоток должны соответствовать данным заводов-изготовителей;

4) измерение вытягивающих усилий подвижных контактов из неподвижных. Производится у разъединителей и отделителей 35 кВ, а в электроустановка энергопроизводящих, энергоснабжающих, энергопередающих организаций и потребителей - независимо от класса напряжения. Измерение значения вытягивающих усилий при обезжиренном состоянии контактных поверхностей должны соответствовать данным завода-изготовителя, а при их отсутствии - данным, приведенным в таблице 73 приложения к настоящим Правилам.

Кроме указанных в таблице 73 приложения к настоящим Правилам норм для разъединителей наружной установки 35-220 кВ на номинальные токи 630-2000 А заводом-изготовителем установлена общая норма вытягивающего усилия на пару ламелей 78,5-98 Н (8-10 кгс);

5) проверка работы. Проверка аппаратов с ручным управлением производится путем выполнения 10-15 операций включения и отключения. Проверка аппаратов с дистанционным управлением производится путем выполнения 25 циклов включения и отключения при номинальном напряжении управления и 5-10 циклов включения и отключения при пониженном до 80 % номинального напряжения на зажимах электромагнитов (электродвигателей) включения и отключения;

6) определение временных характеристик производится у короткозамыкателей при включении и у отделителей при отключении. Измеренные значения должны соответствовать данным завода-изготовителя, а при их отсутствии - данным, приведенным в таблице 74 приложения к настоящим Правилам.

## Параграф 13. Комплектные распределительные устройства внутренней и наружной установки (КРУ и КРУН)

288. Комплектные распределительные устройства после монтажа на месте установки испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

Нормы испытаний элементов КРУ: масляных выключателей, измерительных трансформаторов, выключателей нагрузки, вентильных разрядников, предохранителей, разъединителей, силовых трансформаторов и трансформаторного масла - приведены в соответствующих параграфах настоящей главы:

1) измерение сопротивления изоляции:

первичных цепей производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ.

Сопротивление изоляции полностью собранных первичных цепей КРУ с установленными в них узлами и деталями, которые могут оказать влияние на результаты испытаний, должно быть не менее 1000 МОм.

При неудовлетворительных результатах испытаний измерение сопротивления производится поэлементно, при этом сопротивление изоляции каждого элемента должно быть не менее 1000 МОм;

вторичных цепей производится мегаомметром на напряжение 0,5-1 кВ. Сопротивление изоляции каждого присоединения вторичных цепей со всеми присоединенными аппаратами (реле, приборами, вторичными обмотками трансформаторов тока и напряжения) должно быть не менее 1 МОм;

2) испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

изоляции первичных цепей ячеек КРУ и КРУН. Испытательное напряжение полностью смонтированных ячеек КРУ и КРУН при вкаченных в рабочее положение тележках и закрытых дверях указано в таблице 75 приложения к настоящим Правилам.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения для ячеек с керамической изоляцией 1 минута;

для ячеек с изоляцией из твердых органических материалов 5 минут;

изоляции вторичных цепей. Производится напряжением 1 кВ. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 минута;

3) измерение сопротивления постоянному току. Сопротивление разъемных и болтовых соединений постоянному току должно быть не более значений, приведенных в таблице 76 приложения к настоящим Правилам;

4) механические испытания. Производятся в соответствии с инструкциями завода-изготовителя. К механическим испытаниям относятся:

вкатывание и выкатывание выдвижных элементов с проверкой взаимного вхождения разъединяющих контактов, а также работы шторок, блокировок, фиксаторов;

измерение контактного нажатия разъемных контактов первичной цепи;

проверка работы и состояния контактов заземляющего разъединителя.

## Параграф 14. Комплектные экранированные токопроводы с воздушным охлаждением и шинопроводы

289. Объем и нормы испытаний оборудования, присоединенного к токопроводу и шинопроводу (генератор, силовые и измерительные трансформаторы), приведены в соответствующих параграфах настоящей главы.

Полностью смонтированные токопроводы испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом:

1) испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Испытательное напряжение изоляции токопровода при отсоединенных обмотках генератора, силовых трансформаторов и трансформаторов напряжения устанавливается согласно таблице 77 приложения к настоящим Правилам.

Длительность приложения нормированного испытательного напряжения к токопроводу с чисто фарфоровой изоляцией 1 минута. Если изоляция токопровода

содержит элементы из твердых органических материалов, продолжительность приложения испытательного напряжения 5 минут;

2) проверка качества выполнения болтовых и сварных соединений. Выборочно проверяется затяжка болтовых соединений токопровода.

Если монтаж токопровода осуществлялся в отсутствие заказчика, производится выборочная разборка 1-2 болтовых соединений токопровода с целью проверки качества выполнения контактных соединений.

Сварные соединения подвергаются осмотру в соответствии с инструкцией по сварке алюминия или при наличии соответствующей установки - контролю методом рентгено- или гаммадефектоскопии или другим рекомендованным заводом-изготовителем способом;

3) проверка состояния изоляционных прокладок производится у токопроводов, кожухи которых изолированы от опорных металлоконструкций. Проверка целости изоляционных прокладок осуществляется путем сравнительных измерений падения напряжения на изоляционных прокладках секции фазы или измерения тока, проходящего в металлоконструкциях между станинами секций;

4) осмотр и проверка устройства искусственного охлаждения токопровода производится согласно инструкции завода-изготовителя.

## Параграф 15. Сборные и соединительные шины

290. Шины испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом на напряжение до 1 кВ - по подпунктам 1), 3)-5) настоящего пункта, на напряжение выше 1 кВ - по подпунктам 2)-6) настоящего пункта:

1) измерение сопротивления изоляции. Производится мегаомметром на напряжение 1 кВ. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм;

2) испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты:

опорных одноэлементных изоляторов. Керамические одноэлементные опорные изоляторы внутренней и наружной установок испытываются в соответствии с пунктом 299 настоящих Правил;

опорных многоэлементных и подвесных изоляторов. Штыревые и подвесные изоляторы испытываются согласно пункту 299 настоящих Правил;

3) проверка качества выполнения болтовых контактных соединений шин. Производится выборочная проверка качества затяжки контактов и вскрытие 2 - 3 % соединений. Измерение переходного сопротивления контактных соединений производится выборочно у сборных и соединительных шин на 1000 А и более на 2 - 3 % соединений. Падение напряжения или сопротивление на участке шины (0,7 - 0,8 м) в месте контактного соединения не должно превышать падения напряжения или сопротивления участка шин той же длины и того же сечения более чем в 1,2 раза;

4) проверка качества выполнения опрессованных контактных соединений шин. Опрессованные контактные соединения бракуются, если:

их геометрические размеры (длина и диаметр опрессованной части) не соответствуют требованиям инструкции по монтажу соединительных зажимов данного типа;

на поверхности соединителя или зажима имеются трещины, следы значительной коррозии и механических повреждений;

кривизна опрессованного соединителя превышает 3 % его длины;

стальной сердечник опрессованного соединителя расположен несимметрично.

Необходимо произвести выборочное измерение переходного сопротивления 3-5 % опрессованных контактных соединений.

Падение напряжения или сопротивление на участке соединения не должно превышать падения напряжения или сопротивления на участке провода той же длины более чем в 1,2 раза;

5) контроль сварных контактных соединений. Сварные контактные соединения бракуются, если непосредственно после выполнения сварки будут обнаружены:

пережог провода наружного навива или нарушение сварки при перегибе соединенных проводов;

усадочная раковина в месте сварки глубиной более 1/3 диаметра провода.

6) испытание проходных изоляторов производится в соответствии с пункта 298 настоящих Правил.

## Параграф 16. Сухие токоограничивающие реакторы

291. Сухие токоограничивающие реакторы должны быть испытаны в объеме, предусмотренном настоящим параграфом:

1) измерение сопротивления изоляции обмоток относительно болтов крепления производится мегаомметром на напряжение 1-2,5 кВ. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм;

2) испытание фарфоровой опорной изоляции реакторов повышенным напряжением промышленной частоты. Испытательное напряжение опорной изоляции полностью собранного реактора устанавливается согласно таблице 78 приложения к настоящим Правилам.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 минута.

Испытание опорной изоляции сухих реакторов повышенным напряжением промышленной частоты производится совместно с изоляторами ошиновки ячейки.

## Параграф 17. Электрофильтры

292. Электрофильтры должны быть испытаны в объеме, предусмотренном настоящим параграфом:

1) измерение сопротивления изоляции обмоток трансформатора агрегата питания. Производится мегаомметром на напряжение 1000-2500 В.

Сопротивление изоляции обмоток напряжением 380 (220) В вместе с подсоединенными к ним цепями должно быть не менее 1 МОм.

Сопротивление изоляции обмоток высокого напряжения не должно быть ниже 50 МОм при температуре 25°С или не должно быть менее 70 % значения, указанного в паспорте агрегата;

2) испытание изоляции цепей 380 (220) В агрегата питания.

Производится напряжением 2 кВ частотой 50 Гц в течение 1 минуты;

3) измерение сопротивления изоляции кабеля высокого напряжения. Сопротивление изоляции, измеренное мегаомметром на напряжение 2500 В, не должно быть менее 10 МОм;

4) испытание изоляции кабеля высокого напряжения и концевых кабельных муфт. Производится напряжением 75 кВ постоянного тока в течение 30 минут;

5) испытание трансформаторного масла. Предельно допустимые значения пробивного напряжения масла: до заливки - 40 кВ, после - 35 кВ.

В масле не должно содержаться следов воды;

6) проверка исправности заземления элементов оборудования. Производится проверка надежности крепления заземлительных шин к заземлителям и следующим элементам

оборудования: осадительным электродам, положительному полюсу агрегата питания, корпусу электрофильтра, корпусам трансформаторов и электродвигателей, основанию переключателей, каркасам панелей и щитов управления, кожухам кабеля высокого напряжения, люкам лазов, дверкам изоляторных коробок, коробкам кабельных муфт, фланцам изоляторов и другим металлическим конструкциям согласно проекту;

7) проверка сопротивления заземляющих устройств. Сопротивление заземлителя не должно превышать 4 Ом, а переходное сопротивление заземляющих устройств (между контуром заземления и деталью оборудования, подлежащей заземлению) - 0,05 Ом;

8) снятие вольт-амперных характеристик. Вольт-амперные характеристики электрофильтра (зависимость тока короны полей от приложенного напряжения) снимаются на воздухе и дымовом газе согласно указаниям таблицы 79 приложения к настоящим Правилам.

## Параграф 18. Статические преобразователи для промышленных целей

293. Комплектные статические преобразователи испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом: ионные нереверсивные - по подпунктам 1)-8), 10), 11) пункта 293 настоящих Правил, ионные реверсивные - по подпунктам 1)-11), полупроводниковые управляемые нереверсивные - по подпунктам 1)-4), 6)-8), 10), 11) настоящего пункта, полупроводниковые управляемые реверсивные - по подпунктам 1)-4), 6)-11) настоящего пункта, полупроводниковые неуправляемые - по подпунктам 1)-4), 7), 10), 11) настоящего пункта.

Настоящий параграф не распространяется на тиристорные возбудители синхронных генераторов и компенсаторов:

1) измерение сопротивления изоляции элементов и цепей преобразователя. Производится в соответствии с инструкцией завода-изготовителя;

2) испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

изоляция узлов и цепей ионного преобразователя и преобразовательного трансформатора должна выдержать в течение 1 минута испытательное напряжение промышленной частоты. Значения испытательного напряжения приведены в таблице 80, где Ud - напряжение холостого хода преобразовательного агрегата.

Испытательные напряжения между катодом и корпусом вентиля относятся к преобразователям с изолированным катодом.

Для встречно-параллельных схем преобразователей для электропривода и преобразователей с последовательным соединением вентилей в каждой фазе катоды и корпуса вентилей, а также цепи, связанные с катодами, должны испытываться напряжением 2,25 $U_d$ + 3500;

изоляция узлов и цепей полупроводникового преобразователя (силовые цепи - корпус и силовые цепи - цепи собственных нужд) должна выдержать в течение 1 минуты испытательное напряжение промышленной частоты, равное 1,8 кВ или указанное заводом-изготовителем.

Силовые цепи переменного и выпрямленного напряжения на время испытания должны быть электрически соединены между собой;

3) Проверка всех видов защит преобразователя. Пределы срабатывания защит должны соответствовать расчетным проектным данным;

4) Испытание преобразовательного трансформатора и реакторов производится в соответствии с пунктом 280 настоящих Правил;

5) Проверка зажигания. Зажигание должно происходить четко, без длительной пульсации системы зажигания;

6) Проверка фазировки. Фаза импульсов управления должна соответствовать фазе анодного напряжения в диапазоне регулирования;

7) Проверка системы охлаждения. Разность температур воды на входе и выходе системы охлаждения ртутного преобразователя должна соответствовать данным завода-изготовителя.

Скорость охлаждающего воздуха полупроводникового преобразователя с принудительным воздушным охлаждением должна соответствовать данным завода-изготовителя;

8) проверка диапазона регулирования выпрямленного напряжения. Диапазон регулирования должен соответствовать данным завода-изготовителя, изменение значения выпрямленного напряжения должно происходить плавно. Снятие регулировочной характеристики производится при работе преобразователя на нагрузку не менее 0,1 номинальной. Характеристики нагрузки, применяемой при испытаниях, должны соответствовать характеристикам нагрузки, для которой предусмотрен преобразователь;

9) Измерение статического уравнительного тока. Измерение производится во всем диапазоне регулирования. Уравнительный ток не должен превосходить предусмотренного проектом;

10) Проверка работы преобразователя под нагрузкой (для регулируемых преобразователей во всем диапазоне регулирования). При этом, производится проверка равномерности распределения токов по фазам и вентилям. Неравномерность не должна приводить к перегрузкам какой-либо фазы или вентиля преобразователя;

11) Проверка параллельной работы преобразователей. Должно иметь место устойчивое распределение нагрузки в соответствии с параметрами параллельно работающих выпрямительных агрегатов.

## Параграф 19. Бумажно-масляные конденсаторы

294. Бумажно-масляные конденсаторы связи, отбора мощности, делительные конденсаторы, конденсаторы продольной компенсации и конденсаторы для повышения коэффициента мощности испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом; конденсаторы для повышения коэффициента мощности напряжением ниже 1 кВ - по подпунктам 1), 4), 5) настоящего пункта, конденсаторы для повышения коэффициента мощности напряжением 1 кВ и выше - по подпунктам 1), 2), 4), 5) настоящего пункта, конденсаторы связи, отбора мощности и делительные конденсаторы - по подпунктам 1)-4) настоящего пункта:

1) измерение сопротивления изоляции. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Сопротивление изоляции между выводами и относительно корпуса конденсатора и отношение $R_{60}/R_{15}$ не нормируются;

2) измерение емкости. Производится при температуре 15-35° С. Измеренная емкость должна соответствовать паспортным данным с учетом погрешности измерения и приведенных допусков в таблице 81 приложения к настоящим Правилам;

3) измерение тангенса угла диэлектрических потерь. Производится для конденсаторов связи, конденсаторов отбора мощности и делительных конденсаторов. Измеренные значения тангенса угла диэлектрических потерь для конденсаторов всех типов при температуре 15-35° С не должны превышать 0,4 %;

4) испытание повышенным напряжением. Испытательные напряжения конденсаторов для повышения коэффициента мощности приведены в таблице 82; для конденсаторов связи, конденсаторов отбора мощности и делительных конденсаторов - в таблице 83 приложения к настоящим Правилам и конденсаторов продольной компенсации - в таблице 84 приложения настоящим Правилам.

Продолжительность приложения испытательного напряжения 1 мин.

При отсутствии источника тока достаточной мощности испытания повышенным напряжением промышленной частоты заменяются испытанием выпрямленным

напряжением удвоенного значения по отношению к указанному в таблицах 82-84 приложения к настоящим Правилам.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты относительно корпуса изоляции конденсаторов, предназначенных для повышения коэффициента мощности (или конденсаторов продольной компенсации) и имеющих вывод, соединенный с корпусом, не производится;

5) испытание батареи конденсаторов трехкратным включением. Производится включением на номинальное напряжение с контролем значений токов по каждой фазе. Токи в различных фазах должны отличаться один от другого не более чем на 5 %.

## Параграф 20. Вентильные разрядники и ограничители перенапряжений

295. Вентильные разрядники и ограничители перенапряжений после установки на месте монтажа испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом:

1) измерение сопротивления элемента разрядника. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Сопротивление изоляции элемента не нормируется. Для оценки изоляции сопоставляются измеренные значения сопротивлений изоляции элементов одной и той же фазы разрядника; кроме того, эти значения сравниваются с сопротивлением изоляции элементов других фаз комплекта или данными завода-изготовителя.

Сопротивление разрядников РВН, РВП, РВО, GZ, должно быть не менее 1000 МОм.

Сопротивление элементов разрядников РВС должно соответствовать требованиям заводской инструкции. Сопротивление элементов разрядников РВМ, РВРД, РВМГ, РВМК должно соответствовать значениям, указанным в таблице 85 приложения к настоящим Правилам.

Сопротивление имитатора пропускной способности измеряется мегаомметром на напряжение 1000 В. Значение измеренного сопротивления не должно отличаться более чем на 50 % от результатов заводских измерений или предыдущих измерений в эксплуатации.

Сопротивление изоляции изолирующих оснований разрядников с регистраторами срабатывания измеряется мегаомметром на напряжение 1000 — 2500 В. Значение измеренного сопротивления изоляции должно быть не менее 1 МОм.

Сопротивление ограничителей перенапряжений с номинальным напряжением до 3 кВ должно быть не менее 1000 МОм.

Сопротивление ограничителей перенапряжений с номинальным напряжением 3-35 кВ должно соответствовать требованиям инструкций заводов-изготовителей.

Сопротивление ограничителей перенапряжений с номинальным напряжением 110 кВ и выше должно быть не менее 3000 МОм и не должно отличаться более чем на ± 30% от данных, приведенных в паспорте или полученных в результате предыдущих измерений в эксплуатации;

2) измерение тока проводимости (тока утечки) вентильных разрядников при выпрямленном напряжении. Допустимые токи проводимости (токи утечки) отдельных элементов вентильных разрядников приведены в таблице 86 приложения к настоящим Правилам;

3) измерение тока проводимости ограничителей перенапряжения. Допустимые токи проводимости ограничителей перенапряжений приведены в таблице 87 приложения к настоящим Правилам;

4) проверка элементов, входящих в комплект приспособления для измерения тока проводимости ограничителя перенапряжений под рабочим напряжением. Производится на отключенном от сети ограничителе перенапряжений.

Проверка электрической прочности изолированного вывода производится для ограничителей ОПН-330 и 500 кВ перед вводом в эксплуатацию и при выводе в ремонт оборудования, к которому подключен ограничитель, но не реже 1 раза в 6 лет.

Проверка производится при плавном подъеме напряжения частоты 50 Гц до 10 кВ без выдержки времени.

Проверка электрической прочности изолятора ОФР-10-750 производится напряжением 24 кВ частоты 50 Гц в течение 1 минута.

Измерение тока проводимости защитного резистора производится при напряжении 0,75 кВ частоты 50 Гц. Значение тока должно находиться в пределах 1,8-4,0 мА;

5) измерение пробивных напряжений при промышленной частоте. Пробивное напряжение искровых промежутков элементов вентильных разрядников при промышленной частоте должно быть в пределах значений, указанных в таблице 88 приложения к настоящим Правилам.

Измерение пробивных напряжений промышленной частоты разрядников с шунтирующими резисторами допускается производить на испытательной установке, позволяющей ограничивать ток через разрядник до 0,1 А и время приложения напряжения до 0,5 сек.

## Параграф 21. Трубчатые разрядники

296. Трубчатые разрядники испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом:

1) проверка состояния поверхности разрядника производится путем осмотра перед установкой разрядника на опору. Наружная поверхность разрядника не должна иметь трещин и отслоений;

2) измерение внешнего искрового промежутка производится на опоре установки разрядника. Искровой промежуток не должен отличаться от заданного;

3) проверка расположения зон выхлопа производится после установки разрядников. Зоны выхлопа не должны пересекаться и охватывать элементы конструкций и проводов, имеющих потенциал, отличающийся от потенциала открытого конца разрядника.

## Параграф 22. Предохранители, предохранители-разъединители напряжением выше 1 кВ

297. Предохранители, предохранители-разъединители выше 1 кВ испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом:

1) испытание опорной изоляции предохранителей повышенным напряжением промышленной частоты. Испытательное напряжение устанавливается согласно таблице 78 приложения к настоящим Правилам.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин. Испытание опорной изоляции предохранителей повышенным напряжением промышленной частоты производится совместно с испытанием изоляторов ошиновки ячейки;

2) проверка целостности плавких вставок и токоограничивающих резисторов и соответствия их проектным данным. Плавкие вставки и токоограничивающие резисторы должны быть калиброванными и соответствовать проектным данным. У предохранителей с кварцевым песком дополнительно проверяется целостность плавкой вставки;

3) измерение сопротивления постоянному току токоведущей части патрона предохранителя-разъединителя. Измеренное значение сопротивления должно соответствовать значению номинального тока в калибровке на патроне;

4) измерение контактного нажатия в разъемных контактах предохранителя-разъединителя. Измеренное значение контактного нажатия должно соответствовать заводским данным;

5) проверка состояния дугогасительной части патрона предохранителя-разъединителя. Измеряется внутренний диаметр дугогасительной части патрона предохранителя-разъединителя.

Измеренное значение диаметра внутренней дугогасительной части патрона должно соответствовать заводским данным;

6) проверка работы предохранителя-разъединителя. Выполняется 5 циклов операций включения и отключения предохранителя-разъединителя.

Выполнение каждой операции должно быть успешным с одной попытки.

## Параграф 23. Вводы и проходные изоляторы

298. Вводы и проходные изоляторы испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом:

1) измерение сопротивления изоляции. Производится мегаомметром на напряжение 1-2,5 кВ у вводов с бумажно-масляной изоляцией. Измеряется сопротивление изоляции измерительной и последней обкладок вводов относительно соединительной втулки. Сопротивление изоляции должно быть не менее 1000 МОм;

2) измерение тангенса угла диэлектрических потерь. Производится у вводов и проходных изоляторов с внутренней основной маслобарьерной, бумажно-масляной и бакелитовой изоляцией. Тангенс угла диэлектрических потерь вводов и проходных изоляторов не должен превышать значений, указанных в таблице 89 приложения к настоящим Правилам.

У вводов и проходных изоляторов, имеющих специальный вывод к потенциометрическому устройству (ПИН), производится измерение тангенса угла диэлектрических потерь основной изоляции и изоляции измерительного конденсатора. Одновременно производится и измерение емкости.

Браковочные нормы по тангенсу угла диэлектрических потерь для изоляции измерительного конденсатора те же, что и для основной изоляции.

У вводов, имеющих измерительный вывод от обкладки последних слоев изоляции (для измерения угла диэлектрических потерь), измеряется тангенс угла диэлектрических потерь этой изоляции.

Измерение тангенса угла диэлектрических потерь производится при напряжении 3 кВ.

Для оценки состояния последних слоев бумажно-масляной изоляции вводов и проходных изоляторов необходимо ориентироваться на средние опытные значения тангенса угла диэлектрических потерь: для вводов 110-115 кВ - 3 %; для вводов 220 кВ - 2 % и для вводов 330-500 кВ - предельные значения тангенса угла диэлектрических потерь, принятые для основной изоляции;

3) испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Испытание является необходимом для вводов и проходных изоляторов на напряжении до 35 кВ.

Испытательное напряжение для проходных изоляторов и вводов, испытываемых отдельно или после установки в распределительном устройстве на масляный выключатель, принимается согласно таблице 90 приложения к настоящим Правилам.

Испытание вводов, установленных на силовых трансформаторах, производится совместно с испытанием обмоток последних по нормам, принятым для силовых трансформаторов.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напря-жения для вводов и проходных изоляторов с основной керамической, жидкой или бумажно-масляной изоляцией 1 минута, а с основной изоляцией из бакелита или других твердых

органических материалов 5 минут. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения для вводов, испытываемых совместно с обмотками трансформаторов, 1 минута.

Ввод считается выдержавшим испытание, если при этом не наблюдалось пробоя, перекрытия, скользящих разрядов и частичных разрядов в масле (у маслонаполненных вводов), выделений газа, а также если после испытания не обнаружено местного перегрева изоляции;

4) проверка качества уплотнений вводов. Производится для негерметичных маслонаполненных вводов напряжением 110-500 кВ с бумажно-масляной изоляцией путем создания в них избыточного давления масла 98 кПа (1 кгс/см$^2$). Продолжительность испытания 30 минут. При испытании не должно наблюдаться признаков течи масла;

5) испытание трансформаторного масла из маслонаполненных вводов. Для вновь заливаемых вводов масло должно испытываться в соответствии с пунктом 300 настоящих Правил.

После монтажа производится испытание залитого масла по показателям подпунктов 1)-5) таблицы 93 приложения к настоящим Правилам, а для вводов, имеющих повышенный тангенс угла диэлектрических потерь, и вводов напряжением 220 кВ и выше, кроме того, измерение тангенса угла диэлектрических потерь масла. Значения показателей должны быть не хуже приведенных в таблице 93 приложения к настоящим Правилам, а значения тангенса угла диэлектрических потерь - не более приведенных в таблице 91 приложения настоящих Правил.

## Параграф 24. Фарфоровые подвесные и опорные изоляторы

299. Фарфоровые подвесные и опорные изоляторы испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

Для опорно-стержневых изоляторов испытание повышенным напряжением промышленной частоты не обязательно.

Электрические испытания стеклянных подвесных изоляторов не производятся. Контроль их состояния осуществляется путем внешнего осмотра:

1) измерение сопротивления изоляции подвесных и многоэлементных изоляторов производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ только при положительных температурах окружающего воздуха. Проверку изоляторов производится непосредственно перед их установкой в распределительных устройствах и на линиях электропередачи. Сопротивление изоляции каждого подвесного изолятора или каждого элемента штыревого изолятора должно быть не менее 300 МОм;

2) испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

опорных одноэлементных изоляторов. Для этих изоляторов внутренней и наружной установок значения испытательного напряжения приводятся в таблице 92 приложения к настоящим Правилам:

продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин;

опорных многоэлементных и подвесных изоляторов. Вновь устанавливаемые штыревые и подвесные изоляторы испытываются напряжением 50 кВ, прикладываемым к каждому элементу изолятора;

продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения для изоляторов, у которых основной изоляцией являются твердые органические материалы, 5 минут, для керамических изоляторов - 1 минута.

## 25. Трансформаторное масло

300. Трансформаторное масло на месте монтажа оборудования испытывается в объеме, предусмотренном настоящим параграфом:

1) анализ масла перед заливкой в оборудование. Каждая партия свежего, поступившего с завода трансформаторного масла должна перед заливкой в оборудование подвергаться однократным испытаниям по показателям, приведенным в таблице 93 приложения к настоящим Правилам, кроме пункта 13 таблицы.

Значения показателей, полученные при испытаниях, должны быть не хуже приведенных в таблице 93 приложения к настоящим Правилам.

Масла, изготовленные по техническим условиям, не указанным в таблице 93 приложения к настоящим Правилам, должны подвергаться испытаниям по тем же показателям, но нормы испытаний принимаются в соответствии с техническими условиями на эти масла;

2) анализ масла перед включением оборудования. Масло, отбираемое из оборудования перед его включением под напряжение после монтажа, подвергается сокращенному анализу в объеме, предусмотренном в подпунктах 1)-5) и 11 таблицы 93 приложения к настоящим Правилам, а для оборудования 110 кВ и выше, кроме того, по подпункту 10) таблицы 93 приложения, а для оборудования с азотной защитой, по пункту 13 таблицы 93 приложения к настоящим Правилам;

3) испытание масла из аппаратов на стабильность при его смешивании. При заливке в аппараты свежих кондиционных масел разных марок смесь проверяется на стабильность в пропорциях смешения, при этом стабильность смеси должна быть не хуже стабильности одного из смешиваемых масел, обладающего наименьшей стабильностью. Проверка стабильности смеси масел производится в случае смешения ингибированного и неингибированного масел.

## Параграф 26. Электрические аппараты, вторичные цепи и электропроводки напряжением до 1 кВ

301. Электрические аппараты и вторичные цепи схем защиты, управления, сигнализации и измерения испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом. Электропроводки напряжением до 1 кВ от распределительных пунктов до электроприемников испытываются по подпункту 1) пункта 301 настоящих Правил:

1) измерение сопротивления изоляции. Сопротивление изоляции должно быть не менее значений, приведенных в таблице 94 приложения к настоящим Правилам;

2) испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Испытательное напряжение для вторичных цепей схем защиты, управления, сигнализации и измерения со всеми присоединительными аппаратами (автоматические выключатели, магнитные пускатели, контакторы, реле, приборы) 1 кВ. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 минута;

3) проверка действия токовых расцепителей автоматических выключателей. Проверка действия токовых расцепителей (максимальных, зависимых, нулевых, дифференциальных) производится у автоматических выключателей всех типов первичным током. Пределы действия расцепителей должны соответствовать заводским данным;

4) проверка работы автоматических выключателей и контакторов при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока. Значения напряжения и количество операций при испытании автоматических выключателей и контакторов многократными включениями и отключениями приведены в таблице 95 приложения к настоящим Правилам;

5) проверка релейной аппаратуры. Проверка реле защиты, управления, автоматики и сигнализации и других устройств производится в соответствии с действующими

инструкциями. Пределы срабатывания реле на рабочих уставках должны соответствовать расчетным данным;

6) проверка правильности функционирования полностью собранных схем при различных значениях оперативного тока. Все элементы схем должны надежно функционировать в предусмотренной проектом последовательности при значениях оперативного тока, приведенных в таблице 96 приложения к настоящим Правилам.

## Параграф 27. Аккумуляторные батареи

302. Законченная монтажом аккумуляторная батарея испытывается в объеме, предусмотренном настоящим параграфом:

1) измерение сопротивления изоляции. Измерение производится вольтметром (внутреннее сопротивление вольтметра должно быть точно известно, класс не ниже 1).

При полностью снятой нагрузке должно быть измерено напряжение батареи на зажимах и между каждым из зажимов и землей.

Сопротивление изоляции Rx вычисляется по формуле:

$$R_x = R_q \cdot \left( \frac{U}{U_1 + U_2} - 1 \right),$$

где $R_q$ - внутреннее сопротивление вольтметра; U - напряжение на зажимах батареи; $U_1$ и $U_2$ - напряжения между положительным зажимом и землей и отрицательным зажимом и землей.

Сопротивление изоляции батареи должно быть не менее указанного ниже:

| Номинальное напряжение, В | 24 | 48 | 60 | 110 | 220 |
|---|---|---|---|---|---|
| Сопротивление, кОм | 15 | 25 | 30 | 50 | 100 |

2) проверка емкости отформованной аккумуляторной батареи.

Полностью заряженные аккумуляторы разряжают током 3- или 10-часового режима.

емкость аккумуляторной батареи, приведенная к температуре +25°С, должна соответствовать данным завода-изготовителя;

3) проверка плотности и температуры электролита. Плотность и температура электролита каждого элемента в конце заряда и разряда батареи должны соответствовать данным завода-изготовителя. Температура электролита при заряде должна быть не выше +40°С;

4) химический анализ электролита. Электролит для заливки кислотных аккумуляторных батарей должен готовиться из серной аккумуляторной кислоты сорта А и дистиллированной воды.

Содержание примесей и нелетучего остатка в разведенном электролите не должно превышать значений, приведенных ниже;

| Прозрачность | Прозрачная |
|---|---|
| Окраска согласно калориметрическому определению, мл | 0,6 |
| Плотность, т/м$^3$, при 20° С | 1,18 |
| Содержание, %: | |
| моногидрата | 24,8 |
| железа | 0,006 |
| мышьяка | 0,00005 |
| марганца | 0,00005 |
| хлора | 0,0005 |
| окислов азота | 0,00005 |

| | |
|---|---|
| Нелетучий остаток, % | 0,3 |
| Реакция на металлы, осаждаемые сероводородом | Выдерживает испытание |
| Вещества, восстанавливающие марганцовокислый калий | Выдерживает испытание |

5) измерение напряжения на элементах. Напряжение отстающих элементов в конце разряда не должно отличаться более чем на 1-1,5 % от среднего напряжения остальных элементов, а количество отстающих элементов должно быть не более 5 % их общего количества в батарее.

## Параграф 28. Заземляющие устройства

303. Заземляющие устройства испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом:

1) проверка элементов заземляющего устройства. Производится путем осмотра элементов заземляющего устройства в пределах доступности осмотру. Сечения и проводимости элементов заземляющего устройства должны соответствовать требованиям настоящих Правил и проектным данным;

2) проверка цепи между заземлителями и заземляющими элементами. Проверяются сечения, целость и прочность проводников заземления и зануления, их соединений и присоединений. Не должно быть обрывов и видимых дефектов в заземляющих проводниках, соединяющих аппараты с контуром заземления. Надежность сварки проверяется ударом молотка;

3) проверка состояния пробивных предохранителей в электроустановках до 1 кВ. Пробивные предохранители должны быть исправны и соответствовать номинальному напряжению электроустановки;

4) проверка цепи фаза-нуль в электроустановках до 1 кВ с глухим заземлением нейтрали. Проверка производится одним из способов: непосредственным измерением тока однофазного замыкания на корпус или провод с помощью специальных приборов; измерением полного сопротивления петли фаза-нуль с последующим вычислением тока однофазного замыкания.

Ток однофазного замыкания на корпус или нулевой провод должен обеспечивать надежное срабатывание защиты с учетом коэффициентов, приведенных в настоящих Правилах;

5) измерение сопротивления заземляющих устройств. Значения сопротивления должны удовлетворять значениям, приведенным в настоящих Правилах;

6) измерение напряжения прикосновения (в электроустановках, выполненных по нормам на напряжение прикосновения). Производится после монтажа, переустройства и капитального ремонта заземляющего устройства. Измерение производится при присоединенных естественных заземлителях и тросах ВЛ.

Напряжение прикосновения измеряется в контрольных точках, в которых эти величины определены расчетом при проектировании. Под длительностью воздействия напряжения понимается суммарное время действия релейной защиты и собственного времени отключения выключателя. Допустимые значения напряжения прикосновения на ОРУ подстанций 110-500 кВ приведены ниже;

| Длительность воздействия напряжения, с | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,0 и выше |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Напряжение прикосновения, В | 500 | 400 | 200 | 130 | 100 | 65 |

7) проверка напряжения на заземляющем устройстве РУ электростанций и подстанций при стекании с него тока замыкания на землю. Производится после монтажа, переустройства, но не реже 1 раза в 12 лет для электроустановок напряжением выше 1 кВ в сети с эффективно заземленной нейтралью.

Напряжение на заземляющем устройстве:

не ограничивается для электроустановок, с которых исключен вынос потенциалов за пределы зданий и внешних ограждений электроустановки;

не более 10 кВ, если предусмотрены меры по защите изоляции отходящих кабелей связи и телемеханики и по предотвращению выноса потенциалов;

не более 5 кВ во всех остальных случаях.

## Параграф 29. Силовые кабельные линии

304. Силовые кабельные линии напряжением до 1 кВ испытываются по подпунктам 1), 2), 7), 13) настоящего пункта, напряжением выше 1 кВ и до 35 кВ - по подпунктам 1)-3), 6), 7), 11), 13) настоящего пункта, напряжением 110 кВ и выше - в полном объеме, предусмотренном 29 пунктом настоящих Правил:

1) проверка целостности и фазировки жил кабеля. Проверяются целость и совпадение обозначений фаз подключаемых жил кабеля;

2) измерение сопротивления изоляции. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Для силовых кабелей до 1 кВ сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм. Для силовых кабелей выше 1 кВ сопротивление изоляции не нормируется. Измерение производится до и после испытания кабеля повышенным напряжением;

3) испытание повышенным напряжением выпрямленного тока. Силовые кабели выше 1 кВ испытываются повышенным напряжением выпрямленного тока.

Значения испытательного напряжения и длительность приложения нормированного испытательного напряжения приведены в таблице 97 приложения к настоящим Правилам.

Кабели с резиновой изоляцией на напряжение до 1 кВ испытаниям повышенным напряжением не подвергаются.

В процессе испытания повышенным напряжением выпрямленного тока обращается внимание на характер изменения тока утечки.

Допустимые токи утечки в зависимости от испытательного напряжения и допустимые значения коэффициента асимметрии при измерении тока утечки приведены в таблице 98 приложения к настоящим Правилам.

Кабель считается выдержавшим испытания, если не произошло пробоя, не было скользящих разрядов и толчков тока утечки или его нарастания после того, как он достиг установившегося значения;

4) испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Допускается производить для линий 110-220 кВ взамен испытания выпрямленным током; значение испытательного напряжения: для линий 110-220 кВ (130 кВ по отношению к земле); для линий 220-500 кВ (288 кВ по отношению к земле). Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 5 минут;

5) определение активного сопротивления жил. Производится для линий 20 кВ и выше. Активное сопротивление жил кабельной линии постоянному току, приведенное к 1 мм$^2$ сечения, 1 м длины и температуре +20°С, должно быть не более 0,01793 Ом для медной жилы и не более 0,0294 Ом для алюминиевой жилы.

Измеренное сопротивление (приведенное к удельному значению) может отличаться от указанных значений не более чем на 5 %;

6) определение электрической рабочей емкости жил. Производится для линий 20 кВ и выше. Измеренная емкость, приведенная к удельным величинам, не должна отличаться от результатов заводских испытаний более чем на 5 %;

7) измерение распределения тока по одножильным кабелям. Неравномерность в распределении токов на кабелях не должна быть более 10 %;

8) проверка защиты от блуждающих токов. Производится проверка действия установленных катодных защит;

9) испытание на наличие нерастворенного воздуха (пропиточное испытание). Производится для маслонаполненных кабельных линий 110-220 кВ. Содержание нерастворенного воздуха в масле должно быть не более 0,1 %;

10) испытание подпитывающих агрегатов и автоматического подогрева концевых муфт. Производится для маслонаполненных кабельных линий 110-220 кВ;

11) контроль состояния антикоррозийного покрытия. Производится для стального трубопровода маслонаполненных кабельных линий 110-220 кВ;

12) определение характеристик масла и изоляционной жидкости. Производится для всех элементов маслонаполненных кабельных линий на напряжение 110-500 кВ и для концевых муфт (вводов в трансформаторы и КРУЭ) кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение 110 кВ.

Пробы масел марок С-220, 5-РА, МН-3 и МН-4 и изоляционной жидкости марки ПМС должны удовлетворять требованиям норм таблицах 99 и 100 приложения к настоящим Правилам.

Если значения электрической прочности и степени дегазации масла МН-4 соответствуют нормам, а значения $\mathrm{tg}\,\delta$, превышают указанные в таблице 100, пробу масла дополнительно выдерживают при температуре 1000 С в течение 2 ч., периодически измеряя $\mathrm{tg}\,\delta$. При уменьшении значения $\mathrm{tg}\,\delta$ проба масла выдерживается при температуре 1000 С до получения установившегося значения, которое принимается за контрольное значение.

Допускается для МНКЛ низкого давления производить отбор проб масла из коллектора, а при неудовлетворительных результатах - из баков давления;

13) измерение сопротивления заземления. Производится на линиях всех напряжений для концевых заделок, а на линиях 110-220 кВ, для металлических конструкций кабельных колодцев и подпиточных пунктов.

## Параграф 30. Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ

305. Воздушные линии электропередачи испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом:

1) проверка изоляторов производится согласно пункту 299 настоящих Правил;

2) проверка соединений проводов производится путем внешнего осмотра и измерения падения напряжения или сопротивления.

Опрессованные соединения проводов бракуются, если:

стальной сердечник опрессованного соединителя расположен несимметрично;

геометрические размеры (длина и диаметр опрессованной части) не соответствуют требованиям инструкции по монтажу соединительных зажимов данного типа;

на поверхности соединителя или зажима имеются трещины, следы значительной коррозии и механических повреждений;

падение напряжения или сопротивление на участке соединения (соединителя) более чем в 1,2 раза превышает падение напряжения или сопротивление на участке провода той же длины (испытание проводится выборочно на 5-10 % соединителей);

кривизна опрессованного соединителя превышает 3 % его длины.

Сварные соединения бракуются, если:

произошел пережог повива наружного провода или обнаружено нарушение сварки при перегибе соединенных проводов;

усадочная раковина в месте сварки имеет глубину более 1/3 диаметра провода, а для сталеалюминиевых проводов сечением 150-600 мм$^2$ - более 6 мм;

падение напряжения или сопротивление превышает более чем в 1,2 раза падение напряжения или сопротивление на участке провода такой же длины;

3) измерение сопротивления заземления опор, их оттяжек и тросов производится в соответствии с пунктом 303 настоящих Правил.

## 9. Изоляция электроустановок переменного тока

### Параграф 1. Общие требования

306. Выбор изоляторов или изоляционных конструкций из стекла и фарфора должен производиться по удельной эффективной длине пути утечки в зависимости от СЗ в месте расположения электроустановки и ее номинального напряжения. Выбор изоляторов или изоляционных конструкций из стекла и фарфора производится также по разрядным характеристикам в загрязненном и увлажненном состоянии.

Выбор полимерных изоляторов или конструкций в зависимости от СЗ и номинального напряжения электроустановки должен производиться по разрядным характеристикам в загрязненном и увлажненном состоянии.

307. Определение СЗ должно производиться в зависимости от характеристик источников загрязнения и расстояния от них до электроустановки в соответствии с таблицей 102-117 приложения к настоящим Правилам. В случаях, когда использование таблиц 102-117 приложения к настоящим Правилам, по тем или иным причинам невозможно, определение СЗ производится по КСЗ.

Вблизи промышленных комплексов, а также в районах с наложением загрязнений от крупных промышленных предприятий, ТЭС и источников увлажнения с высокой электрической проводимостью определение СЗ, производится по КСЗ.

308. Длина пути утечки L (см) изоляторов и изоляционных конструкций из стекла и фарфора должна определяться по формуле

$$L = \lambda_э \times U \times k,$$

где $\lambda_э$ — удельная эффективная длина пути утечки по таблице 101, см/кВ;

U - наибольшее рабочее междуфазное напряжение, кВ;

k — коэффициент использования длины пути утечки (параграф 6 настоящей главы).

### Параграф 2. Изоляция ВЛ

309. Удельная эффективная длина пути утечки поддерживающих гирлянд изоляторов и штыревых изоляторов ВЛ на металлических и железобетонных опорах в зависимости от СЗ и номинального напряжения (на высоте до 1000 м над уровнем моря) должна приниматься по таблице 101 приложения к настоящим Правилам.

Удельная эффективная длина пути утечки поддерживающих гирлянд и штыревых изоляторов ВЛ на высоте более 1000 м над уровнем моря должна быть увеличена по сравнению с нормированной в таблице 101 приложения к настоящим Правилам:

1) от 1000 до 2000 м - на 5 %;

2) от 2000 до 3000 м - на 10 %;

3) от 3000 до 4000 м - на 15 %.

310. Изоляционные расстояния по воздуху от токоведущих до заземленных частей опор должны соответствовать требованиям главы 17 раздела 2 настоящих Правил.

311. Количество подвесных тарельчатых изоляторов в поддерживающих гирляндах и в последовательной цепи гирлянд специальной конструкции (V-образных, Л-образных, - образных, Y - образных составленных из изоляторов одного тип1) для ВЛ на металлических и железобетонных опорах должно определяться по формуле

$$m = \frac{L}{L_и},$$

где $L_и$ - длина пути утечки одного изолятора по стандарту или техническим условиям на изолятор конкретного типа, см. Если расчет m не дает целого числа, то выбирают следующее целое число.

312. На ВЛ напряжением 6-20 кВ с металлическими и железобетонными опорами количество подвесных тарельчатых изоляторов в поддерживающих и натяжных гирляндах должно определяться по пункту 307 главы 9 настоящих Правил и независимо от материала опор должно составлять не менее двух.

На ВЛ напряжением 35-110 кВ с металлическими, железобетонными и деревянными опорами с заземленными креплениями гирлянд количество тарельчатых изоляторов в натяжных гирляндах всех типов в районах с 1-2-й СЗ увеличивается на один изолятор в каждой гирлянде по сравнению с количеством, полученным по пункту 307 главы 9 настоящих Правил.

На ВЛ напряжением 150-750 кВ на металлических и железобетонных опорах количество тарельчатых изоляторов в натяжных гирляндах должно определяться по пункту 307 главы 9 настоящих Правил.

313. На ВЛ напряжением 35-220 кВ с деревянными опорами в районах с 1-2-й СЗ количество подвесных тарельчатых изоляторов из стекла или фарфора допускается принимать на 1 меньше, чем для ВЛ на металлических или железобетонных опорах.

На ВЛ напряжением 6-20 кВ с деревянными опорами или деревянными траверсами на металлических и железобетонных опорах в районах с 1-2-й СЗ удельная эффективная длина пути утечки изоляторов должна быть не менее 1,5 см/кВ.

314. В гирляндах опор больших переходов должно предусматриваться по одному дополнительному тарельчатому изолятору из стекла или фарфора на каждые 10 м превышения высоты опоры сверх 50 м по отношению к количеству изоляторов нормального исполнения, определенному для одноцепных гирлянд при $\lambda_э$ = 1,9 см/кВ для ВЛ напряжением 6-35 кВ и $\lambda_э$ = 1,4 см/кВ для ВЛ напряжением 110-750 кВ. При этом, количество изоляторов в гирляндах этих опор должно быть не менее требуемого по условиям загрязнения в районе перехода.

315. В гирляндах тарельчатых изоляторов из стекла или фарфора, подвешенных на высоте более 100 м, в соответствии по пункту 311 главы 9 настоящих Правил предусматриваются сверх определенного два дополнительных изолятора.

316. Выбор изоляции ВЛ с изолированными проводами должен производиться в соответствии с параграфом 6 настоящей главы.

## Параграф 3. Внешняя стеклянная и фарфоровая изоляция электрооборудования и ОРУ

317. Удельная эффективная длина пути утечки внешней фарфоровой изоляции электрооборудования и изоляторов ОРУ напряжением 6-750 кВ, а также наружной части вводов ЗРУ в зависимости от СЗ и номинального напряжения (на высоте до 1000 м над уровнем моря) должна приниматься по таблице 101 приложения к настоящим Правилам.

Удельная эффективная длина пути утечки внешней изоляции электрооборудования и изоляторов ОРУ напряжением 6-220 кВ, расположенных на высоте более 1000 м, должна

приниматься на высоте до 2000 м - по таблице 101, а на высоте от 2000 до 3000 м - на одну степень загрязнения выше по сравнению с нормированной.

318. При выборе изоляции ОРУ изоляционные расстояния по воздуху от токоведущих частей ОРУ до заземленных конструкций должны соответствовать требованиям главы 17 раздела 2 настоящих Правил.

319. В натяжных и поддерживающих гирляндах ОРУ число тарельчатых изоляторов определяется по пункту 308 главы 9 настоящих Правил с добавлением в каждую цепь гирлянды напряжением 110-150 кВ - одного, 220-330 кВ - двух, 500 кВ - трех, 750 кВ - четырех изоляторов.

320. При отсутствии электрооборудования, удовлетворяющего требованиям таблицы 101 приложения к настоящим Правилам для районов с 3-4 СЗ, необходимо применять оборудование, изоляторы и вводы на более высокие номинальные напряжения с изоляцией, удовлетворяющей таблице 101 приложения к настоящим Правилам.

321. В районах с условиями загрязнения, превышающими 4-ю СЗ, предусматривается сооружение ЗРУ.

322. ОРУ напряжением 500-750 кВ и, ОРУ напряжением 110-330 кВ с большим количеством присоединений не должны располагаться в зонах с 3-4-й СЗ.

323. Удельная эффективная длина пути утечки внешней изоляции электрооборудования и изоляторов в ЗРУ напряжением 110 кВ и выше должна быть не менее 1,2 см/кВ в районах с 1-й СЗ и не менее 1,5 см/кВ в районах с 2-4 СЗ.

324. В районах с 1-3-й СЗ должны применяться КРУН и КТП с изоляцией по таблице 101 приложения к настоящим Правилам. В районах с 4 СЗ допускается применение только КРУН и КТП с изоляторами специального исполнения.

325. Изоляторы гибких и жестких наружных открытых токопроводов должны выбираться с удельной эффективной длиной пути утечки по таблице 101: $\lambda_э$ = 1,9 см/кВ на номинальное напряжение 20 кВ для токопроводов 10 кВ в районах с 1-3-й СЗ; $\lambda_э$ = 3,0 см/кВ на номинальное напряжение 20 кВ для токопроводов 10 кВ в районах с 4-й СЗ; $\lambda_э$ = 2,0 см/кВ на номинальное напряжение 35 кВ для токопроводов 13,8-24 кВ в районах с 1-4-й СЗ.

## Параграф 4. Выбор изоляции по разрядным характеристикам

326. Гирлянды ВЛ напряжением 6-750 кВ, внешняя изоляция электрооборудования и изоляторы ОРУ напряжением 6-750 кВ должны иметь 50%-ные разрядные напряжения промышленной частоты в загрязненном и увлажненном состоянии не ниже значений, приведенных в таблице 102 приложения к настоящим Правилам.

Удельная поверхностная проводимость слоя загрязнения должна приниматься (не менее):

для 1-й СЗ - 5 мкСм, 2-й СЗ - 10 мкСм, 3-й СЗ - 20 мкСм, 4-й СЗ - 30 мкСм.

## Параграф 5. Определение степени загрязнения

327. В районах, не попадающих в зону влияния промышленных источников загрязнения (леса, тундра, лесотундра, луга), применяется изоляция с меньшей удельной эффективной длиной пути утечки, чем нормированная в таблице 101 приложения к настоящим Правилам для 1-й СЗ.

328. К районам с 1-й СЗ относятся территории, не попадающие в зону влияния источников промышленных и природных загрязнений (болота, высокогорные районы, районы со слабозасоленными почвами, сельскохозяйственные районы).

329. В промышленных районах при наличии обосновывающих данных применяется изоляция с большей удельной эффективной длиной пути утечки, чем нормированная в таблице 101 приложения к настоящим Правилам для 4-й СЗ.

330. Степень загрязнения вблизи промышленных предприятий должна определяться по таблицам 102-111 приложения к настоящим Правилам в зависимости от вида и расчетного объема выпускаемой продукции и расстояния до источника загрязнений.

Расчетный объем продукции, выпускаемой промышленным предприятием, определяется суммированием всех видов продукции. СЗ в зоне уносов действующего или сооружаемого предприятия должна определяться по наибольшему годовому объему продукции с учетом перспективного плана развития предприятия (не более чем на 10 лет вперед).

331. Степень загрязнения вблизи ТЭС и промышленных котельных должна определяться по таблице 112 приложения к настоящим Правилам в зависимости от вида топлива, мощности станции и высоты дымовых труб.

332. При отсчете расстояний по таблицах 102-112 приложения к настоящим Правилам границей источника загрязнения является кривая, огибающая все места выбросов в атмосферу на данном предприятии (ТЭС).

333. В случае превышения объема выпускаемой продукции и мощности ТЭС, по сравнению с указанными в таблицах 102-112 приложения к настоящим Правилам, увеличивается СЗ не менее чем на одну ступень.

334. Объем выпускаемой продукции при наличии на одном предприятии нескольких источников загрязнения (цехов) должен определяться суммированием объемов продукции отдельных цехов. Если источник выброса загрязняющих веществ отдельных производств (цехов) отстоит от других источников выброса предприятия больше чем на 1000 м, годовой объем продукции должен определяться для этих производств и остальной части предприятия отдельно. В этом случае расчетная СЗ определяется согласно настоящими Правилами.

335. Если на одном промышленном предприятии выпускается продукция нескольких отраслей (или подотраслей) промышленности, указанных в таблице 102-111 приложения настоящих Правил, то СЗ определяется согласно пункта 329 настоящих Правил.

336. Границы зоны с данной СЗ корректировываются с учетом розы ветров по формуле:

$$S = S_0 \frac{W}{W_0},$$

где S - расстояние от границы источника загрязнения до границы района с данной СЗ, скорректированное с учетом розы ветров, м;

$S_0$ - нормированное расстояние от границы источника загрязнения до границы района с данной СЗ при круговой розе ветров, м;

W — среднегодовая повторяемость ветров рассматриваемого румба, %;

$W_0$ — повторяемость ветров одного румба при круговой розе ветров, %.

Значения $S/S_0$ должны ограничиваться пределами $0{,}5 \leq S/S_0 \leq 2$.

337. Степень загрязнения вблизи отвалов пылящих материалов, складских зданий и сооружений, канализационно-очистных сооружений определяются по таблице 113 приложения к настоящим Правилам.

338. Степень загрязнения вблизи автодорог с интенсивным использованием в зимнее время химических противогололедных средств определяется по таблице 114 приложения к настоящим Правилам.

339. Степень загрязнения в прибрежной зоне морей, соленых озер и водоемов должна определяться по таблице 115 приложения к настоящим Правилам в зависимости от солености воды и расстояния до береговой линии. Расчетная соленость воды определяется по гидрологическим картам как максимальное значение солености поверхностного слоя

воды в зоне до 10 км вглубь акватории. Степень загрязнения над поверхностью засоленных водоемов принимается на одну ступень выше, чем в таблице 115 приложения к настоящим Правилам для зоны до 0,1 км.

340. В районах, подверженных ветрам со скоростью более 30 м/с со стороны моря (периодичностью не реже одного раза в 10 лет), расстояния от береговой линии, приведенные в таблице 115 приложения к настоящим Правилам, увеличивается в 3 раза.

Для водоемов площадью 1000-10000 $м^2$ СЗ допускается снижать на одну ступень по сравнению с данными таблицы 115 приложения к настоящим Правилам.

Степень загрязнения вблизи градирен или брызгальных бассейнов должна определяться по таблице 116 приложения к настоящим Правилам.

341. При удельной проводимости циркуляционной воды менее 1000 мкСм/см и по таблице 117 приложения к настоящим Правилам при удельной проводимости от 1000 до 3000 мкСм/см.

342. Расчетная СЗ в зоне наложения загрязнений от двух независимых источников, определенную с учетом розы ветров по пункту 336 настоящих Правил, определяется по таблице 118 приложения независимо от вида промышленного или природного загрязнения.

## Параграф 6. Коэффициенты использования основных типов изоляторов и изоляционных конструкций (стеклянных и фарфоровых)

343. Коэффициенты использования k изоляционных конструкций, составленных из однотипных изоляторов, определяется по формуле:

$$k = k_и \times k_к,$$

где $k_и$ - коэффициент использования изолятора;

$k_к$ - коэффициент использования составной конструкции с параллельными или последовательно-параллельными ветвями.

344. Коэффициенты использования $k_и$ подвесных тарельчатых изоляторов со слабо развитой нижней поверхностью изоляционной детали определяются по таблице 119 приложения к настоящим Правилам в зависимости от отношения длины пути утечки изолятора $L_и$ к диаметру его тарелки D.

345. Коэффициенты использования $k_и$ подвесных тарельчатых изоляторов специального исполнения с сильно развитой поверхностью определяются по таблице 120 приложения к настоящим Правилам.

346. Коэффициенты использования $k_и$ штыревых изоляторов (линейных, опорных) со слабо развитой поверхностью должны приниматься равными 1,0, с сильно развитой поверхностью - 1,1.

347. Коэффициенты использования $k_и$ внешней изоляции электрооборудования наружной установки, выполненной в виде одиночных изоляционных конструкций, в том числе опорных изоляторов наружной установки на номинальное напряжение до 110 кВ, а также подвесных изоляторов стержневого типа на номинальное напряжение 110 кВ, определяются по таблице 121 приложения к настоящим Правилам в зависимости от отношения длины пути утечки изолятора или изоляционной конструкции $L_и$ к длине их изоляционной части h.

348. Коэффициенты использования $k_к$ одноцепных гирлянд и одиночных опорных колонок, составленных из однотипных изоляторов, принимаются равными 1,0.

349. Коэффициенты использования $k_к$ составных конструкций с параллельными ветвями (без перемычек), составленных из однотипных элементов (двухцепных и многоцепных поддерживающих и натяжных гирлянд, двух- и многостоечных колонок), определяются по таблице 122 приложения к настоящим Правилам.

350. Коэффициенты использования $k_к$ Л-образных и V-образных гирлянд с одноцепными ветвями принимаются равными 1,0.

351. Коэффициенты использования $k_к$ составных конструкций с последовательно-параллельными ветвями, составленными из изоляторов одного типа (гирлянд типа Y или , опорных колонок с различным числом параллельных ветвей по высоте, а также подстанционных аппаратов с растяжками), принимаются равными 1,1.

352. Коэффициенты использования $k_и$ одноцепных гирлянд и одиночных опорных колонок, составленных из разнотипных изоляторов с коэффициентами использования $k_{и1}$ и $k_{и2}$, определяться по формуле:

$$k = \frac{L_1 + L_2}{\frac{L_1}{k_{и1}} + \frac{L_2}{k_{и2}}},$$

где $L_1$ и $L_2$ - длина пути утечки участков конструкции из изоляторов соответствующего типа. Аналогичным образом определяться величина $k_и$ для конструкций указанного вида при числе разных типов изоляторов, большем двух.

353. Конфигурация подвесных изоляторов для районов с различными видами загрязнений выбирается по таблице 123 приложения к настоящим Правилам.

## 10. Кабельные линии напряжением до 220 кВ

### Параграф 1. Общие положения

354. Проектирование и сооружение кабельных линий должны производиться на основе технико-экономических расчетов с учетом развития сети, ответственности и назначения линии, характера трассы, способа прокладки, конструкций кабелей.

355. При выборе трассы кабельной линии требуется избегать участков с грунтами, агрессивными по отношению к металлическим оболочкам кабелей.

356. Над подземными кабельными линиями в соответствии с законодательством Республики Казахстан в области электроэнергетики должны устанавливаться охранные зоны в размере площадки над кабелями:

для кабельных линий выше 1 кВ по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей;

для кабельных линий до 1 кВ по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей, а при прохождении кабельных линий в городах под тротуарами - на 0,6 м в сторону зданий, сооружений и на 1 м в сторону проезжей части улицы.

357. Для подводных кабельных линий до и выше 1 кВ в соответствии с указанными правилами должна быть установлена охранная зона, определяемая параллельными прямыми на расстоянии 100 м от крайних кабелей.

358. Трасса кабельной линии должна выбираться с учетом наименьшего расхода кабеля, обеспечения его сохранности при механических воздействиях, обеспечения защиты от коррозии, вибрации, перегрева и от повреждений соседних кабелей электрической дугой при возникновении КЗ на одном из кабелей. При размещении кабелей необходимо избегать перекрещиваний их между собой, трубопроводами.

359. При выборе трассы кабельной маслонаполненной линии низкого давления принимается во внимание рельеф местности для наиболее рационального размещения и использования на линии подпитывающих баков.

360. Кабельные линии должны выполняться так, чтобы в процессе монтажа и эксплуатации было исключено возникновение в них опасных механических напряжений и повреждений, для чего:

1) кабели должны быть уложены с запасом по длине, достаточным для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций самих кабелей и конструкций,

по которым они проложены; укладывать запас кабеля в виде колец (витков) не допускается;

2) кабели, проложенные горизонтально по конструкциям, стенам, перекрытиям, должны быть жестко закреплены в конечных точках, непосредственно у концевых заделок, с обеих сторон изгибов и у соединительных и стопорных муфт;

3) кабели, проложенные вертикально по конструкциям и стенам, должны быть закреплены так, чтобы была предотвращена деформация оболочек и не нарушались соединения жил в муфтах под действием собственного веса кабелей;

4) конструкции, на которые укладываются небронированные кабели, должны быть выполнены таким образом, чтобы была исключена возможность механического повреждения оболочек кабелей, в местах жесткого крепления оболочки этих кабелей должны быть предохранены от механических повреждений и коррозии при помощи эластичных прокладок;

5) кабели (в том числе бронированные), расположенные в местах, где возможны механические повреждения (передвижение автотранспорта, механизмов и грузов) доступность для посторонних лиц), должны быть защищены по высоте на 2 м от уровня пола или земли и на 0,3 м в земле;

6) при прокладке кабелей рядом с другими кабелями, находящимися в эксплуатации должны быть приняты меры для предотвращения повреждения последних;

7) кабели должны прокладываться на расстоянии от нагретых поверхностей, предотвращающем нагрев кабелей выше допустимого, при этом, должна предусматриваться защита кабелей от прорыва горячих веществ в местах установки задвижек и фланцевых соединений.

361. Защита кабельных линий от блуждающих токов и почвенной коррозии должна удовлетворять требованиям настоящих Правил.

362. Конструкции подземных кабельных сооружений должны быть рассчитаны с учетом массы кабелей, грунта, дорожного покрытия и нагрузки от проходящего транспорта.

363. Кабельные сооружения и конструкции, на которых укладываются кабели, должны выполняться из несгораемых материалов.

364. Не допускается выполнение в кабельных сооружениях каких-либо временных устройств, хранение в них материалов и оборудования.

365. Временные кабели должны прокладываться с соблюдением всех требований, предъявляемых к кабельным прокладкам, с разрешения эксплуатирующей организации.

366. Открытая прокладка кабельных линий должна производиться с учетом непосредственного действия солнечного излучения, а также теплоизлучений от различного рода источников тепла.

367. Радиусы внутренней кривой изгиба кабелей должны иметь по отношению к их наружному диаметру кратности не менее указанных в стандартах или технических условиях на соответствующие марки кабелей.

368. Радиусы внутренней кривой изгиба жил кабелей при выполнении кабельных заделок должны иметь по отношению к приведенному диаметру жил кратности не менее указанных в стандартах или технических условиях на соответствующие марки кабелей.

369. Усилия тяжения при прокладке кабелей и протягивании их в трубах определяются механическими напряжениями, допустимыми для жил и оболочек.

370. Каждая кабельная линия должна иметь свой номер или наименование. Если кабельная линия состоит из нескольких параллельных кабелей, то каждый из них должен иметь тот же номер с добавлением букв А, Б, В.

371. Открыто проложенные кабели, а также все кабельные муфты должны быть снабжены бирками с обозначением на бирках кабелей и концевых муфт марки, напряжения, сечения, номера или наименования линии, на бирках соединительных муфт - номера муфты или даты монтажа.

372. Бирки должны быть стойкими к воздействию окружающей среды. На кабелях, проложенных в кабельных сооружениях, бирки должны располагаться по длине не реже чем через каждые 50 м.

373. Охранные зоны кабельных линий, проложенных в земле в незастроенной местности, должны быть обозначены информационными знаками.

374. Информационные знаки устанавливаются не реже, чем через 500 м, а также в местах изменения направления кабельных линий.

375. На информационных знаках должны быть указаны ширина охранных зон кабельных линий и номера телефонов владельцев кабельных линий.

## Параграф 2. Выбор способов прокладки

376. При выборе способов прокладки силовых кабельных линий до 35 кВ необходимо руководствоваться следующим:

1) при прокладке кабелей в земле в одной траншее прокладывается не более шести силовых кабелей. При большем количестве кабелей их прокладывают в отдельных траншеях с расстоянием между группами кабелей не менее 0,5 м или в каналах, туннелях, по эстакадам и в галереях;

2) прокладка кабелей в туннелях, по эстакадам и в галереях требуется при количестве силовых кабелей, идущих в одном направлении более 20;

3) прокладка кабелей в блоках применяется в условиях большой стесненности по трассе, в местах пересечений с железнодорожными путями и проездами, при вероятности разлива металла;

4) при выборе способов прокладки кабелей по территориям городов должны учитываться первоначальные капитальные затраты и затраты, связанные с производством эксплуатационно-ремонтных работ, а также удобство и экономичность обслуживания сооружений.

377. На территориях электростанций кабельные линии должны прокладываться в туннелях, коробах, каналах, блоках, по эстакадам и в галереях. Прокладка силовых кабелей в траншеях допускается к удаленным вспомогательным объектам (склады топлива, мастерские при количестве не более шести). На территориях электростанций общей мощностью до 25 МВт допускается также прокладка кабелей в траншеях.

378. На территориях промышленных предприятий кабельные линии должны прокладываться в земле (в траншеях), туннелях, блоках, каналах, по эстакадам, в галереях и по стенам зданий.

379. На территориях подстанций и распределительных устройств кабельные линии должны прокладываться в туннелях, коробах, каналах, трубах, в земле (в траншеях), наземных железобетонных лотках, по эстакадам и в галереях.

380. В городах и поселках одиночные кабельные линии прокладываются в земле (в траншеях) по непроезжей части улиц (под тротуарами), по дворам и техническим полосам в виде газонов.

381. По улицам и площадям, насыщенным подземными коммуникациями, прокладку кабельных линий в количестве 10 и более в потоке производится в коллекторах и кабельных туннелях. При пересечении улиц и площадей с усовершенствованными покрытиями и с интенсивным движением транспорта кабельные линии должны прокладываться в блоках или трубах.

382. Внутри зданий кабельные линии прокладываются непосредственно по конструкциям зданий (открыто и в коробах или трубах), в каналах, блоках, туннелях, трубах, проложенных в полах и перекрытиях, а также по фундаментам машин, в шахтах, кабельных этажах и двойных полах.

383. Маслонаполненные кабели и кабели с пластмассовой изоляцией прокладываются (при любом количестве кабелей) в туннелях и галереях и в земле (в траншеях) способ их прокладки определяется проектом.

### Параграф 3. Выбор кабелей

384. Для кабельных линий, прокладываемых по трассам, проходящим в различных грунтах и условиях окружающей среды, выбор конструкций и сечений кабелей производятся по участку с наиболее тяжелыми условиями, если длина участков с более легкими условиями не превышает строительной длины кабеля. При значительной длине отдельных участков трассы с различными условиями прокладки для каждого из них выбираются соответствующие конструкции и сечения кабелей.

385. Для кабельных линий, прокладываемых по трассам с различными условиями охлаждения, сечения кабелей должны выбираться по участку трассы с худшими условиями охлаждения, если длина его составляет более 10 м. Допускается для кабельных линий до 10 кВ, за исключением подводных, применение кабелей разных сечений, но не более трех при условии, что длина наименьшего отрезка составляет не менее 20 м.

386. Для кабельных линий, прокладываемых в земле или воде, должны применяться преимущественно бронированные кабели. Металлические оболочки этих кабелей должны иметь внешний покров для защиты от химических воздействий. Кабели с другими конструкциями внешних защитных покрытий (небронированные) должны обладать необходимой стойкостью к механическим воздействиям при прокладке во всех видах грунтов, при протяжке в блоках и трубах, а также стойкостью по отношению к тепловым и механическим воздействиям при эксплуатационно-ремонтных работах.

387. Трубопроводы кабельных маслонаполненных линий высокого давления, прокладываемые в земле или воде, должны иметь защиту от коррозии в соответствии с проектом.

388. В кабельных сооружениях и производственных помещениях при отсутствии опасности механических повреждений в эксплуатации прокладывается небронированные кабели, а при наличии опасности механических повреждений в эксплуатации должны применяться бронированные кабели или защита их от механических повреждений.

Вне кабельных сооружений допускается прокладка небронированных кабелей на недоступной высоте (не менее 2 м) на меньшей высоте прокладка небронированных кабелей допускается при условии защиты их от механических повреждений (коробами, угловой сталью, трубами).

При смешанной прокладке (земля - кабельное сооружение или производственное помещение) примененяются те же марок кабелей, что и для прокладки в земле, но без горючих наружных защитных покровов.

389. При прокладке кабельных линий в кабельных сооружениях, а также в производственных помещениях бронированные кабели не должны иметь поверх брони, а небронированные кабели - поверх металлических оболочек, защитных покровов из горючих материалов.

Для открытой прокладки не допускается применять силовые и контрольные кабели с горючей полиэтиленовой изоляцией.

Металлические оболочки кабелей и металлические поверхности, по которым они прокладываются, должны быть защищены негорючим антикоррозийным покрытием.

При прокладке в помещениях с агрессивной средой должны применяться кабели, стойкие к воздействию этой среды.

390. Для кабельных линий электростанций, распределительных устройств и подстанций, указанных в пункте 427 настоящих Правил, применяются кабели, бронированные стальной лентой, защищенной негорючим покрытием. На

электростанциях применение кабелей с горючей полиэтиленовой изоляцией не допускается.

391. Для кабельных линий, прокладываемых в кабельных блоках и трубах, применяются небронированные кабели в свинцовой усиленной оболочке. На участках блоков и труб, а также ответвлений от них длиной до 50 м допускается прокладка бронированных кабелей в свинцовой или алюминиевой оболочке без наружного покрова из кабельной пряжи. Для кабельных линий, прокладываемых в трубах, допускается применение кабелей в пластмассовой или резиновой оболочке.

392. Для прокладки в почвах, содержащих вещества, разрушительно действующие на оболочки кабелей (солончаки, болота, насыпной грунт со шлаком и строительным материалом), а также в зонах, опасных из-за воздействия электрокоррозии, должны применяться кабели со свинцовыми оболочками и усиленными защитными покровами типов Бл, Б2л или кабели с алюминиевыми оболочками и особо усиленными защитными покровами типов Бв, Бп (в сплошном влагостойком пластмассовом шланге).

393. В местах пересечения кабельными линиями болот кабели должны выбираться с учетом геологических условий, а также химических и механических воздействий.

394. Для прокладки в почвах, подверженных смещению, должны применяться кабели с проволочной броней или приниматься меры по устранению усилий, действующих на кабель при смещении почвы (укрепление грунта шпунтовыми или свайными рядами).

395. В местах пересечения кабельными линиями ручьев, их пойм и канав должны применяться такие же кабели, как и для прокладки в земле.

396. Для кабельных линий, прокладываемых по железнодорожным мостам, а также по другим мостам с интенсивным движением транспорта, применяются бронированные кабели в алюминиевой оболочке.

397. Для кабельных линий передвижных механизмов должны применяться гибкие кабели с резиновой или другой аналогичной изоляцией, выдерживающей многократные изгибы.

398. Для подводных кабельных линий применяются кабели с броней из круглой проволоки, по возможности одной строительной длины. С этой целью разрешается применение одножильных кабелей.

В местах перехода кабельных линий с берега в море, при наличии сильного морского прибоя, при прокладке кабеля на участках рек с сильным течением и размываемыми берегами, а также на больших глубинах (до 40-60 м) применяется кабель с двойной металлической броней.

Кабели с резиновой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке, а также кабели в алюминиевой оболочке без специальных водонепроницаемых покрытий для прокладки в воде не допускаются.

При прокладке кабельных линий через небольшие несудоходные и несплавные реки шириной (вместе с затопляемой поймой) не более 100 м, с устойчивыми руслом и дном допускается применение кабелей с ленточной броней.

399. Для кабельных маслонаполненных линий и для кабельных линий с пластмассовой изоляцией напряжением 110-220 кВ тип и конструкция кабелей определяются проектом.

400. При прокладке кабельных линий до 35 кВ на вертикальных и наклонных участках трассы с разностью уровней, должны применяться кабели с нестекающей пропиточной массой, кабели с обедненно-пропитанной бумажной изоляцией и кабели с резиновой или пластмассовой изоляцией. Для указанных условий кабели с вязкой пропиткой допускается применять только со стопорными муфтами, размещенными по трассе, в соответствии с допустимыми разностями уровней для этих кабелей.

Разность вертикальных отметок между стопорными муфтами кабельных маслонаполненных линий низкого давления определяется соответствующими техническими условиями на кабель и расчетом подпитки при предельных тепловых режимах.

401. В четырехпроводных сетях должны применяться четырехжильные кабели. Прокладка нулевых жил отдельно от фазных не допускается. Допускается применение трехжильных силовых кабелей в алюминиевой оболочке напряжением до 1 кВ с использованием их оболочки в качестве нулевого провода (четвертой жилы) в четырехпооводных сетях переменного тока (осветительных, силовых и смешанных) с глухозаземленной нейтралью, за исключением установок с взрывоопасной средой и установок, в которых при нормальных условиях эксплуатации ток в нулевом проводе составляет более 75 % допустимого длительного тока фазного провода.

Использование для указанной цели свинцовых оболочек трехжильных силовых кабелей допускается лишь в реконструируемых городских электрических сетях 220/127 и 380/220 В.

402. Для кабельных линий до 35 кВ допускается применять одножильные кабели, если это приводит к значительной экономии меди или алюминия в сравнении с трехжильными или если отсутствует возможность применения кабеля необходимой строительной длины. Сечение этих кабелей должно выбираться с учетом их дополнительного нагрева токами, наводимыми в оболочках.

Должны быть также выполнены мероприятия по обеспечению равного распределения тока между параллельно включенными кабелями и безопасного прикосновения к их оболочкам, исключению нагрева находящихся в непосредственной близости металлических частей и надежному закреплению кабелей в изолирующих клицах.

## Параграф 4. Подпитывающие устройства и сигнализация давления масла кабельных маслонаполненных линий

403. Маслоподпитывающая система должна обеспечивать надежную работу линии в любых нормальных и переходных тепловых режимах.

404. Количество масла, находящегося в маслоподпитывающей системе, должно определяться с учетом расхода на подпитку кабеля. Кроме того, должен быть запас масла для аварийного ремонта и заполнения маслом наиболее протяженной секции кабельной линии.

405. Подпитывающие баки линий низкого давления размещаются в закрытых помещениях. Небольшое количество подпитывающих баков (5-6) на открытых пунктах питания располагаются в легких металлических ящиках на порталах, опорах (при температуре окружающего воздуха не ниже минус 33°С). Подпитывающие баки должны быть снабжены указателями давления масла и защищены от прямого воздействия солнечного излучения.

406. Подпитывающие агрегаты линий высокого давления должны быть размещены в закрытых помещениях, имеющих температуру не ниже +10°С, и расположены возможно ближе к месту присоединения к кабельным линиям. Присоединение нескольких подпитывающих агрегатов к линии производится через масляный коллектор.

407. При параллельной прокладке нескольких кабельных маслонаполненных линий высокого давления производится подпитка маслом каждой линии от отдельных подпитывающих агрегатов или устанавливается устройство для автоматического переключения агрегатов на ту или другую линию.

408. Подпитывающие агрегаты обеспечиваются электроэнергией от двух независимых источников питания с обязательным устройством автоматического включения резерва (АВР). Подпитывающие агрегаты должны быть отделены один от другого несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 часов.

409. Каждая кабельная маслонаполненная линия должна иметь систему сигнализации давления масла, обеспечивающую регистрацию и передачу дежурному персоналу сигналов о понижении и повышении давления масла сверх допустимых пределов.

410. На каждой секции кабельной маслонаполненной линии низкого давления должно быть установлено по крайней мере два датчика, на линии высокого давления - датчик на каждом подпитывающем агрегате. Аварийные сигналы должны передаваться на пункт с постоянным дежурством персонала. Система сигнализации давления масла должна иметь защиту от влияния электрических полей силовых кабельных линий.

411. Подпитывающие пункты на линиях низкого давления должны быть оборудованы телефонной связью с диспетчерскими пунктами (электросети сетевого района).

412. Маслопровод, соединяющий коллектор подпитывающего агрегата с кабельной маслонаполненной линией высокого давления, должен прокладываться в помещениях с положительной температурой. Допускается прокладка его в утепленных траншеях, лотках, каналах и в земле ниже зоны промерзания при условии обеспечения положительной температуры окружающей среды.

413. Вибрация в помещении щита с приборами для автоматического управления подпитывающим агрегатом не должна превышать допустимых пределов.

## Параграф 5. Соединения и заделки кабелей

414. При соединении и оконцевании силовых кабелей применяются конструкции муфт, соответствующие условиям их работы и окружающей среды. Соединения и заделки на кабельных линиях должны быть выполнены так, чтобы кабели были защищены от проникновения в них влаги и других вреднодействующих веществ из окружающей среды и чтобы соединения и заделки выдерживали испытательные напряжения для кабельной линии.

415. Для кабельных линий до 35 кВ концевые и соединительные муфты должны применяться в соответствии с действующей технической документацией на муфты, утвержденной в установленном порядке.

416. Для соединительных и стопорных муфт кабельных маслонаполненных линий низкого давления необходимо применять только латунные или медные муфты.

Для кабельных линий с пластмассовой изоляцией необходимо применять концевые и соединительные муфты в пластмассовой оболочке.

Длина секций и места установки стопорных муфт на кабельных маслонаполненных линиях низкого давления определяются с учетом подпитки линий маслом в нормальном и переходных тепловых режимах.

Стопорные и полустопорные муфты на кабельных маслонаполненных линиях должны размещаться в кабельных колодцах соединительные муфты при прокладке кабелей в земле размещаются в камерах, подлежащих последующей засыпке просеянной землей или песком.

В районах с электрифицированным транспортом (метрополитен, трамваи, железные дороги) или с агрессивными по отношению к металлическим оболочкам и муфтам кабельных линий почвами соединительные муфты должны быть доступны для контроля.

417. На кабельных линиях, выполняемых кабелями с нормально пропитанной бумажной изоляцией и кабелями, пропитанными нестекающей массой, соединения кабелей должны производиться при помощи стопорно-переходных муфт, если уровень прокладки кабелей с нормально пропитанной изоляцией выше уровня прокладки кабелей, пропитанных нестекающей массой.

418. На кабельных линиях выше 1 кВ, выполняемых гибкими кабелями с резиновой изоляцией в резиновом шланге, соединения кабелей должны производиться горячим вулканизированным с покрытием противосыростным лаком.

419. Число соединительных муфт на 1 км вновь строящихся кабельных пиний должно быть не более: для трехжильных кабелей 1-10 кВ сечением до 3 х 55 мм$^2$ 4 шт. для

трехжильных кабелей 1-10 кВ сечениями 3 х 120 - 3 х 240 мм$^2$ 5 шт., для трехфазных кабелей 20-35 кВ 6 шт. для одножильных кабелей 2 шт.

Для кабельных линий 110-220 кВ число соединительных муфт определяется проектом.

Использование маломерных отрезков кабелей для сооружения протяженных кабельных линий не допускается.

## Параграф 6. Заземление

420. Кабели с металлическими оболочками или броней, а также кабельные конструкции, на которых прокладываются кабели, должны быть заземлены или занулены в соответствии с требованиями, приведенными в разделе 2 настоящих Правил.

421. При заземлении или занулении металлических оболочек силовых кабелей оболочка и броня должны быть соединены гибким медным проводом между собой и с корпусами муфт (концевых, соединительных). На кабелях 6 кВ и выше с алюминиевыми оболочками заземление оболочки и брони должно выполняться отдельными проводниками.

Применять заземляющие или нулевые защитные проводники с проводимостью большей, чем проводимость оболочек кабелей, не требуется, однако сечение во всех случаях должно быть не менее 6 мм$^2$.

Сечения заземляющих проводников контрольных кабелей выбираются в соответствии с требованием настоящих Правил.

Если на опоре конструкции установлены наружная концевая муфта и комплект разрядников, то броня металлической оболочки и муфта должны быть присоединены к заземляющему устройству разрядников. Использование в качестве заземляющего устройства только металлических оболочек кабелей в этом случае не допускается.

422. На кабельных маслонаполненных линиях низкого давления заземляются концевые, соединительные и стопорные муфты.

На кабелях с алюминиевыми оболочками подпитывающие устройства должны подсоединяться к линиям через изолирующие вставки, а корпуса концевых муфт должны быть изолированы от алюминиевых оболочек кабелей. Указанное требование не распространяется на кабельные линии с непосредственным вводом в трансформаторы.

При применении для кабельных маслонаполненных линий низкого давления бронированных кабелей в каждом колодце броня кабеля с обеих сторон муфты должна быть соединена сваркой и заземлена.

423. Стальной трубопровод маслонаполненных кабельных линий высокого давления, проложенных в земле, должен быть заземлен во всех колодцах и по концам, а проложенных в кабельных сооружениях — по концам и в лромежуточных точках, определяемых расчетами в проекте.

При необходимости активной защиты стального трубопровода от коррозии заземление его выполняется в соответствии с требованиями этой защиты, при этом, должна быть обеспечена возможность контроля электрического сопротивления антикоррозийного покрытия.

424. При переходе кабельной линии в воздушную (ВЛ) и при отсутствии у опоры ВЛ заземляющего устройства кабельные муфты (мачтовые) допускается заземлять присоединением металлической оболочки кабеля, если кабельная муфта на другом конце кабеля присоединена к заземляющему устройству или сопротивление заземления кабельной оболочки соответствует требованиям параграфа 2 главы 7 настоящих Правил.

## Параграф 7. Специальные требования к кабельному хозяйству электростанций, подстанций и распределительных устройств

425. Требования, приведенные в пунктах 426-432 настоящих Правил, распространяются на кабельные хозяйства тепловых и гидроэлектростанций мощностью 25 МВт и более, распределительных устройств и подстанций напряжением 220-500 кВ, а также распределительных устройств и подстанций, имеющих особое значение в энергосистеме.

426. Главная схема электрических соединений, схема собственных нужд и схема оперативного тока управления оборудованием и компоновка оборудования и кабельного хозяйства электростанции или подстанции должны выполняться таким образом, чтобы при возникновении пожара в кабельном хозяйстве или вне его были исключены нарушения работы более чем одного блока электростанции, одновременная потеря взаимно резервирующих присоединений распределительных устройств и подстанций, а также выход из работы систем обнаружения и тушения пожаров.

427. Для основных кабельных потоков электростанций должны предусматриваться кабельные сооружения (этажи, туннели, шахты), изолированные от технологического оборудования и исключающие доступ к кабелям посторонних лиц.

При размещении истоков кабелей на электростанциях трассы кабельных линий должны выиграться с учетом:

1) предотвращения перегрева кабелей от нагретых поверхностей технологического оборудования;

2) предотвращения повреждений кабелей при выхлопах (возгораниях и взрывах) пыли через предохранительные устройства пылесистем;

3) недопущения прокладки транзитных кабелей в технологических туннелях гидрозолоудаления, помещениях химводоочистки, а также в местах, где располагаются трубопроводы с химически агрессивными жидкостями.

428. Взаимно резервирующие ответственные кабельные линии (силовые, оперативного тока, средств связи, управления, сигнализации, систем пожаротушения) должны прокладываться так, чтобы при пожарах была исключена возможность одновременной потери взаимно резервирующих кабельных линий. На участках кабельного хозяйства, где возникновение аварии угрожает ее большим развитием, кабельные потоки делятся на изолированные одна от другой группы. Распределение кабелей по группам принимается в зависимости от местных условий.

429. В пределах одного энергоблока разрешается выполнение кабельных сооружений с пределом огнестойкости 0,25 часов. При этом, технологическое оборудование, которое может служить источником пожара (баки с маслом, маслостанции), должно иметь ограждения с пределом огнестойкости не менее 0,75 часов, исключающие возможность загорания кабелей при возникновении пожара на этом оборудовании.

В пределах одного энергоблока электростанции разрешается прокладка кабелей вне специальных кабельных сооружений при условии надежной их защиты от механических повреждений и заноса пылью, от искр и огня при производстве ремонта технологического оборудования, обеспечения нормальных температурных условий для кабельных линий и удобства их обслуживания.

Для обеспечения доступа к кабелям при расположении их на высоте 5 м и более должны сооружаться специальные площадки и проходы.

Для одиночных кабелей и небольших групп кабелей (до 20) эксплуатационные площадки не сооружаются, но при этом, должна быть обеспечена возможность быстрой замены и ремонта кабелей в условиях эксплуатации.

При прокладке кабелей в пределах одного энергоблока вне специальных кабельных сооружений должно обеспечиваться разделение их на отдельные группы, проходящие по различным трассам.

430. Кабельные этажи и туннели, в которых размещаются кабели различных энергоблоков электростанции, включая кабельные этажи и туннели под блочными

щитами управления, должны быть разделены поблочно и отделены от других помещении, кабельных этажей, туннелей, шахт, коробов и каналов несгораемыми перегородками и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее 0,75 часов, в том числе в местах прохода кабелей.

В местах предполагаемого прохода кабелей через перегородки и перекрытия, в целях обеспечения возможности замены и дополнительной прокладки кабелей, должна предусматриваться перегородка из несгораемого, легко пробиваемого материала с пределом огнестойкости не менее 0,75 часов.

В протяженных кабельных сооружениях тепловых электростанций должны предусматриваться аварийные выходы, расположенные, не реже чем через 50 м.

Кабельные хозяйства электростанций должны быть отделены от отходящих сетевых кабельных туннелей и коллекторов несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 часов.

431. Места входа кабелей в помещения закрытых распределительных устройств и в помещения щитов управления и защиты открытых распределительных устройств должны иметь перегородки с пределом огнестойкости не менее 0,75 часов.

Места входа кабелей на блочные щиты управления электростанцией должны быть закрыты перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 часов.

Кабельные шахты должны быть отделены от кабельных туннелей, этажей и других кабельных сооружений несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 часов и иметь перекрытия вверху и внизу. Протяженные шахты при проходе через перекрытия, но не реже чем через 20 м, должны делиться на отсеки несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 часов.

Проходные кабельные шахты должны иметь входные двери и быть оборудованы лестницами или специальными скобами.

## Параграф 8. Прокладка кабельных линий в земле

432. При прокладке кабельных линий непосредственно в земле кабели должны прокладываться в траншеях и иметь снизу подсыпку, а сверху засыпку слоем мелкой земли, не содержащей камней, строительного мусора и шлака.

Кабели на всем протяжении должны быть защищены от механических повреждений путем покрытия при напряжении 35 кВ и выше железобетонными плитами толщиной не менее 50 мм, при напряжении ниже 35 кВ - плитами или глиняным обыкновенным кирпичом в один слой поперек трассы кабелей, при рытье траншеи землеройным механизмом с шириной фрезы менее 250 мм, а также для одного кабеля - вдоль трассы кабельной линии. Применение силикатного, а также глиняного пустотелого или дырчатого кирпича не допускается.

При прокладке на глубине 1-1,2 м кабели 20 кВ и ниже (кроме кабелей городских электросетей) допускается не защищать от механических повреждений.

Кабели до 1 кВ должны иметь такую защиту лишь на участках, где вероятны механические повреждения (в местах частых раскопок). Асфальтовые покрытия улиц рассматриваются как места, где разрытия производятся в редких случаях. Для кабельных линий до 20 кВ, кроме линий выше 1 кВ, питающих электроприемники I категории, допускается в траншеях с количеством кабельных линий не более двух применять вместо кирпича сигнальные пластмассовые ленты, соответствии требованием законодательства Республики Казахстан. Не допускается применение сигнальных лент в местах пересечений кабельных линий с инженерными коммуникациями и над кабельными муфтами на расстоянии по 2 м в каждую сторону от пересекаемой коммуникации или муфты, а также на подходах линий к распределительным устройствам и подстанциям в радиусе 5 м.

Сигнальная лента должна укладываться в траншее над кабелями на расстоянии 250 мм от их наружных покровов. При расположении в траншее одного кабеля лента должна укладываться по оси кабеля, при большем количестве кабелей края ленты должны выступать за крайние кабели не менее чем на 50 мм. При укладке по ширине траншеи более одной ленты - смежные ленты должны прокладываться с нахлестом шириной не менее 50 мм.

При применении сигнальной ленты прокладка кабелей в траншее с устройством подушки для кабелей, присыпка кабелей первым слоем земли и укладка ленты, включая присыпку ленты слоем земли по всей длине, должны производиться в присутствии представителя электромонтажной организации и владельца электросетей.

433. Глубина заложения кабельных линий от планировочной отметки должна быть не менее линий до 20 кВ 0,7 м, 35 кВ 1 м при пересечении улиц и площадей независимо от напряжения 1 м.

Кабельные маслонаполненные линии и кабельные линии с пластмассовой изоляцией 110-220 кВ должны иметь глубину заложения от планировочной отметки не менее 1,5 м. Допускается уменьшение глубины до 0,5 м на участках длиной до 5 м при вводе линий в здания, а также в местах пересечения их с подземными сооружениями при условии защиты кабелей от механических повреждений.

Прокладка кабельных линий 6-10 кВ по пахотным землям должна производиться на глубине не менее 1 м, при этом, полоса земли над трассой может быть занята под посевы.

434. Расстояние в свету от кабеля, проложенного непосредственно в земле, до фундаментов сооружений должно быть не менее 0,6 м. Прокладки кабелей непосредственно в земле под фундаментами зданий и сооружений не допускается.

435. При параллельной прокладке кабельных линий расстояние по горизонтали в свету между кабелями должно быть не менее:

1) 100 мм между силовыми кабелями до 10 кВ, а также между ними и контрольными кабелями;

2) 250 мм между кабелями 20-35 кВ и между ними и другими кабелями;

3) 500 мм между кабелями, эксплуатируемыми различными организациями, а также между силовыми кабелями и кабелями связи;

4) 500 мм между маслонаполненными кабелями, кабелями с пластмассовой изоляцией 110-220 кВ и другими кабелями; при этом, кабельные маслонаполненные линии низкого давления и кабельные линии с пластмассовой изоляцией отделяются одна от другой и от других кабелей железобетонными плитами, поставленными на ребро производятся расчет электромагнитного влияния на кабели связи.

Однофазные маслонаполненные кабели и кабели с пластмассовой изоляцией укладываются вплотную по вершинам треугольника, в середине которого, при необходимости размещается заземляющий проводник. Для увеличения пропускной способности линий для лучшего отвода тепла кабели располагаются в горизонтальной плоскости с расстоянием между фазами 100 мм, если, по условиям величины токов короткого замыкания, не требуется применение заземляющего проводника.

Допускается, в случаях необходимости, по согласованию между эксплуатирующими организациями с учетом местных условий уменьшение расстояний, указанных в подпунктах 2 и 3 настоящего пункта, до 100 мм, а между силовыми кабелями до 10 кВ и кабелями связи, кроме кабелей с цепями, уплотненными высокочастотными системами телефонной связи, до 250 мм при условии защиты кабелей от повреждений, могущих возникнуть при КЗ в одном из кабелей (прокладка в трубах, установка несгораемых перегородок). Расстояние между контрольными кабелями не нормируется.

436. При прокладке кабельных линий в зоне насаждений расстояние от кабелей до стволов деревьев должно быть, не менее 2 м. Допускается по согласованию с организацией, в ведении которой находятся зеленые насаждения, уменьшение этого расстояния при условии прокладки кабелей в трубах, проложенных путем подкопки.

При прокладке кабелей в пределах зеленой зоны с кустарниковыми посадками указанные расстояния допускается уменьшить до 0,75 м.

437. При параллельной прокладке расстояние по горизонтали в свету от кабельных линий напряжением до 35 кВ, маслонаполненных кабельных линий и кабельных линий с пластмассовой изоляцией до трубопроводов, водопровода, канализации и дренажа должно быть не менее 1 м до газопроводов низкого (0,0049 МП1), среднего (0,294МП1) и высокого давления (более 0,294 до 0,588 МП1) - не менее 1 м до газопроводов высокого давления (более 0,588 до 1,176 МП1) - не менее 2 м до теплопроводов - в соответствии с пунктом 439 настоящих Правил.

В стесненных условиях допускается уменьшение указанных расстояний для кабельных линий до 35 кВ, за исключением расстояний до трубопроводов с горючими жидкостями и газами, до 0,5 м - без специальной защиты кабелей и до 0,25 м - при прокладке кабелей в трубах.

Для маслонаполненных кабельных линий и кабельных линий с пластмассовой изоляцией 110-220 кВ на участке сближения длиной не более 50 м допускается уменьшение расстояния по горизонтали в свету до трубопроводов, за исключением трубопроводов с горючими жидкостями и газами, до 0,5 м - при условии устройства между маслонаполненными кабелями, кабелями с пластмассовой изоляцией и трубопроводом защитной стенки, исключающей возможность механических повреждений. Параллельная прокладка кабелей над и под трубопроводами не допускается.

438. При прокладке кабельной линии параллельно с теплопроводом расстояние в свету между кабелем и стенкой канала теплопровода должно быть не менее 2 м, или теплопровод на всем участке сближения с кабельной линией должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы дополнительный нагрев земли теплопроводом в месте прохождения кабелей в любое время года не превышал 100 С для кабельных линий до 10 кВ и 5 0 С- для линий 20-220 кВ.

439. При прокладке кабельной линии параллельно с железными дорогами кабели прокладываются, вне зоны, отчуждения дороги. Прокладка кабелей в пределах зоны отчуждения допускается только по согласованию с заинтересованными организациями, при этом, расстояние от кабеля до оси пути железной дороги должно быть не менее 3,25 м, а для электрифицированной дороги - не менее 10,75 м. В стесненных условиях допускается уменьшение указанных расстояний, при этом, кабели на всем участке сближения должны прокладываться в блоках или трубах.

При электрифицированных дорогах на постоянном токе блоки или трубы должны быть изолирующими (асбестоцементные, пропитанные гудроном или битумом).

440. При прокладке кабельной линии параллельно с трамвайными путям рассеяние от кабеля до оси трамвайного пути должно быть не менее 2,75 м. В стесненных условиях допускается уменьшение этого расстояния при условии, что кабели на всем участке сближения будут проложены в изолирующих блоках или трубах, указанных в пункте 439 настоящих Правил.

441. При прокладке кабельной линии параллельно с автомобильными дорогами категорий I и II кабели должны прокладываться с внешней стороны кювета или подошвы насыпи и на расстоянии не менее 1 м от бровки или не менее 1,5 м от бордюрного камня. Уменьшение указанного расстояния допускается в каждом отдельном случае по согласованию с соответствующими заинтересованными организациями.

442. При прокладке кабельной линии параллельно с ВЛ 110 кВ и выше расстояние от кабеля до вертикальной плоскости, проходящей через крайний провод линии должно быть не менее 10 м.

Расстояние в свету от кабельной линии до заземленных частей и заземлителей опор ВЛ выше 1 кВ должно быть не менее 5 м при напряжении до 35 кВ, 10 м при напряжении 110 кВ и выше. В стесненных условиях расстояние от кабельных линий до подземных

частей и заземлителей отдельных опор ВЛ выше 1 кВ допускается не менее 2 м, при этом, расстояние от кабеля до вертикальной плоскости, проходящей через провод ВЛ, не нормируется.

Расстояние в свету от кабельной линии до опоры ВЛ до 1 кВ должно быть не менее 1 м, а при прокладке кабеля на участке сближения в изолирующей трубе 0,5 м.

На территориях электростанций и подстанций в стесненных условиях допускается прокладывать кабельные линии на расстояниях не менее 0,5 м от подземной части опор воздушных связей (токопроводов) и ВЛ выше 1 кВ, если заземляющие устройства этих опор присоединены к контуру заземления подстанции.

443. При пересечении других кабелей они должны быть разделены слоем земли толщиной не менее 0,5 м это расстояние в стесненных условиях для кабелей до 35 кВ допускается уменьшение до 0,15 м при условии разделения кабелей на всем участке пересечения плюс по 1 м в каждую сторону плитами или трубами из бетона или другого равнопрочного материала, при этом, кабели связи должны быть расположены выше силовых кабелей.

444. При пересечении кабельными линиями трубопроводов, в том числе нефте- и газопроводов, расстояние между кабелями и трубопроводом должно быть не менее 0,5 м. Допускается уменьшение этого расстояния до 0,25 м при условии прокладки кабеля на участке пересечения плюс не менее чем по 2 м в каждую сторону в трубах.

При пересечении кабельной маслонаполненной линией, кабельной линией с пластмассовой изоляцией трубопроводов расстояние между ними в свету должно быть не менее 1 м. Для стесненных условий допускается принимать расстояние не менее 0,25 м, но при условии размещения кабелей в трубах или железобетонных лотках с крышкой.

445. При пересечении кабельными линиями до 35 кВ теплопроводов расстояние между кабелями и перекрытием теплопровода в свету должно быть не менее 0,5 м, а в стесненных условиях - не менее 0,25 м. При этом, теплопровод на участке пересечения плюс по 2 м в каждую сторону от крайних кабелей должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы температура земли не повышалась более чем на 100 С по отношению к высшей летней температуре и на 150 С по отношению к низшей зимней.

В случаях, когда указанные условия не соблюдаются, выполняется одно из следующих мероприятий:

1) заглубление кабелей до 0,5 м вместо 0,7 м;

2) применение кабельной вставки большего сечения;

3) прокладка кабелей под теплопроводом в трубах на расстоянии от него не менее 0,5 м, при этом, трубы должны быть уложены таким образом, чтобы замена кабелей могла быть выполнена без производства земляных работ.

При пересечении кабельной маслонаполненной линией, кабельной линией с пластмассовой изоляцией теплопровода расстояние между кабелями и перекрытием теплопровода должно быть не менее 1 м, а в стесненных условиях - не менее 0,5 м. При этом, теплопровод на участке пересечения плюс по 3 м в каждую сторону от крайних кабелей должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы температура земли не повышалась более чем на 50 С в любое время года.

446. При пересечении кабельными линиями железных и автомобильных дорог кабели должны прокладываться в туннелях, блоках или трубах по всей ширине зоны отчуждения на глубине не менее 1 м от полотна дороги и не менее 0,5 м от дна водоотводных канав. При отсутствии зоны отчуждения указанные условия прокладки должны выполняться только на участке пересечения плюс по 2 м по обе стороны от полотна дороги.

При пересечении кабельными линиями электрифицированных и подлежащих электрификации на постоянном токе железных дорог блоки и трубы должны быть изолирующими. Место пересечения должно находиться на расстоянии не менее 13 м от стрелок, крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей. Пересечение

кабелей с путями электрифицированного рельсового транспорта должно производиться под углом 75-900 к оси пути.

Концы блоков и труб должны быть утоплены джутовыми плетеными шнурами, обмазанными водонепроницаемой (мятой) глиной на глубину не менее 330 мм.

При пересечении тупиковых дорог промышленного назначения с малой интенсивностью движения, а также специальных путей (на слипах) кабели, прокладываются непосредственно в земле.

При пересечении трассы кабельных линий вновь сооружаемой железной неэлектрифицированной дорогой или автомобильной дорогой перекладки действующих кабельных линий не требуется. В месте пересечения должны быть заложены на случай ремонта кабелей в необходимом количестве резервные блоки или трубы с плотно заделанными торцами.

В случае перехода кабельной линии в воздушную кабель должен выходить на поверхность на расстоянии не менее 3,5 м от подошвы насыпи или от кромки полотна.

447. При пересечении кабельными линиями трамвайных путей кабели должны прокладываться в изолирующих блоках или трубах. Пересечение должно выполняться на расстоянии не менее 3 м от стрелок, крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей.

448. При пересечении кабельными линиями въездов для автотранспорта во дворы, гаражи прокладка кабелей должна производиться в трубах. Таким же способом должны быть защищены кабели в местах пересечения ручьев и канав.

При установке на кабельных линиях кабельных муфт расстояние в свету между корпусом кабельной муфты и ближайшим кабелем должно быть не менее 250 мм.

При установке на крутонаклонных трассах кабельных муфт под ними должны выполняться горизонтальные площадки.

Для обеспечения возможности перемонтажа муфт в случае их повреждения на кабельной линии требуется укладывать кабель с обеих сторон муфт с запасом.

449. При наличии по трассе кабельной линии блуждающих токов опасных величин необходимо:

1) изменить трассу кабельной линии с тем, чтобы обойти опасные зоны;

2) при невозможности изменить трассу предусмотреть меры по максимальному снижению уровней блуждающих токов применить кабели с повышенной стойкостью к воздействию коррозии осуществить активную защиту кабелей от воздействия электрокоррозии.

При прокладках кабелей в агрессивных грунтах и зонах с наличием блуждающих токов недопустимых значений должна применяться катодная поляризация (установка электродренажей, протекторов, катодная защита). При любых способах подключения электродренажных устройств должны соблюдаться нормы разностей потенциалов на участках отсасывания.

Необходимость защиты кабельных линий от коррозии должна определяться по совокупным данным электрических измерений и химических анализов проб грунта. Защита кабельных линий от коррозии не должна создавать условий, опасных для работы смежных подземных сооружений. Запроектированные мероприятия по защите от коррозии должны быть осуществлены до ввода новой кабельной линии в эксплуатацию. При наличии в земле блуждающих токов необходимо устанавливать на кабельных линиях контрольные пунктов местах и на расстояниях, позволяющих определять границы опасных зон, что необходимо для последующего рационального выбора и размещения защитных средств.

Для контроля потенциалов на кабельных линиях допускается использовать места выходов кабелей на трансформаторные подстанции, распределительные пункты.

## Параграф 9. Прокладка кабельных линий в кабельных блоках, трубах и железобетонных лотках

450. Для изготовления кабельных блоков, а также для прокладки кабелей в трубах допускается применять стальные, чугунные, асбестоцементные, бетонные, керамические и тому подобные трубы. При выборе материала для блоков и труб учитывается уровень грунтовых вод и их агрессивность, а также наличие блуждающих токов.

Маслонаполненные однофазные кабели низкого давления, однофазные кабели с пластмассовой изоляцией необходимо прокладывать только в асбестоцементных и других трубах из немагнитного материала, при этом, каждая фаза должна прокладываться в отдельной трубе.

451. Допустимое количество каналов в блоках, расстояния между ними и их размер должны приниматься согласно пункте 45 настоящих Правил.

452. Каждый кабельный блок должен иметь до 15 % резервных каналов, но не менее одного канала.

453. Глубина заложения в земле кабельных блоков и труб должна приниматься по местным условиям, но быть не менее расстояний, приведенных в пункте 433 настоящих Правил, считая до верхнего кабеля. Глубина заложения кабельных блоков и труб на закрытых территориях и в полах производственных помещений не нормируется.

454. Кабельные блоки должны иметь уклон не менее 0,2 % в сторону колодцев. Такой же уклон необходимо соблюдать и при прокладке труб для кабелей.

455. При прокладке труб для кабельных линий непосредственно в земле наименьшие расстояния в свету между трубами и между ними и другими кабелями и сооружениями должны приниматься, как для кабелей, проложенных без труб.

При прокладке кабельных линий в трубах в полу помещения расстояния между ними принимаются, как для прокладки в земле.

456. В местах, где изменяется направление трассы кабельных линий, проложенных в блоках, и в местах перехода кабелей и кабельных блоков в землю должны сооружаться кабельные колодцы, обеспечивающие удобную протяжку кабелей и удаление их из блоков. Такие колодцы должны сооружаться также и на прямолинейных участках трассы на расстоянии один от другого, определяемом предельно допустимым тяжением кабелей. При числе кабелей до 10 и напряжение не выше 35 кВ переход кабелей из блоков в землю допускается осуществлять без кабельных колодцев. При этом, места выхода кабелей из блоков должны быть заделаны водонепроницаемым материалом.

457. Переход кабельных линий из блоков и труб в здания, туннели, подвалы должен осуществляться одним из следующих способов:

непосредственным вводом в них блоков и труб, сооружением колодцев или приямков внутри зданий либо камер у их наружных стен.

Должны быть предусмотрены меры, исключающие проникновение через трубы или проемы воды и мелких животных из траншей в здания, туннели.

458. Каналы кабельных блоков, трубы, выход из них, а также их соединения должны иметь обработанную и очищенную поверхность для предотвращения механических повреждений оболочек кабелей при протяжке. На выходах кабелей из блоков в кабельные сооружения и камеры должны предусматриваться меры, предотвращающие повреждение оболочек от истирания и растрескивания (применение эластичных подкладок, соблюдение необходимых радиусов изгиба).

459. При высоком уровне грунтовых вод на территории ОРУ применяются надземные способы прокладки кабелей (в лотках или коробах). Надземные лотки и плиты для их покрытия должны быть выполнены из железобетона. Лотки должны быть уложены на специальных бетонных подсадках с уклоном не менее 0,2 % по спланированной трассе таким образом, чтобы не препятствовать стоку ливневых вод. При наличии в днищах

надземных лотков проемов, обеспечивающих выпуск ливневых вод, создавать уклон не требуется.

При применении кабельных лотков для прокладки кабелей должны обеспечиваться проезд по территории ОРУ и подъезд к оборудованию машин и механизмов, необходимых для выполнения ремонтных и эксплуатационных работ. Для этой цели должны быть устроены переезды через лотки при помощи железобетонных плит с учетом нагрузки от преходящего транспорта, с сохранением расположения лотков на одном уровне. При применении кабельных лотков не допускается прокладка кабелей под дорогами и переездами в трубах, каналах и траншеях, расположенных ниже лотков.

Выход кабелей из лотков к шкафам управления и защиты должен выполняться в трубах, не заглубляемых в землю. Прокладка кабельных перемычек в пределах одной ячейки ОРУ допускается в траншее, причем применение в этом случае труб для защиты кабелей при подводке их к шкафам управления и релейной защиты не рекомендуется. Защита кабелей от механических повреждений должна выполняться другими способами (с применением уголка, швеллера).

## Параграф 10. Прокладка кабельных линий в кабельных сооружениях

460. Кабельные сооружения всех видов должны выполняться с учетом возможности дополнительной прокладки кабелей в размере 15 % количества кабелей, предусмотренного проектом (замена кабелей в процессе монтажа, дополнительная прокладка в последующей эксплуатации)

461. Кабельные этажи, туннели, галереи, эстакады и шахты должны быть отделены от других помещений и соседних кабельных сооружений несгораемыми перегородками и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее 0,75 часов. Такими же перегородками протяженные туннели должны разделяться на отсеки длиной не более 150 м при наличии силовых и контрольных кабелей и не более 100 м при наличии маслонаполненных кабелей, кабелей с пластмассовой изоляцией. Площадь каждого отсека двойного пола должна быть не более 600 м$^2$.

Двери в кабельных сооружениях и перегородках с пределом огнестойкости 0,75 часов должны иметь предел огнестойкости не менее 0,75 часов в электроустановках, перечисленных в пункте 426 настоящих Правил и 0,6 часов в остальных электроустановках.

Выходы из кабельных сооружений должны предусматриваться наружу или в помещения с производствами категорий Г и Д.

Количество и расположение выходов из кабельных сооружений должно определяться, исходя из местных условий, но их должно быть не менее двух. При длине кабельного сооружения не более 25 м допускается иметь один выход.

Двери кабельных сооружений должны быть самозакрывающимися, с уплотненными притворами. Выходные двери из кабельных сооружений должны открываться наружу и должны иметь замки, отпираемые из кабельных сооружений без ключа, а двери между отсеками должны открываться по направлению ближайшего выхода и оборудоваться устройствами, поддерживающими их в закрытом положении.

Проходные кабельные эстакады с мостиками обслуживания должны иметь входы с лестницами. Расстояние между входами должно быть не более 150 м. Расстояние от торца эстакады до входа на нее не должно превышать 25 м.

Входы должны иметь двери, предотвращающие свободный доступ на эстакады лицам, не связанным с обслуживанием кабельного хозяйства.

Двери должны иметь самозапирающиеся замки, открываемые без ключа с внутренней стороны эстакады.

Расстояние между входами в кабельную галерею при прокладке в ней кабелей не выше 35 кВ должно быть не более 150 м, а при прокладке маслонаполненных кабелей, кабелей с пластмассовой изоляцией - не более 120 м.

Наружные кабельные эстакады и галереи должны иметь основные несущие строительные конструкции (колонны, балки) из железобетона с пределом огнестойкости не менее 0,75 часов или из стального проката с пределом огнестойкости не менее 0,25 часов.

Несущие конструкции зданий и сооружений, которые могут опасно деформироваться или снизить механическую прочность при горении групп (потоко3) кабелей, проложенных вблизи этих конструкций на наружных кабельных эстакадах и галереях, должны иметь защиту, обеспечивающую предел огнестойкости защищаемых конструкций не менее 0,75 часов.

Кабельные галереи должны делиться на отсеки несгораемыми противопожарными перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 часов. Длина отсеков галерей должна быть не более 150 м при прокладке в них кабелей до 35 кВ и не более 120 м при прокладке маслонаполненных кабелей, кабелей с пластмассовой изоляцией. На наружные кабельные галереи, закрытые частично, указанные требования не распространяются.

462. В туннелях и каналах должны быть выполнены мероприятия по предотвращению попадания в них технологических вод и масла, а также должен быть обеспечен отвод почвенных и ливневых вод. Полы в них должны иметь уклон не менее 0,5% в сторону водосборников или ливневой канализации. Проход из одного отсека туннеля в другой при их расположении на разных уровнях должен быть осуществлен с помощью пандуса с углом подъема не выше 150. Устройство ступеней между отсеками туннелей не допускаются.

В кабельных каналах, сооружаемых вне помещений и расположенных выше уровня грунтовых вод, допускается земляное дно с дренирующей подсыпкой толщиной 10-15 см из утрамбованного гравия или песка.

В туннелях должны быть предусмотрены дренажные механизмы, при этом, применяются автоматический их пуск в зависимости от уровня воды. Пусковые аппараты и электродвигатели должны иметь исполнение, допускающее их работу в особо сырых местах.

При переходах эстакады и галереи проходного типа с одной отметки на другую должен быть выполнен пандус с уклоном не более 150. Как исключение, допускается устройство лестницы с уклоном 1:1.

463. Кабельные каналы и двойные полы в распределительных устройствах и помещениях должны перекрываться съемными несгораемыми плитами. В электромашинных и тому подобных помещениях каналы перекрываются рифленой сталью, а в помещениях щитов управления с паркетными полами - деревянными щитами с паркетом, защищенными снизу асбестом и по асбесту - жестью. Перекрытие каналов и двойных полов должно быть рассчитано на передвижение по нему соответствующего оборудования.

464. Кабельные каналы вне зданий должны быть засыпаны поверх съемных плит слоем земли толщиной не менее 0,3 м. На огражденных территориях засыпка кабельных каналов землей поверх съемных плит не обязательна. Масса отдельной плиты перекрытия, снимаемой вручную, не должна превышать 70 кг. Плиты должны иметь приспособление для подъема.

465. На участках, где могут быть пролиты расплавленный металл, жидкости с высокой температурой или же вещества, разрушающе действующие на металлические оболочки кабелей, сооружение кабельных каналов не допускается. На указанных участках не допускается также устройство люков в коллекторах и туннелях.

466. Подземные туннели вне зданий должны иметь поверх перекрытия слой земли толщиной не менее 0,5 м.

467. При совместной прокладке кабелей и теплопроводов в сооружениях дополнительны и нагрев воздуха теплопроводом в месте расположения кабелей в любое время года не должен превышать 5°С, для чего должны быть предусмотрены вентиляция и теплоизоляция на трубах.

468. В кабельных сооружениях кабели прокладываются целыми строительными длинами, а размещение кабелей в сооружениях должно производиться в соответствии со следующим:

1) контрольные кабели и кабели связи размещаются только под или только над силовыми кабелями при этом, их отделяют перегородкой. В местах переселения и ответвления допускается прокладка контрольных кабелей и кабелей связи над и под силовыми кабелями;

2) контрольные кабели допускается прокладывать рядом с силовыми кабелями до 1 кВ;

3) силовые кабели до 1 кВ прокладываются над кабелями выше 1 кВ; при этом, их отделяют перегородкой;

4) различные группы кабелей, рабочие и резервные кабели выше 1 кВ генераторов, трансформаторов, питающие электроприемники I категории, прокладываются на разных горизонтальных уровнях и разделять перегородками;

5) разделительные перегородки, указанные в подпунктах 1), 3) и 4) настоящего пункта должны быть несгораемыми с пределом огнестойкости не менее 0,25 часов.

При применении автоматического пожаротушения с использованием воздушно-механической пены или распыленной воды перегородки, указанные в подпунктах 1), 3) и 4) настоящего пункта допускается не устанавливать.

На наружных кабельных эстакадах и в наружных закрытых частично кабельных галереях установка разделительных перегородок, указанных в подпунктах 1), 3) и 4) настоящего пункта не требуется. При этом, взаимно резервирующие силовые кабельные линии (за исключением линий к электроприемникам особой группы I категории) прокладываются с расстоянием между ними не менее 600 мм и располагаются на эстакадах по обе стороны пролетной несущей конструкции (балки, фермы) в галереях по разным сторонам от прохода.

469. Маслонаполненные кабели и кабели с пластмассовой изоляцией прокладываются, в отдельных кабельных сооружениях. Допускается их прокладка совместно с другими кабелями при этом, маслонаполненные кабели и кабели с пластмассовой изоляцией размещаются в нижней части кабельного сооружения и отделять от других кабелей горизонтальными перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 часов. Такими же перегородками отделяется одну от другой маслонаполненные кабельные линии и кабельные линии с пластмассовой изоляцией.

470. Необходимость применения и объем автоматических стационарных средств обнаружения и тушения пожаров в кабельных сооружениях должны определяться на основании ведомственных документов, утвержденных в установленном порядке.

В непосредственной близости от входа, люков и вентиляционных шахт (в радиусе не более 25 м должны быть установлены пожарные краны. Для эстакад и галерей пожарные гидранты должны располагаться с таким расчетом, чтобы расстояние от любой точки оси трассы эстакады и галереи до ближайшего гидранта не превышало 100 м.

471. В кабельных сооружениях прокладку контрольных кабелей и силовых кабелей сечением 25 мм$^2$ и более, за исключением небронированных кабелей со свинцовой оболочкой, выполняется по кабельным конструкциям (консолям).

Контрольные небронированные кабели, силовые небронированные кабели со свинцовой оболочкой и небронированные силовые кабели всех исполнений сечением 16 мм$^2$ и менее прокладываются по лоткам или перегородкам (сплошным или несплошным).

Допускается прокладка кабелей по дну канала при глубине его не более 0,9 м при этом, расстояние между группой силовых кабелей выше 1 кВ и группой контрольных

кабелей должно быть не менее 100 мм или эти группы кабелей должны быть разделены несгораемой перегородкой с пределом огнестойкости не менее 0,25 часов.

Расстояния между отдельными кабелями приведены в таблице 124 приложения к настоящим Правилам.

Засыпка песком силовых кабелей, проложенных в каналах не допускается.

В кабельных сооружениях высота, ширина проходов и расстояние между конструкциями и кабелями должны быть не менее приведенных в таблице 124 приложения к настоящим Правилам. По сравнению с приведенными в таблице расстояниями допускается местное сужение проходов до 800 мм или снижение высоты до 1,5 м на длине 1,0 м с соответствующим уменьшением расстояния между кабелями по вертикали при одностороннем и двустороннем расположении конструкций.

472. Прокладка контрольных кабелей допускается пучками на лотках и многослойно в металлических коробах при соблюдении следующих условий:

1) наружный диаметр пучка кабелей должен быть не более 100 мм;

2) высота слоев в одном коробе не должна превышать 150 мм;

3) в пучках и многослойно должны прокладываться только кабели с однотипными оболочками;

4) крепление кабелей в пучках, многослойно в коробах, пучков кабелей к лоткам выполняются так, чтобы была предотвращена деформация оболочек кабелей под действием собственного веса и устройств крепления;

5) в целях пожарной безопасности внутри коробов должны устанавливаться огнепреградительные пояса: на вертикальных участках - на расстоянии не более 20 м, а также при проходе через перекрытие на горизонтальных участках - при проходе через перегородки;

6) в каждом направлении кабельной трассы предусматривается запас емкости не менее 15 % общей емкости коробов.

Прокладка силовых кабелей пучками и многослойно не допускается.

473. В местах, насыщенных подземными коммуникациями, допускается выполнение полупроходных туннелей высотой, уменьшенной по сравнению с предусмотренной в таблице 124 приложения к настоящим Правилам, но не менее 1,5 м, при условии выполнения следующих требований: напряжение кабельных линий должно быть не выше 10 кВ протяженность туннеля должна быть не более 100 м остальные расстояния должны соответствовать приведенным в таблице 124 приложения на концах туннелей должны быть выходы или люки.

474. Маслонаполненные кабели низкого давления, кабельные линии с пластмассовой изоляцией должны крепиться на металлических конструкциях таким образом, чтобы была исключена возможность образования вокруг кабелей замкнутых магнитных контуров расстояние между местами крепления должно быть не более 1 м.

Стальные трубопроводы кабельных маслонаполненных линий высокого давления прокладываются на опорах или подвешиваться на подвесках; расстояние между опорами или подвесками определяется проектом линии. Трубопроводы должны закрепляться на неподвижных опорах для предотвращения возникновения в трубопроводах температурных деформаций в условиях эксплуатации.

Воспринимаемые опорами нагрузки от веса трубопровода не должны приводить к каким-либо перемещениям или разрушениям фундаментов опор. Количество указанных опор и места их расположения определяются проектом.

Механические опоры и крепления разветвительных устройств на линиях высокого давления должны предотвращать раскачивание труб разветвлений, образование замкнутых магнитных контуров вокруг них, а в местах креплений или касаний опор должны быть предусмотрены изолирующие прокладки.

475. Высота кабельных колодцев должна быть не менее 1,8 м высота камер не нормируется. Кабельные колодцы для соединительных стопорных и полустопорных муфт должны иметь размеры, обеспечивающие монтаж муфт без разрытия.

Береговые колодцы на подводных переходах должны иметь размеры, обеспечивающие размещение резервных кабелей и подпитывающих аппаратов.

В полу колодца должен быть устроен приямок для сбора грунтовых и ливневых вод должно быть также предусмотрено водоотливное устройство в соответствии с требованиями, приведенными в пункте 462 настоящих Правил.

Кабельные колодцы должны быть снабжены металлическими лестницами.

В кабельных колодцах кабели и соединительные муфты должны быть уложены на конструкциях, лотках или перегородках.

476. Люки кабельных колодцев и туннелей должны иметь диаметр не менее 650 мм и закрываться двойными металлическими крышками из которых нижняя должна иметь приспособление для закрывания на замок, открываемый со стороны туннеля без ключа. Крышки должны иметь приспособления для их снятия. Внутри помещений применение второй крышки не требуется.

477. На соединительных муфтах силовых кабелей напряжением 6-35 кВ в туннелях, кабельных этажах и каналах должны быть установлены специальные защитные кожухи для локализации пожаров и взрывов, которые могут возникнуть при электрических пробоях в муфтах.

478. Концевые муфты на кабельных маслонаполненых линиях высокого давления должны располагаться в помещениях с положительной температурой воздуха или быть оборудованы автоматическим обогревом при снижении температуры окружающего воздуха ниже +5°С.

479. При прокладке маслонаполненных кабелей, кабелей с пластмассовой изоляцией в галереях необходимо предусмотреть отопление галерей в соответствии с техническими условиями на маслонаполненные кабели и на кабели с пластмассовой изоляцией.

Помещения маслоподпитывающих агрегатов линий высокого давления должны иметь естественную вентиляцию. Подземные подпитывающие пункты допускается совмещать с кабельными колодцами, при этом, колодцы должны быть оборудованы водоотливными устройствами в соответствии с пунктом 476 настоящих Правил.

480. Кабельные сооружения, за исключением эстакад, колодцев для соединительных муфт, каналов и камер, должны быть обеспечены естественной или искусственной вентиляцией, причем вентиляция каждого отсека должна быть независимой.

Расчет вентиляции кабельных сооружений определяется исходя из перепада температур между поступающим и удаляемым воздухом не более 10°С. При этом, должно быть предотвращено образование мешков горячего воздуха в сужениях туннелей, поворотах, обходах.

Вентиляционные устройства должны быть оборудованы заслонками (шиберами) для прекращения доступа воздуха в случае возникновения возгорания, а также для предупреждения промерзания туннеля в зимнее время. Исполнение вентиляционных устройств должно обеспечивать возможность применения автоматики прекращения доступа воздуха в сооружения.

При прокладке кабелей внутри помещений должен быть предотвращен перегрев кабелей за счет повышенной температуры окружающего воздуха и влияний технологического оборудования.

Кабельные сооружения, за исключением колодцев для соединительных муфт, каналов, камер и открытых эстакад, должны быть оборудованы электрическим освещением и сетью для питания переносных светильников и инструмента. На тепловых электростанциях сеть для питания инструмента допускается не выполнять.

481. Прокладка кабелей в коллекторах, технологических галереях и по технологическим эстакадам выполняется в соответствии с требованиями СНиП.

Наименьшие расстояния в свету от кабельных эстакад и галерей до зданий и сооружений должны соответствовать приведенным в таблице 125 приложения к настоящим Правилам.

Пересечение кабельных эстакад и галерей с воздушными линиями электропередачи, внутризаводскими железными и автомобильными дорогами, пожарными проездами, канатными дорогами, воздушными линиями связи и радиофикации и трубопроводами выполняются под углом не менее 300.

При параллельном следовании эстакад и галерей с воздушными лини ями связи и радиофикации наименьшие расстояния между кабелями и проводами линии связи и радиофикации определяются на основании расчета влияния кабельных линий на линии связи и радиофикации. Провода связи и радиофикации располагаются под и над эстакадами и галереями.

Наименьшая высота кабельной эстакады и галереи в непроезжей части территории промышленного предприятия должна приниматься из расчета возможности прокладки нижнего ряда кабелей на уровне не менее 2,5 м от планировочной отметки земли.

## Параграф 11. Прокладка кабельных линий в производственных помещениях

482. При прокладке кабельных линий в производственных помещениях должны быть выполнены следующие требования:

1) кабели должны быть доступны для ремонта, а открыто проложенные - и для осмотра;

Кабели (в том числе бронированные), расположенные в местах, где производится перемещение механизмов, оборудования, грузов и транспорт, должны быть защищены от повреждений в соответствии с требованиями, приведенными в пункте 360 настоящих Правил;

2) расстояние в свету между кабелями должно соответствовать приведенному в таблице 124 приложения к настоящим Правилам.

3) расстояние между параллельно проложенными силовыми кабелями и всякого рода трубопроводами, должно быть не менее 0,5 м, а между газопроводами и трубопроводами с горючими жидкостями - не менее 1 м. При меньших расстояниях сближения и при пересечениях кабели должны быть защищены от механических повреждений (металлическими трубами, кожухами) на всем участке сближения плюс по 0,5 м с каждой его стороны, а в необходимых случаях защищены от перегрева.

Пересечения кабелями проходов должны выполняться на высоте не менее 1,8 м от пола.

Параллельная прокладка кабелей над и под маслопроводами и трубопроводами с горючей жидкостью в вертикальной плоскости не допускается.

483. Прокладка кабелей в полу и междуэтажных перекрытиях должна производиться в каналах или трубах заделка в них кабелей наглухо не допускается. Проход кабелей через перекрытия и внутренние стены производятся в трубах или проемах, после прокладки кабелей зазоры в трубах и проемах должны быть заделаны легко пробиваемым несгораемым материалом.

Прокладка кабелей в вентиляционных каналах не допускается. Допускается пересечение этих каналов одиночными кабелями, заключенными в стальные трубы.

Открытая прокладка кабеля по лестничным клеткам не допускается.

## Параграф 12. Подводная прокладка кабельных линий

484. При пересечении кабельными линиями рек, каналов кабели должны прокладываться преимущественно на участках с дном и берегами, мало подверженными размыванию. При прокладке кабелей через реки с неустойчивым руслом и берегами, подверженными размыванию, заглубление кабелей в дно должно быть сделало с учетом местных условий. Глубина заложения кабелей определяется проектом. Прокладка кабелей в зонах пристаней, причалов, гаваней, паромных переправ, а также зимних регулярных стоянок судов и барж не допускается.

485. При прокладке кабельных линий в море должны учитываться данные о глубине, скорости и стиле перемещения воды в месте перехода, господствующих ветрах, профиле и химическом составе дна, химическом составе воды.

486. Прокладка кабельных линий должна производиться по дну таким образом, чтобы в неровных местах они не оказались на весу; острые выступы должны быть устранены. Отмели, каменные гряды и другие подводные препятствия на трассе обходятся или предусматриваются в них траншеи или проходы.

487. При пересечении кабельными линиями рек, каналов кабели, заглубляются в дно на глубину не менее 1 м на прибрежных и мелководных участках, а также на судоходных и сплавных путях 2 м при пересечении кабельными маслонаполненными линиями.

В водоемах, где периодически производятся дноуглубительные работы, кабели заглубляются в дно до отметки, определяемой по согласованию с организациями водного транспорта.

При прокладке кабельных маслонаполненных линий 110-220 кВ на судоходных реках и каналах в целях защиты их от механических повреждении заполняются траншеи мешками с песком с последующей наброской камней.

488. Расстояние между кабелями, заглубляемыми в дно рек, каналов и с шириной водоема до 100 м, принимается не менее 0,25 м. Вновь сооружаемые подводные кабельные линии должны прокладываться на расстоянии от действующих кабельных линий не менее 1,25 глубины водоема, исчисленной для многолетнего среднего уровня воды.

При прокладке в воде кабелей низкого давления на глубине 5-15 м и при скорости течения, не превышающей 1 м/с, расстояния между отдельными фазами (без специальных креплений фаз между собой) принимается не менее 0,5 м, а расстояния между крайними кабелями параллельных линий - не менее 5 м.

При подводных прокладках на глубине более 15 м, а также при скоростях течения более 1 м/с расстояния между отдельными фазами и линиями принимаются в соответствии с проектом.

При параллельной прокладке под водой кабельных маслонаполненных линий и линий до 35 кВ расстояние по горизонтали между ними в свету должно быть не менее 1,25 глубины, исчисленной для многолетнего среднего уровня воды, но не менее 20 м.

Расстояние по горизонтали от кабелей, заглубляемых в дно рек, каналов и других водоемов, до трубопроводов (нефтепроводов, газопроводов) должно определяться проектом в зависимости от вида дноуглубительных работ, выполняемых при прокладках трубопроводов и кабелей, и быть не менее 50 м. Допускается уменьшение этого расстояния до 15 м по согласованию с организациями, в ведении которых находятся кабельные линии и трубопроводы.

489. На берегах без усовершенствованных набережных в месте подводного кабельного перехода должен быть предусмотрен резерв длиной не менее 10 м при речной и 30 м при морской прокладке, который укладывается восьмеркой. На усовершенствованных набережных кабели должны прокладываться в трубах. В месте выхода кабелей, должны быть устроены кабельные колодцы. Верхний конец трубы должен входить в береговой колодец, а нижний - находиться на глубине не менее 1 м от наименьшего уровня воды. На береговых участках трубы должны быть прочно заделаны.

490. В местах, где русло и берега подвержены размыву, необходимо принять меры против обнажения кабелей при ледоходах и наводнениях путем укрепления берегов (замощение, отбойные дамбы, сваи, шпунты, плиты).

491. Пересечение кабелей между собой под водой не допускается.

492. Подводные кабельные переходы должны быть обозначены на берегах сигнальными знаками согласно действующим правилам плавания по внутренним судоходным путям и морским проливам.

493. При прокладке в воде трех и более кабелей до 35 кВ должен быть предусмотрен один резервный кабель на каждые три рабочих. При прокладке в воде кабельных маслонаполненных линий из однофазных кабелей должен быть предусмотрен резерв для одной линии - одна фаза, для двух линий - две фазы, для трех и более - по проекту, но не менее двух фаз. Резервные фазы должны быть проложены таким образом, чтобы они могли быть использованы взамен любой из действующих рабочих фаз.

### Параграф 13. Прокладка кабельных линий по специальным сооружениям

494. Прокладка кабельных линий по каменным, железобетонным и металлическим мостам должна выполняться под пешеходной частью моста в каналах или в отдельных для каждого кабеля несгораемых трубах необходимо предусмотреть меры по предотвращению стока ливневых вод по этим трубам. По металлическим и железобетонным мостам и при подходе к ним кабели прокладываются в асбестоцементных трубах. В местах перехода с конструкций моста в грунт кабели прокладываются также в асбестоцементных трубах.

Все подземные кабели при прохождении по металлическим и железобетонным местам должны быть электрически изолированы от металлических частей моста.

495. Прокладка кабельных линий по деревянным сооружениям (мостам, причалам, пирсам) должна выполняться в стальных трубах.

496. В местах перехода кабелей через температурные швы мостов и с конструкций мостов на устои должны быть приняты меры для предотвращения возникновения в кабелях механических усилий.

497. Прокладка кабельных линий по плотинам, дамбам, пирсам и причалам непосредственно в земляной траншее допускается при толщине слоя земли не менее 1 м.

498. Прокладка кабельных маслонаполненных линий и кабельных линий с пластмассовой изоляцией по мостам не допускается.

## 11. Воздушные линии электропередачи напряжением до 1 кВ

### Параграф 1. Общие положения

499. Механический расчет элементов ВЛ должен производиться по по методике, изложенной в главе 12.

500. ВЛ должны размещаться так, чтобы опоры не загораживали входов в здания и въездов во дворы и не затрудняли движения транспорта и пешеходов. В местах, где имеется опасность наезда транспорта (у въездов во дворы, вблизи съездов с дорог, при пересечении дорог), опоры должны быть защищены от наезда.

501. На опорах ВЛ на высоте 2,2-3 м от земли должны быть установлены (нанесены) порядковый номер и год установки опоры плакаты, на которых указаны расстояния от опоры ВЛ до кабельной линии связи (на опорах, установленных на расстоянии менее 4 м до кабелей связи), а через 250 м по магистрали ВЛ - ширина охранной зоны и телефон владельца ВЛ.

502. При прохождении ВЛ по лесным массивам и зеленым насаждениям, применяются самонесущие изолированные провода (далее - СИП), для которых не требуется вырубка просеки. При этом, расстояние от проводов до деревьев и кустов при наибольшей стреле провеса СИП и наибольшем их отклонении должно быть не менее 0,3 м.

В случае использования неизолированных проводов вырубка просеки необязательна. При этом, расстояние от проводов при наибольшей стреле их провеса или наибольшем отклонении до деревьев, кустов и прочей растительности должно быть не менее 1 м.

503. Металлические конструкции, бандажи на опорах ВЛ должны быть защищены от коррозии.

504. Все элементы воздушной линии электропередачи напряжением до 1 кВ не должны терять свою работоспособность в течение всего срока службы.

## Параграф 2. Расчетные климатические условия

505. Климатические условия для расчета ВЛ до 1 кВ в нормальном режиме должны приниматься такими же, как и для питающих их ВЛ 10 кВ, для повторяемости расчетных климатических условий 1 раз в 10 лет.

506. Для ВЛ, сооружаемых в местах, защищенных от воздействия поперечных ветров (населенные пункты со сплошной застройкой, лесные массивы и садово-парковые насаждения со средней высотой зданий или деревьев не менее 2/3 высоты опор ВЛ, горные долины, ущелья), значения нормативного ветрового давления принимаются сниженными на 40 %.

507. При расчете проводов на ветровые нагрузки направление ветра принимаются под углом 90° к оси трассы ВЛ.

При расчете опор принимается направление ветра, дающее наиболее невыгодное сочетание внешних сил, действующих на опору.

## Параграф 3. Провода, арматура

508. Для вновь сооружаемых и реконструируемых ВЛ применяются самонесущие изолированные провода, расположенные на открытом воздухе и прикрепленные при помощи арматуры к опорам, руководствуясь пунктом 500 настоящих Правил.

509. По условиям механической прочности на ВЛ применяется неизолированные провода сечением: алюминиевые - в районах с расчетной толщиной стенки гололеда 10 мм - не менее 25 мм$^2$, в районах с толщиной стенки гололеда 15 мм и более - не менее 35 мм$^2$, сталеалюминиевые и из алюминиевого сплава - не менее 25 мм$^2$ во всех климатических районах.

510. При сооружении ВЛ в местах, где опытом эксплуатации установлено разрушение проводов от коррозии (побережья морей, соленых озер, промышленные районы и районы засоленных песков, прилегающие к ним районы II и III типов по загрязненности атмосферы, а также места, где на основании данных изысканий такое загрязнение возможно), применяются коррозионностойкие провода, либо СИП. На равнинной местности при отсутствии данных эксплуатации ширину прибрежной полосы, к которой относится указанное требование, принимается 5 км, а полосы выбросов химических предприятий - 1,5 км.

511. На одной ВЛ применяется, не более двух сечений проводов.

Магистраль ВЛ, выполняются проводами одного сечения.

Сечение фазных проводов магистрали ВЛ принимается не менее 50 мм$^2$. Сечение 120 мм$^2$ применять не допускается.

512. Для ответвлений от ВЛ к вводам в здания, применяются по условиям механической прочности изолированные провода, стойкие к воздействию условий окружающей среды, сечением не менее 6 мм$^2$ по меди и 16 мм$^2$ по алюминию.

513. Длина пролета ответвления от ВЛ к вводу в здание должна определяться расчетом в зависимости от прочности опоры, на которой выполняется ответвление, при этом, она не должна превышать 25 м. При длине пролета ответвления более 25 м предусматривается установка дополнительной промежуточной опоры.

Расчет должен выполняться в гололедном режиме для двух случаев:

1) направление ветра под углом 90° к оси ВЛ, провода ВЛ покрыты гололедом с толщиной стенки $b_э$, толщина стенки гололеда на проводах ответвления - $b_о = 0{,}5\ b_э$;

2) направление ветра вдоль ВЛ (угол 0°), толщина стенки гололеда на проводах ответвления - $b_о = b_э$.

При этом, в обоих случаях учитывается редукцию тяжения проводов ответвления при отклонении верха опоры.

514. Механический расчет проводов на прочность должен производиться по методу допускаемых напряжений. При этом, напряжение в проводах не должно превышать допустимых величин, приведенных в таблице 126 приложения к настоящим Правилам, а расстояния от проводов до поверхности земли пересекаемых сооружений и заземленных элементов опор должны отвечать требованиям настоящей главы. При расчете используются физико-механические параметры проводов и в заводских каталогах.

515. Значения максимальных напряжений в проводах должны соответствовать прочности опор ВЛ анкерного типа и заделки их в грунте.

516. Расчетные усилия в поддерживающих и натяжных анкерных зажимах, узлах крепления и кронштейнах в нормальном режиме не должны превышать 40 % от их механической разрушающей нагрузки.

517. Крюки и штыри должны рассчитываться по методу разрушающих нагрузок с коэффициентом надежности 1,1.

518. Крепление неизолированных проводов к изоляторам и изолирующим траверсам на опорах ВЛ, за исключением опор для пересечений, должно быть одинарным. Крепление проводов к штыревым изоляторам на промежуточных опорах выполняется на шейке изолятора, с внутренней его стороны по отношению к стойке опоры, при помощи проволочной вязки или зажимов. Провода ответвлений от ВЛ к вводам должны иметь глухое крепление.

519. Соединение проводов в пролетах ВЛ производится при помощи соединительных зажимов, обеспечивающих механическую прочность не менее 90 % от разрывного усилия провода.

Соединения проводов из разных металлов или разных сечений должны выполняться только в петлях анкерных опор при помощи переходных зажимов или сваркой. Переходные зажимы и участки проводов, на которых установлены такие зажимы, не должны испытывать механических усилий от тяжения проводов.

В одном пролете допускается не более одного соединения на каждый провод.

В пролетах пересечения ВЛ с инженерными сооружениями соединение проводов ВЛ не допускается.

## Параграф 4. Расположение проводов на опорах

520 На опорах допускается любое расположение фазных проводов независимо от района климатических условий. Нулевой провод, располагается ниже фазных проводов. Провода наружного освещения, прокладываемые на опорах совместно с проводами ВЛ, располагаются, над нулевым проводом.

На двухцепных ВЛ в сетях с заземленной нейтралью каждая цепь должна иметь свой нулевой провод.

521. Устанавливаемые на опорах аппараты для подключения электроприемников должны размещаться на высоте 1,6-1,8 м от поверхности земли.

Устанавливаемые на опорах плавкие предохранители, а также защитные, секционирующие и другие устройства должны размещаться ниже проводов ВЛ.

522. Расстояния между проводами на опоре и в пролете по условиям их сближения в пролете при наибольшей стреле провеса 1,2 м должны быть не менее:

1) при вертикальном расположении проводов и расположении проводов с горизонтальным смещением не более 20 см - 60 см в районах с нормативной толщиной стенки гололеда до 15 мм и 90 см - в районах с нормативной толщиной стенки гололеда 20 мм и более;

2) при другом расположении проводов во всех районах по гололеду при скорости ветра при гололеде до 18 м/с - 40 см, при скорости более 18 м/с - 60 см.

523. Расстояние по вертикали между проводами разных фаз на опоре при ответвлении от ВЛ и при пересечениях разных ВЛ на общей опоре должно быть не менее 10 см. Расстояние между изоляторами ввода по их осям должно быть не менее 40 см.

524. Расстояние по горизонтали между проводами при спусках на опоре должно составлять не менее 15 см. Расстояние от проводов до стойки, траверсы или других элементов опоры должно быть не менее 5 см.

525. Совместная подвеска проводов ВЛ до 1 кВ и неизолированных проводов ВЛ до 10 кВ на общих опорах допускается при соблюдении следующих условий:

1) ВЛ до 1 кВ должны выполняться по расчетным климатическим условиям ВЛ до 10 кВ;

2) провода ВЛ до 10 кВ должны располагаться выше проводов ВЛ до 1 кВ;

3) провода ВЛ до 10 кВ, закрепляемые на штыревых изоляторах, должны иметь двойное крепление;

4) расстояние по вертикали между ближайшими проводами разных напряжений, расположенными на общей опоре, а также в середине пролета при температуре окружающего воздуха плюс 15° С без ветра, должно быть не менее 2 м.

526. При совместной подвеске на общих опорах СИП и неизолированных проводов ВЛ до 1 кВ расстояние по вертикали между ними на опоре и в пролете при температуре окружающего воздуха плюс 15°С без ветра должно быть не менее 0,4 м.

527. На ВЛ, по которым осуществляется питание отдельных потребителей с сосредоточенной нагрузкой, предусматривается подвеска семи проводов с расщеплением одной фазы на два провода, с общим нулевым проводом.

## Параграф 5. Изоляция

528. Коэффициент надежности штыревых изоляторов должен быть не менее 2,5.

529. На ВЛ, независимо от материала опор, степени загрязнения атмосферы и интенсивности грозовой деятельности, применяются изоляторы либо траверсы из изоляционных материалов.

530. В местах ответвлений от ВЛ применяются многошейковые или дополнительные изоляторы.

Нулевые провода должны быть закреплены на изоляторах или изолирующих траверсах.

## Параграф 6. Заземление, защита от перенапряжений

531. На опорах ВЛ должны быть выполнены заземляющие устройства, предназначенные для повторного заземления нулевого провода, защиты от атмосферных перенапряжений, заземления электрооборудования, установленного на опорах ВЛ, заземления защитных аппаратов.

Заземляющие устройства защиты от грозовых перенапряжений совмещается с повторным заземлением нулевого провода.

532. Металлические опоры, металлические конструкции и арматура железобетонных опор должны быть присоединены защитным проводником к нулевому проводу.

533. На железобетонных опорах нулевой провод присоединяется к заземляющему выпуску арматуры железобетонных стоек и подкосов опор.

534. На деревянных опорах ВЛ крюки и штыри не подлежат заземлению, за исключением опор, на которых выполнены повторные заземления нулевого провода и заземления для защиты от атмосферных перенапряжений.

535. Оттяжки опор ВЛ должны быть присоединены к заземляющему проводнику.

536. Крюки, штыри и арматура опор ВЛ напряжением до 1 кВ, ограничивающих пролет пересечения, а также опор, на которых производится совместная подвеска, должны быть заземлены. Сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 30 Ом.

537. Защитные аппараты, устанавливаемые на опорах ВЛ для защиты от грозовых перенапряжений, должны быть присоединены к заземлителю отдельным спуском.

538. В населенной местности с одно- и двухэтажной застройкой ВЛ, не экранированные промышленными дымовыми и другими трубами, высокими деревьями, зданиями, должны иметь заземляющие устройства, предназначенные для защиты от атмосферных перенапряжений. Сопротивление этих заземляющих устройств должно быть не более 30 Ом, а расстояние между ними - не более 200 м для районов с числом грозовых часов в году до 40 и 100 м для районов с числом грозовых часов в году более 40.

Кроме того, заземляющие устройства должны быть выполнены:

1) на опорах с ответвлениями к вводам в помещения, в которых может быть сосредоточено большое количество людей (школы, ясли, больницы) или которые представляют большую хозяйственную ценность (животноводческие помещения, склады, мастерские);

2) на конечных опорах линий, имеющих ответвления к вводам, при этом, наибольшее расстояние от соседнего защитного заземления этих же линий должно быть не более 100 м - для районов с числом грозовых часов в году до 40 и 50 м - для районов с числом грозовых часов в году более 40.

539. Требования к заземляющим устройствам повторного заземления нулевого провода, а также выбор нулевых защитных и заземляющих проводников приведены в главе 7 настоящих Правил.

540. В качестве заземляющих проводников на опорах ВЛ, применяется круглая сталь диаметром не менее 6 мм, имеющую антикоррозийное покрытие.

541. Соединение заземляющих проводников между собой, присоединение их к верхним заземляющим выпускам стоек железобетонных опор, крюкам и кронштейнам, а также к заземляемым металлоконструкциям и заземляемому электрооборудованию, установленному на опорах ВЛ, должно выполняться сваркой или с помощью болтовых соединений.

Присоединение заземляющих проводников (спусков) к заземлителю в земле должно выполняться сваркой или с помощью болтовых соединений.

## Параграф 7. Опоры

542. Опоры выполняются из различного конструкционного материала. Предпочтение отдавается железобетону.

543. На ВЛ применяются следующие типы опор:

1) промежуточные опоры, устанавливаемые на прямых участках трассы ВЛ. Эти опоры в нормальных режимах работы не должны воспринимать усилий, направленных вдоль ВЛ;

2) анкерные опоры, устанавливаемые для ограничения анкерного пролета, а также в местах изменения количества, марок и сечений проводов ВЛ. Эти опоры должны воспринимать в нормальных режимах работы усилия от разности тяжения проводов, направленные вдоль ВЛ;

3) угловые опоры, устанавливаемые в местах изменения трассы ВЛ. Эти опоры при нормальных режимах работы должны воспринимать результирующую нагрузку от тяжения проводов смежных пролетов. Угловые опоры выполняются промежуточными и анкерного типа;

4) концевые опоры, устанавливаемые в начале и конце ВЛ, а также в местах, ограничивающих кабельные вставки. Они являются опорами анкерного типа и должны воспринимать в нормальных режимах работы ВЛ одностороннее тяжение всех проводов;

5) ответвительные опоры, на которых выполняются ответвления от ВЛ;

6) перекрестные опоры, на которых выполняется пересечение ВЛ двух направлений.

Ответвительные и перекрестные опоры могут быть всех указанных выше типов.

Для пересечения ВЛ с инженерными сооружениями применяются повышенные опоры всех типов.

544. Конструкции опор должны обеспечивать возможность установки:

1) светильников уличного освещения всех типов;

2) концевых кабельных муфт;

3) защитных аппаратов;

4) секционирующих и коммутационных аппаратов;

5) шкафов и щитков для подключения электроприемников.

Все типы опор должны предусматривать возможность установки светильников как выше, так и ниже подвешиваемых на опоре проводов.

545. Опоры независимо от их типа могут быть свободностоящими, с подкосами или оттяжками.

Оттяжки опор прикрепляются к анкерам, цилиндрическим, установленным в земле, или к каменным, кирпичным, железобетонным и металлическим элементам зданий и сооружений. Они могут быть многопроволочными или из круглой стали. Сечение оттяжек определяется расчетом.

Сечение однопроволочных стальных оттяжек должно быть не менее 25 мм$^2$.

546. Опоры должны рассчитываться по первому и второму предельному состоянию для нормального режима работы ВЛ на климатические нагрузки и их сочетания по пунктам 506 и 507 настоящих Правил.

Промежуточные опоры должны быть рассчитаны на следующие сочетания нагрузок:

1) на одновременное воздействие поперечной ветровой нагрузки на провода, свободные или покрытые гололедом, и на конструкцию опоры, а также нагрузки от тяжения проводов ответвлений к вводам, свободных или частично покрытых гололедом по пункту 513 настоящих Правил;

2) на нагрузку от тяжения проводов ответвлений к вводам, покрытых гололедом, при этом, допускается учет отклонения опоры под действием нагрузки;

3) на условную расчетную нагрузку, равную 1,5 кН, приложенную к вершине опоры и направленную вдоль оси ВЛ.

Угловые опоры (промежуточные и анкерные) должны быть рассчитаны на результирующую нагрузку на провода и конструкцию опоры от тяжения проводов и давления ветра при гололеде и без гололеда, направленную по биссектрисе внутреннего угла поворота трассы ВЛ.

Анкерные опоры должны быть рассчитаны на разность тяжения проводов смежных пролетов и поперечную нагрузку от давления ветра при гололеде и без гололеда на провода и конструкцию опоры. За наименьшее значение разности тяжения принимается 50 % наибольшего значения одностороннего тяжения всех проводов.

Концевые опоры должны быть рассчитаны на одностороннее тяжение всех проводов.

Ответвительные опоры рассчитываются на результирующую нагрузку от тяжения всех проводов.

547. Отклонение вершины анкерной опоры с учетом поворота в грунте должно быть не более 1/30H, где H - высота опоры ВЛ.

Угол поворота одностоечных опор в грунте должен быть не более 0,02 рад.

Проверка отклонения вершины опоры, углов поворота опор в грунте, раскрытия и образования трещин на железобетонных стойках опор ВЛ производится на нормативные нагрузки.

548. Для изготовления деталей деревянных опор ВЛ применяются лесоматериалы хвойных пород (ель, сосна, пихта, лиственница) не ниже третьего сорта, пропитанные антисептиками заводским способом.

Качество пропитки деревянных деталей опор должно соответствовать требованиям действующих стандартов. Допускается применение непропитанной лиственницы. Конусность бревна от комля к верхнему отрубу (сбег бревна) при расчетах принимаются равной 8 мм на 1 м длины.

549. Для основных рассчитываемых элементов опор (стойки, приставки, траверсы, подкосы) диаметр бревна в верхнем отрубе должен быть не менее 16 см. Для остальных элементов опор, а также для опор, устанавливаемых у зданий на ответвлениях к вводам, диаметр бревна в верхнем отрубе должен быть не менее 12 см.

550. Приставки к деревянным опорам, должны быть изготовлены из предварительно напряженного железобетона. Сочленение приставки с опорой должно осуществляться с помощью хомута.

551. Размеры заглубления и способы закрепления опор должны определяться в зависимости от их высоты, количества и сечения укрепляемых на опоре проводов, грунтовых условий, а также от метода производства земляных работ.

552. При установке опор на затапливаемых участках трассы, где возможны размывы грунта или воздействие ледохода, опоры должны быть укреплены (замощение, устройство банкеток, установка ледорезов).

## Параграф 8. Габариты, пересечения и сближения

553. Наименьшие расстояния (габариты) от проводов ВЛ до поверхности земли или воды, а также до различных сооружений при прохождении ВЛ над ними определяются:

1) при высшей температуре воздуха без учета нагрева проводов электрическим током и отсутствии ветра;

2) при расчетной толщине стенки гололеда bэ, температуре минус 5° С и отсутствии ветра.

554. Расстояние от проводов ВЛ в населенной и ненаселенной местности при наибольшей стреле провеса проводов до поверхности земли и проезжей части улиц должно быть не менее 6 м.

Расстояние от проводов ВЛ до земли при наибольшей стреле провеса может быть уменьшено в труднодоступной местности до 3,5 м и в недоступной местности (склоны гор, скалы, утесы) до 1 м.

При пересечении непроезжей части улиц ответвлениями от ВЛ к вводам расстояние от проводов до земли, тротуаров и пешеходных дорожек при наибольшей стреле провеса

допускается уменьшить до 3,5 м. Расстояние до земли от проводов на изоляторах ввода в здание допускается не менее 2,75 м.

При невозможности соблюдения указанного расстояния должна быть установлена дополнительная опора или конструкция на здании.

555. Расстояние по горизонтали от проводов ВЛ при наибольшем их отклонении до зданий, строений и сооружений должно быть не менее:

1) 1,5 м - до балконов, террас и окон;

2) 1 м - до глухих стен.

Прохождение ВЛ с неизолированными проводами над зданиями, строениями и сооружениями не допускается, за исключением ответвлений от ВЛ к вводам в здания.

556. Расстояния по горизонтали от подземных частей опор или заземляющих устройств ВЛ до подземных кабелей, трубопроводов и наземных колонок различного назначения должны быть не менее приведенных в таблице 127 приложения к настоящим Правилам.

557. Пересечение ВЛ с судоходными реками не допускается. При пересечении несудоходных и замерзающих небольших рек, каналов расстояние от проводов ВЛ до наивысшего уровня воды должно быть не менее 2 м, а до льда - не менее 6 м.

558. При пересечении ВЛ с различными сооружениями, а также с улицами и площадями городов, поселков и других населенных пунктов угол пересечения не нормируется.

559. Пересечения ВЛ напряжением до 1 кВ с ВЛ выше 1 кВ, сближения их при параллельном следовании, а также совместная подвеска их проводов на общих опорах ВЛ должны выполняться с соблюдением требований, приведенных в главе 11 настоящих Правил.

560. Пересечение ВЛ до 1 кВ между собой выполняется на перекрестных опорах. В местах пересечения ВЛ применяются анкерные и промежуточные опоры.

При пересечении ВЛ в пролете место пересечения выбирается ближе к опоре верхней пересекающей ВЛ. В этом случае расстояние по горизонтали между опорами пересекающей и проводами пересекаемой ВЛ должно быть не менее 2 м, а расстояние по вертикали между ближайшими проводами пересекающихся ВЛ при температуре окружающего воздуха плюс 1° С без ветра должно быть не менее 1 м.

561. При параллельном прохождении и сближении ВЛ до 1 кВ и ВЛ выше 1 кВ расстояния между ними по горизонтали должны быть не менее указанных в главе 11 настоящих Правил.

562. Пересечение ВЛ с линиями связи и сигнализации (ЛС) и линиями проводного вещания (ПЗ) может быть выполнено по одному из следующих вариантов:

1) неизолированными проводами ВЛ и изолированными проводами ЛС (ПЗ);

2) неизолированными проводами ВЛ и подземным или подвесным кабелем ЛС (ПЗ);

3) неизолированными проводами ВЛ с повышенной механической прочностью и неизолированными проводами ЛС (ПЗ);

4) изолированными проводами ВЛ и неизолированными проводами ЛС (ПЗ);

5) подземной кабельной вставкой в ВЛ и неизолированными проводами ЛС (ПЗ).

563. Угол пересечения ВЛ с ЛС (ПЗ) должен быть по возможности близок к 900. Для стесненных условий угол пересечения не нормируется.

564. Расстояние по вертикали от проводов ВЛ до проводов или подвесных кабелей ЛС (ПЗ) в пролетах пересечения при наибольшей стреле провеса должен быть не менее:

1) при высшей температуре воздуха без учета нагревания проводов ВЛ электрическим током - 1,25 м;

2) при расчетной толщине стенки гололеда bэ и температуре воздуха минус 5°С - 1 м.

При пересечении проводов ВЛ с проводами или подвесным кабелем ПВ на общей опоре расстояние между ними по вертикали должно быть не менее 1,5 м. При расположении проводов или подвесных кабелей ПВ на кронштейнах это расстояние

принимается от провода ВЛ, расположенного на той же стороне опоры ВЛ, на которой находятся провода или подвесные кабели ПВ.

Место пересечения проводов ВЛ с проводами или подвесными кабелями ЛС (ПЗ) в пролете должно находиться по возможности ближе к опоре ВЛ, но не менее 2 м от нее.

565. При пересечении неизолированных проводов ВЛ с изолированными проводами ЛС (ПЗ) должны соблюдаться следующие требования:

1) пересечение проводов ВЛ с проводами ЛС, а также проводами ПВ напряжением выше 360 В, должно выполняться только в пролете. Пересечение проводов ВЛ с проводами ПВ напряжением до 360 В может выполняться как в пролете, так и на общей опоре;

2) опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения с ЛС магистральных и внутризоновых сетей связи и с соединительными линиями сельской телефонной связи (СТС), а также ПВ напряжением выше 360 В, должны быть анкерного типа. При пересечении всех остальных ЛС и ПВ допускаются опоры ВЛ промежуточного типа, усиленные дополнительной приставкой или подкосом;

3) провода ВЛ должны располагаться над проводами ЛС (ПЗ). На опорах, ограничивающих пролет пересечения, провода ВЛ должны иметь двойное крепление. В исключительных случаях провода ВЛ 380/220 В и ниже допускается располагать под проводами ЛС (ПЗ). При этом, провода ЛС (ПЗ) на стойках, ограничивающих пролет пересечения, должны иметь двойное крепление;

4) соединение проводов ВЛ, а также проводов ЛС (ПЗ) в пролетах пересечения не допускается. Провода ВЛ должны быть многопроволочными с сечением не менее: 35 мм$^2$ для алюминиевых проводов и 25 мм$^2$ для проводов из алюминиевых сплавов и сталеалюминевых проводов;

5) на опорах ЛС (ПЗ), ограничивающих пролет пересечения с ВЛ напряжением до 1 кВ, должны устанавливаться молниеотводы с разрывом 50 мм в спуске. На опорах с железобетонными приставками разрыв в спуске выполняется на деревянной части опоры и располагать на 10-15 см выше приставки. Закрывать спуск деревянной рейкой не требуется.

566. При пересечении неизолированных проводов ВЛ с подземным или подвесным кабелем ЛС (ПЗ) должны выполняться следующие требования:

1) при выборе трасс кабелей ЛС и ПВ расстояние от них до ближайшей опоры должно по возможности приниматься большим.

Расстояние от подземных кабелей ЛС (ПЗ) до заземлителя или подземной части железобетонной или металлической опоры ВЛ в населенной местности должно быть не менее 3 м.

Расстояние от подземных кабелей ЛС (ПЗ) до подземной части деревянной опоры ВЛ, не имеющей заземляющего устройства, в населенной местности должно быть не менее 2 м. В стесненных условиях это расстояние может быть менее 2 м, но не менее 1 м; при этом, кабель должен быть проложен в стальной трубе либо покрыт швеллером или угловой сталью по длине в обе стороны от опоры на расстояние не менее 3 м. В ненаселенной местности расстояние от подземного кабеля ЛС (ПЗ) до подземной части или заземлителя опоры ВЛ должно быть не менее значений, приведенных в таблице 128 приложения к настоящим Правилам;

2) провода ВЛ должны располагаться над подвесным кабелем ЛС (ПЗ);

3) соединение проводов ВЛ в пролете пересечения с подвесным кабелем ЛС (ПЗ) не допускается. Провода ВЛ в пролете пересечения с подвесным кабелем ЛС (ПЗ) должны быть многопроволочными сечением не менее 35 мм$^2$ для алюминиевых и 25 мм$^2$ - для сталеалюминиевых проводов;

4) металлическая оболочка подвесного кабеля и трос, на котором подвешен кабель, должны быть заземлены на опорах, ограничивающих пролет пересечения, при этом, сопротивление заземления не должно превышать 10 Ом;

5) расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ЛС (ПЗ) до проекции ближайшего провода ВЛ на горизонтальную плоскость должно быть не менее высоты опоры ВЛ.

567. Вариант пересечения ВЛ с ЛС (ПЗ), оговоренный в настоящем параграфе, применяется, если:

1) применение кабельной вставки в ЛС приведет к необходимости установки дополнительного и переноса ранее установленного усилительного пункта ЛС;

2) при применении кабельной вставки в ПВ суммарная длина кабельных вставок в ПВ превышает допустимые значения.

568. При пересечении неизолированных проводов ВЛ с неизолированными проводами ЛС (ПЗ) должны соблюдаться следующие требования:

1) пересечение проводов ВЛ с проводами ЛС, а также проводами ПВ должно выполняться только в пролете. Пересечение проводов ВЛ с абонентскими и фидерными линиями ПВ напряжением между проводами до 360 В допускается выполнять на опорах ВЛ;

2) опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерного типа;

3) провода ВЛ должны располагаться над проводами ЛС (ПЗ). На опорах, ограничивающих пролет пересечения, провода ВЛ должны иметь двойное крепление. Провода ВЛ напряжением 380/220 В и ниже допускается располагать под проводами стоечных линий ПВ и ГТС. При этом, провода линий ПВ и ГТС, ограничивающих пролет пересечения, на стойках должны иметь двойное крепление;

4) соединение проводов ВЛ, а также проводов ЛС (ПЗ) в пролетах пересечения не допускается. Провода ВЛ должны быть многопроволочными сечением не менее 35 мм$^2$ для алюминиевых и 25 мм$^2$ для сталеалюминиевых проводов;

5) на опорах ЛС (ПЗ), ограничивающих пролет пересечения, устанавливаются молниеотводы.

569. При пересечении изолированных проводов ВЛ с неизолированными проводами ЛС (ПЗ) должны соблюдаться следующие требования:

1) пересечение проводов ВЛ с проводами ЛС должно выполняться только в пролете. Пересечение проводов ВЛ с проводами ПВ может выполняться как в пролете, так и на общей опоре;

2) опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения с ЛС магистральных и внутризоновых сетей связи и с соединительными линиями СТС, должны быть анкерного типа. При пересечении всех остальных ЛС (ПЗ) на ВЛ допускается применение промежуточных опор, усиленных дополнительной приставкой или подкосом;

3) провода ВЛ на участке пересечения должны иметь атмосферостойкую изоляцию с испытательным напряжением не менее 2 кВ и коэффициент запаса прочности на растяжение при наихудших метеорологических условиях данной местности не менее 2,5;

4) провода ВЛ должны располагаться над проводами ЛС (ПЗ). На опорах, ограничивающих пролет пересечения, провода или несущие их тросы ВЛ должны иметь двойное крепление или глухую вязку. Провода ВЛ напряжением 380/220 В и ниже допускается располагать под проводами стоечных ПВ. При этом, провода ПВ на опорах, ограничивающих пролет пересечения, должны иметь двойное крепление;

5) соединение проводов ВЛ, а также проводов ЛС (ПЗ) в пролетах пересечения не допускается;

6) на опорах ЛС и ПВ, ограничивающих пролет пересечения, должны устанавливаться молниеотводы.

570. При пересечении подземной кабельной вставки в ВЛ с неизолированными проводами ЛС (ПЗ) должны соблюдаться следующие требования:

1) расстояние от подземной кабельной вставки ВЛ до опоры ЛС (ПЗ) и ее заземлителя должно быть не менее 1 м, а при прокладке кабеля в изолирующей трубе - не менее 0,5 м;

2) расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ВЛ до проекции ближайшего провода ЛС (ПЗ) на горизонтальную плоскость должно быть не менее высоты опоры ЛС (ПЗ).

571. При сближении ВЛ с воздушными ЛС (ПЗ) расстояние по горизонтали между крайними проводами этих линий должно быть не менее 2 м, а в стесненных условиях - не менее 1,5 м. Во всех остальных случаях расстояние между линиями должно быть не менее высоты самой высокой опоры ВЛ, ЛС и ПВ.

При сближении ВЛ с подземными или подвесными кабелями ЛС (ПЗ) расстояние между ними должно быть не менее указанных в подпунктах 1) и 4) пункта 567 настоящих Правил.

572. Сближение ВЛ с антенными сооружениями передающих радиоцентров, приемными радиоцентрами, выделенными приемными пунктами радиофикации и местных радиоузлов не нормируется.

573. Расстояние по горизонтали между проводами ВЛ и проводами ЛС (ПЗ), телевизионными кабелями и спусками от радиоантенн на вводах должно быть не менее 1,5 м. При этом, провода от опоры ВЛ до ввода и провода ввода ВЛ в здание не должны пересекаться с проводами ответвлений от ЛС (ПЗ) к вводам и должны располагаться не ниже проводов ЛС (ПЗ).

574. Совместная подвеска на общих опорах вновь сооружаемых ВЛ неизолированных проводов ВЛ и ЛС, ВЛ и ПВ не допускается.

На реконструируемых и сооружаемых взамен пришедших в негодность ВЛ с ранее подвешенными на общих опорах неизолированными проводами ПВ допускается совместная подвеска проводов ВЛ и изолированных проводов ПВ.

При этом, должны соблюдаться следующие условия:

1) номинальное напряжение ВЛ должно быть не более 380/220 В;

2) номинальное напряжение между проводами ПВ должно быть не более 360 В;

3) расстояние от нижних проводов ПВ до земли, между цепями ПВ и их проводами;

4) провода ВЛ должны располагаться над проводами ПВ при этом, расстояние на опоре по вертикали от нижнего провода ВЛ до верхнего провода ПВ, независимо от их взаимного расположения, должно быть не менее 1,5 м, а в пролете - не менее 1,25 м при расположении проводов ПВ на кронштейнах это расстояние принимается от нижнего провода ВЛ, расположенного на той же стороне, что и провода ПВ.

575. Допускается совместная подвеска на общих опорах изолированных проводов ВЛ (СИП) напряжением не более 380/220 В с неизолированными или изолированными проводами или кабелями ЛС и неметаллическими самонесущими волоконно-оптическими кабелями связи (ОКСН) при соблюдении специально оговоренных и согласованных условий, а также требований 679 для изолированных проводов ПВ.

576. При пересечении и параллельном следовании ВЛ с железными дорогами, а также автомобильными дорогами категорий I и II должны выполняться требования, изложенные в главе 11 настоящих Правил.

Пересечения выполняются также при помощи кабельной вставки в ВЛ.

Выбор варианта пересечения должен производиться на основании технико-экономических расчетов.

При пересечении ВЛ с автомобильными дорогами категорий III-V расстояние по вертикали от проводов ВЛ до проезжей части дорог при наибольшей стреле провеса должно быть не менее 6 м. Требования, предъявляемые в этих условиях к воздушным сетям наружного освещения населенных пунктов и территорий промышленных предприятий, приведены в главе 27 настоящих Правил.

577. При пересечении и сближении ВЛ с автомобильными дорогами расстояние от проводов ВЛ до дорожных знаков и их несущих тросов должно быть не менее 1 м. Несущие тросы в местах пересечения с ВЛ должны быть заземлены с сопротивлением заземляющего устройства не более 10 Ом.

578. При пересечении и сближении ВЛ с контактными проводами и несущими тросами трамвайных и троллейбусных линий должны быть выполнены следующие требования:

1) ВЛ располагаются вне зоны, занятой сооружениями контактных сетей, включая опоры. В этой зоне опоры ВЛ должны быть анкерного типа, а неизолированные провода должны иметь двойное крепление;

2) провода ВЛ должны быть расположены над несущими тросами контактных проводов. Провода ВЛ должны быть многопроволочными с сечением не менее алюминиевые - 35 мм$^2$, сталеалюминиевые - 25 мм$^2$. Соединение проводов ВЛ в пролетах пересечений не допускается;

3) расстояние от проводов ВЛ при наибольшей стреле провеса должно быть не менее 8 м до головки рельса трамвайной линии и 10,5 м до проезжей части улицы в зоне прохождения троллейбусной линии. При этом, во всех случаях расстояние от проводов ВЛ до несущего троса или контактного провода должно быть не менее 1,5 м. В зоне расположения контактных сетей опоры ВЛ должны быть анкерного типа, а крепление проводов - двойное;

4) пересечение ВЛ с контактными проводами в местах расположения поперечин не допускается;

5) совместная подвеска на опорах троллейбусных линий контактных проводов и проводов ВЛ напряжением не более 380 В допускается при соблюдении следующих условий, опоры троллейбусных линий должны иметь механическую прочность, достаточную для подвески проводов ВЛ, расстояние между проводами ВЛ и кронштейном или устройством крепления несущего троса контактных проводов должно быть не менее 1,5 м.

Требования настоящего параграфа не распространяются на линии уличного освещения.

579. При пересечении и сближении ВЛ с канатными дорогами и надземными металлическими трубопроводами должны быть выполнены следующие требования:

1) ВЛ должна проходить под канатной дорогой; прохождение ВЛ над канатной дорогой не допускается;

2) канатные дороги должны иметь снизу мостки или сетки для ограждения проводов ВЛ;

3) при прохождении ВЛ под канатной дорогой или под трубопроводом провода ВЛ при наименьшей стреле провеса должны находиться от них на расстоянии: до мостков или ограждающих сеток канатной дороги или до трубопровода - не менее 1 м при наибольшей стреле провеса и наибольшем отклонении проводов до элементов канатной дороги или до трубопровода - не менее 1 м;

4) при пересечении ВЛ с трубопроводом, расположенным под ВЛ, расстояние от проводов ВЛ до элементов трубопроводов при наибольшей стреле провеса должно быть не менее 1 м.

## РАЗДЕЛ 2. Защита и автоматика

### 12. Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ

#### Параграф 1. Выбор и требования к аппаратам защиты

580. В качестве аппаратов защиты должны применяться автоматические выключатели или предохранители. Применяются автоматические выключатели с комбинированным расцепителем.

Для обеспечения требований быстродействия, чувствительности, селективности при необходимости применяются устройства защиты с использованием выносных реле (реле косвенного действия). При этом, коэффициент чувствительности этих защит в конце защищаемой зоны должен быть не менее 1,5.

581. Аппараты защиты по своей отключающей способности должны соответствовать максимальному значению тока К3 в начале защищаемого участка электрической сети, то есть они должны быть стойкими при этом, токе в соответствии с определением главы 4 настоящих Правил.

Допускается установка аппаратов защиты, не стойких при максимальных значениях токов К3, если защищающий их групповой автоматический выключатель или ближайший автоматический выключатель, расположенный по направлению к источнику питания, обеспечивает мгновенное отключение тока К3. Для этого необходимо, чтобы ток уставки мгновенно действующего расцепителя (отсечки без выдержки времени) указанных выключателей был меньше тока одноразовой предельной коммутационной способности каждого из группы защищаемых аппаратов и, если такое неселективное отключение всей группы аппаратов не грозит аварией, порчей дорогостоящего оборудования и материалов или расстройством сложного технологического процесса.

582. Номинальные токи плавких вставок предохранителей и номинальные токи или уставки расцепителей автоматических выключателей, служащих для защиты отдельных участков сети, во всех случаях выбираются наименьшими по расчетным токам этих участков или по номинальным токам электроприемников, но таким образом, чтобы аппараты защиты не отключали электроустановки при кратковременных перегрузках (пусковые токи, пики технологических нагрузок, токи при самозапуске).

583. Автоматические выключатели и предохранители пробочного типа должны присоединяться к сети, таким образом, чтобы при вывинченной пробке предохранителя (автоматического выключателя) винтовая гильза оставалась без напряжения. При одностороннем питании присоединение питающего проводника (кабеля или провода) к аппарату защиты должно выполняться, к неподвижным контактам коммутационного аппарата.

При необходимости присоединения питающего проводника к подвижным контактам автоматического выключателя следует иметь в виду, что в этом случае предельная коммутационная способность некоторых типов автоматических выключателей уменьшается.

584. Каждый аппарат защиты должен иметь надпись, указывающую значения номинального тока аппарата, уставки расцепителя и номинального тока плавкой вставки, требующиеся для защищаемой им сети.

На дверцах шкафов или щитков, в которых устанавливаются аппараты защиты, размещаются схемы с указанием необходимых для защиты сети уставок расцепителей автоматических выключателей и номинальных токов плавких вставок предохранителей.

## Параграф 2. Выбор защиты

585. Электрические сети должны иметь защиту от токов К3, обеспечивающую по возможности наименьшее время отключения и требования селективности.

Защита должна обеспечивать отключение поврежденного участка при наименьшем значении токов К3 в конце защищаемой линии одно-, двух- и трехфазных - в сетях с глухозаземленной нейтралью двух- и трехфазных - в сетях с изолированной нейтралью.

При определении наименьшего значения тока К3 должны учитываться активные и индуктивные сопротивления цепи короткого замыкания, включая активное сопротивление электрической дуги, а также увеличение активного сопротивления проводника в результате нагрева.

586. Для надежного отключения поврежденного участка сети необходимо, чтобы кратность величины наименьшего расчетного тока К3 в конце защищаемой линии была по отношению:

1) к номинальному току плавкой вставки предохранителя - не менее 3;

2) к номинальному току нерегулируемого расцепителя автоматического выключателя с обратно зависимой от тока характеристикой - не менее 3;

3) к уставке по току срабатывания регулируемого расцепителя автоматического выключателя с обратно зависимой от тока характеристикой - не менее 3;

4) к верхнему значению тока срабатывания автоматического выключателя, имеющего только мгновенно действующий или селективный максимальный расцепитель тока (отсечку) - не менее 1,1.

Для пожароопасных зон кратности тока К3 устанавливаются в главе 25 настоящих Правил.

587. Защиту от перегрузки должны иметь электрические сети, выполненные с использованием СИП, а также следующие сети внутри помещений:

1) электрические сети, выполненные открыто проложенными проводниками с горючей наружной оболочкой или горючей наружной изоляцией;

2) групповые осветительные сети в жилых и общественных зданиях и сооружениях, в торговых помещениях, служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, включая сети для бытовых и переносных электроприемников (утюгов, чайников, плиток, комнатных холодильников, пылесосов, стиральных и швейных машин), а также в пожароопасных зонах;

3) силовые сети в жилых и общественных зданиях и сооружениях, торговых помещениях, на промышленных предприятиях, - только в случае, когда по условиям технологического процесса или по режиму работы сети может возникать длительная перегрузка проводников;

4) сети специальных установок.

588. В сетях, защищаемых от перегрузки, кратность токов аппаратов защиты по отношению к длительно допустимым токовым нагрузкам защищаемых проводников должна быть не более:

1) 0,8 - для номинального тока плавкой вставки или тока уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновеннодействующий расцепитель (отсечку);

2) 1,0 - для номинального тока автоматического выключателя с нерегулируемой обратнозависимой от тока характеристикой (независимо от наличия отсечки);

3) 1,25 - для тока срабатывания автоматического выключателя с регулируемой обратно зависящей от тока характеристикой (независимо от наличия отсечки).

589. Для кабельных сетей собственных нужд электростанций токовая отсечка должна обеспечивать коэффициент чувствительности не менее 1,3 при междуфазных и однофазных К3 в конце защищаемого кабеля. При этом, в случае необходимости для защиты от однофазных К3 в конце кабеля должна выполняться отдельная защита, не требующая отстройки от пусковых токов присоединения, с коэффициентом чувствительности не менее 1,5. Допускается не охватывать отсечкой всю длину защищаемой кабельной линии, если при работе расцепителя с обратнозависимой от тока характеристикой обеспечиваются термическая стойкость кабеля и селективность защиты.

Для кабельных сетей собственных нужд электростанций обеспечивается резервирование защит смежных участков.

590. Для защиты электроустановок постоянного тока применяются автоматические выключатели с комбинированным расцепителем или специальную выносную релейную защиту. Допускается применение предохранителей. Для обеспечения селективности отключения поврежденного участка должны быть выполнены следующие условия:

1) при применении автоматических выключателей все К3 в основной зоне защиты должны отключаться токовой отсечкой с коэффициентом чувствительности не менее 1,5 К3 в зоне резервирования должны отключаться с коэффициентом чувствительности не менее 1,3. Допускается резервирование осуществлять с использованием расцепителя с обратнозависимой от тока характеристикой при условии обеспечения термической стойкости кабеля;

2) при применении выносной релейной защиты коэффициенты чувствительности должны быть не менее: для основной зоны - 1,5 для зоны резервирования - 1,2;

3) при применении предохранителей коэффициенты чувствительности должны быть не менее: для основной зоны - 5 для зоны резервирования - 3.

591. На воздушных двухцепных линиях расцепитель автоматического выключателя или выносную токовую защиту в нулевом проводе не устанавливаются, если эти линии имеют общий нулевой провод.

## Параграф 3. Места установки аппаратов защиты

592. Аппараты защиты располагаются в удобных для обслуживания местах таким образом, чтобы была исключена возможность их случайных механических повреждений. Установка их должна быть выполнена так, чтобы при оперировании с ними или при их действии были исключены опасность для обслуживающего персонала и возможность повреждения окружающих предметов.

Аппараты защиты с открытыми токоведущими частями должны быть доступны для обслуживания только квалифицированному персоналу.

593. Аппараты защиты, устанавливаются в местах сети, где сечение проводника уменьшается (по направлению к месту потребления электроэнергии) и где это необходимо для обеспечения чувствительности и селективности защиты.

594. Аппараты защиты должны устанавливаться непосредственно в местах присоединения защищаемых проводников к питающей линии.

Допускается установка аппаратов защиты ответвления на некотором расстоянии от места присоединения ответвления к питающей линии при выполнении следующих условий:

1) длина участка от места присоединения к питающей линии до аппарата не превышает 3 м;

2) ответвление на этом участке выполняется кабелем в оболочке, не распространяющей горение, или проложенным в несгораемых трубах, металлорукавах, коробах;

3) вблизи этого участка не располагаются горючие вещества.

595. При защите сетей предохранителями последние должны устанавливаться на всех нормально незаземленных полюсах или фазах. Установка предохранителей в нулевых проводниках не допускается.

596. При защите сетей автоматическими выключателями расцепители их должны устанавливаться во всех нормально незаземленных проводниках.

Расцепители в нулевых проводниках допускается устанавливать лишь при условии, когда при их срабатывании отключаются от сети одновременно все проводники данного присоединения.

597. Аппараты защиты допускается не устанавливать, если это целесообразно по условиям эксплуатации, в местах:

1) ответвления проводников от шин щита к аппаратам, установленным на том же щите; при этом, проводники должны выбираться по расчетному току ответвления;

2) снижения сечения питающей линии по ее длине и на ответвлениях от нее, если защита предыдущего участка линии защищает участок со сниженным сечением;

3) ответвления от питающей линии проводников цепей измерений, управления и сигнализации, если эти проводники не выходят за пределы соответствующих машин или щита, либо если эти проводники выходят за их пределы, но проложены в несгораемых трубах или имеют негорючую оболочку.

Не допускается устанавливать аппараты защиты в местах присоединения к питающей линии таких цепей управления, сигнализации и измерения, отключение которых может повлечь за собой опасные последствия (отключение пожарных насосов, вентиляторов, предотвращающих образование взрывоопасных смесей, некоторых механизмов собственных нужд электростанций). Во всех случаях такие цепи должны выполняться проводниками в трубах или иметь негорючую оболочку. Сечение этих цепей должно быть не менее приведенных в пункте 838 настоящих Правил.

## 13. Релейная защита

### Параграф 1. Область применения

598. Настоящая глава Правил распространяется на устройства релейной защиты элементов электрической части энергосистем, промышленных и других электроустановок выше 1 кВ; генераторов, трансформаторов (автотрансформаторов), блоков генератор - трансформатор, линий электропередачи, шин и синхронных компенсаторов.

Защита всех электроустановок выше 500 кВ, кабельных линий выше 35 кВ, а также электроустановок атомных электростанций и передач постоянного тока в настоящей главе Правил не рассматривается.

Устройства релейной защиты элементов электроустановок, не рассмотренные в этой и других главах, должны выполняться в соответствии с общими требованиями настоящей главы.

### Параграф 2. Общие положения

599. Электроустановки должны быть оборудованы устройствами релейной защиты, предназначенными для:

1) автоматического отключения поврежденного элемента от остальной, неповрежденной части электрической системы (электроустановки) с помощью выключателей; если повреждение непосредственно не нарушает работу электрической системы, допускается действие релейной защиты только на сигнал;

2) реагирования на опасные, ненормальные режимы работы элементов электрической системы (перегрузку, повышение напряжения в обмотке статора гидрогенератора) в зависимости от режима работы и условий эксплуатации электроустановки релейная защита должна быть выполнена с действием на сигнал или на отключение тех элементов, оставление которых в работе может привести к возникновению повреждения.

600. С целью удешевления электроустановок вместо автоматических выключателей и релейной защиты применяются предохранители или открытые плавкие вставки, если они:

1) выбраны с требуемыми параметрами (номинальные напряжение и ток, номинальный ток отключения);

2) обеспечивают требуемые селективность и чувствительность;

3) не препятствуют применению автоматики (автоматическое повторное включение - АПВ, автоматическое включение резерва - АВР), необходимой по условиям работы электроустановки.

При использовании предохранителей или открытых плавких вставок в зависимости от уровня несимметрии в неполнофазном режиме и характера питаемой нагрузки

рассматривается необходимость установки на приемной подстанции защиты от неполнофазного режима.

601. Устройства релейной защиты должны обеспечивать наименьшее возможное время отключения КЗ в целях сохранения бесперебойной работы неповрежденной части системы (устойчивая работа электрической системы и электроустановок потребителей, обеспечение возможности восстановления нормальной работы путем успешного действия АПВ и АВР, самозапуска электродвигателей, втягивания в синхронизм) и ограничения области и степени повреждения элемента.

602 Релейная защита, действующая на отключение, должна обеспечивать селективность действия, с тем, чтобы при повреждении какого-либо элемента электроустановки отключался только этот поврежденный элемент.

Допускается неселективное действие защиты (исправляемое последующим действием АПВ или АВР):

1) для обеспечения, если это необходимо, ускорения отключения КЗ;

2) при использовании упрощенных главных электрических схем с отделителями в цепях линий или трансформаторов, отключающими поврежденный элемент в бестоковую паузу.

603. Устройства релейной защиты с выдержками времени, обеспечивающими селективность действия, допускается выполнять, если:

1) при отключении КЗ с выдержками времени обеспечивается выполнение требований пункта 600 настоящих Правил;

2) защита действует в качестве резервной.

Для ступенчатых защит (дистанционных, токовых от многофазных КЗ и КЗ на землю) первые ступени охватывают часть линии, и повреждения на этом участке защита будет отключать без выдержки времени (т.е. Т1 = 0,00 сек). Для последующих ступеней выдержка времени выбирается по ступенчатому принципу. При выборе выдержки времени должно учитываться время отключения силового выключателя, включая разброс, время возврата устройств защиты. В случае применения элегазовых выключателей и с учетом собственного времени работы микропроцессорных устройств защиты ступень селективности с запасом может быть принята 0,2-0,4 сек (а не 0,5 сек - как для масляных и воздушных выключателей и схем с электромеханическими реле защит).

604. Надежность функционирования релейной защиты (срабатывание при появлении условий на срабатывание и несрабатывание при их отсутствии) должна быть обеспечена применением устройств, которые по своим параметрам и исполнению соответствуют назначению, а также надлежащим обслуживанием этих устройств.

При необходимости используются специальные меры повышения надежности функционирования, в частности, схемное резервирование, непрерывный или периодический контроль состояния. Должна также учитываться вероятность ошибочных действий обслуживающего персонала при выполнении необходимых операций с релейной защитой.

605. При наличии релейной защиты, имеющей цепи напряжения, предусматриваются устройства:

1) автоматически выводящие защиту из действия при отключении автоматических выключателей, перегорании предохранителей и других нарушениях цепей напряжения (если эти нарушения могут привести к ложному срабатыванию защиты в нормальном режиме), а также сигнализирующие о нарушениях этих цепей;

2) сигнализирующие о нарушениях цепей напряжения, если эти нарушения не приводят к ложному срабатыванию защиты в условиях нормального режима, но могут привести к излишнему срабатыванию в других условиях.

606. При установке быстродействующей релейной защиты на линиях электропередачи с трубчатыми разрядниками должна быть предусмотрена отстройка ее от работы разрядников, для чего:

1) наименьшее время срабатывания релейной защиты до момента подачи сигнала на отключение должно быть больше времени однократного срабатывания разрядников, а именно: около 0,06-0,08 сек;

2) пусковые органы защиты, срабатывающие от импульса тока разрядников, должны иметь возможно меньшее время возврата (около 0,01 сек от момента исчезновения импульса).

607. Для релейных защит с выдержками времени в каждом конкретном случае рассматривается целесообразность обеспечения действия защиты от начального значения тока или сопротивления при КЗ для исключения отказов срабатывания защиты (из-за затухания токов КЗ во времени, в результате возникновения качаний, появления дуги в месте повреждения).

608. Защиты в электрических сетях 110 кВ и выше должны иметь устройства, блокирующие их действие при качаниях или асинхронном ходе, если в указанных сетях возможны такие качания или асинхронный ход, при которых защиты могут срабатывать излишне.

Допускается применение аналогичных устройств и для линий ниже 110 кВ, связывающих между собой источники питания (исходя из вероятности возникновения качаний или асинхронного хода и возможных последствий излишних отключений).

Допускается выполнение защиты без блокировки при качаниях, если защита отстроена от качаний по времени (выдержка времени защиты - около 1,5-2 с).

609. Действие релейной защиты должно фиксироваться указательными реле, встроенными в реле указателями срабатывания, счетчиками числа срабатываний, регистраторами аварийных событий (РАС) и другими устройствами в той степени, в какой это необходимо для учета и анализа работы защит.

610. Устройства, фиксирующие действие релейной защиты на отключение, устанавливается так, чтобы сигнализировалось действие каждой защиты, а при сложной защите - отдельных ее частей (разные ступени защиты, отдельные комплекты защит от разных видов повреждения).

611. На каждом из элементов электроустановки должна быть предусмотрена основная защита, предназначенная для ее действия при повреждениях в пределах всего защищаемого элемента с временем, меньшим, чем у других установленных на этом элементе защит.

На особо ответственных элементах электроустановки: линиях 500 кВ, автотрансформаторах связи с высшим напряжением 500 кВ, шунтирующих реакторах 500 кВ, шинах (ошиновках) 500 кВ и синхронных компенсаторах, генераторах и трансформаторах блоков АЭС или большой мощности тепловых и гидравлических станций и элементах КРУЭ, устанавливаются по две основные защиты.

612. Для действия при отказах защит или выключателей смежных элементов предусматривается резервная защита, предназначенную для обеспечения дальнего резервного действия.

Если основная защита элемента обладает абсолютной селективностью (высокочастотная защита, продольная и поперечная дифференциальные защиты), то на данном элементе должна быть установлена резервная защита, выполняющая функции не только дальнего, но и ближнего резервирования, действующая при отказе основной защиты данного элемента или вывода ее из работы. Если в качестве основной защиты от замыканий между фазами применена дифференциально-фазная защита, то в качестве резервной может быть применена ступенчатая дистанционная защита.

Если основная защита линии 110 кВ и выше обладает относительной селективностью, то:

1) отдельную резервную защиту допускается не предусматривать при условии, что дальнее резервное действие защит смежных элементов при КЗ на этой линии обеспечивается;

2) должны предусматриваться меры по обеспечению ближнего резервирования, если дальнее резервирование при КЗ на этой линии не обеспечиваются.

При 100% «ближнем» резервировании (основная защита элемента обладает абсолютной селективностью и наличием на данном элементе резервной защиты, выполняющей функции не только дальнего, но и ближнего резервирования), при наличии УРОВ, дальнее резервирование при КЗ на этом элементе допустимо не обеспечивать.

613. Для линии электропередачи 35 кВ и выше с целью повышения надежности отключения повреждения в начале линии может быть предусмотрена в качестве дополнительной защиты токовая отсечка без выдержки времени при условии выполнения требований пункта 622 настоящих Правил.

614. Если полное обеспечение дальнего резервирования связано со значительным усложнением защиты или технически невозможно допускается:

1) не резервировать отключения КЗ за трансформаторами, на реактированных линиях, линиях 110 кВ и выше при наличии ближнего резервирования;

2) иметь дальнее резервирование только при наиболее часто встречающихся видах повреждений, без учета редких режимов работы и при учете каскадного действия защиты;

3) предусматривать неселективное действие защиты при КЗ на смежных элементах (при дальнем резервном действии - не согласовывать последнюю ступень защиты по параметру срабатывания с защитами предыдущих элементов) с возможностью обесточения в отдельных случаях подстанций, при этом, обеспечивается исправление этих неселективных отключений действием АПВ или АВР;

4) предусматривать на трансформаторах 110-220 кВ дополнительную максимальную токовую защиту с независимым действием.

615. Устройства резервирования при отказе выключателей (УРОЗ) должны предусматриваться в электроустановках 110-500 кВ.

При отказе одного из выключателей поврежденного элемента (линия, трансформатор, шины) электроустановки УРОВ должно действовать на отключение выключателей, смежных с отказавшим.

Если защиты присоединены к выносным трансформаторам тока, то УРОВ должно действовать и при КЗ в зоне между этими трансформаторами тока и выключателем.

Допускается применение упрощенных УРОВ, действующих при КЗ с отказами выключателей не на всех элементах; при напряжении 35-220 кВ, кроме того, допускается применение устройств, действующих лишь на отключение шиносоединительного (секционного) выключателя.

При недостаточной эффективности дальнего резервирования рассматривается необходимость повышения надежности ближнего резервирования в дополнение к УРОВ.

616. При выполнении резервной защиты в виде отдельного комплекта осуществляется, так, чтобы была обеспечена возможность раздельной проверки или ремонта основной или резервной защиты при работающем элементе.

В случае, если защита присоединения состоит из двух или более взаиморезервируемых систем защиты, каждая из систем защиты должна быть полностью независимой от другой, чтобы при КЗ в защищаемой зоне отказ в одной системе защиты не приводил к отказу или недопустимому увеличению времени отключения другой системой защит. Указанные устройства РЗА должны питаться от разных автоматических выключателей, должны быть разделены по дискретным входам и выходам, должны быть подключены к разным вторичным обмоткам трансформаторов тока, и по возможности разделены по цепям напряжения и источникам питания, по цепям управления на постоянном оперативном токе. При этом, цепи питания оперативным постоянным током основных и резервных защит или отдельных групп защит должны прокладываться в разных кабелях. В особо ответственных случаях (для линий и автотрансформаторов 500 кВ) прокладываются кабели с цепями отключения от двух групп защит по разным трассам.

617. Оценка чувствительности основных типов релейных защит должна производится при помощи коэффициента чувствительности, определяемого:

1) для защит, реагирующих на величины, возрастающие в условиях повреждений, - как отношение расчетных значений этих величин (тока или напряжения) при металическом КЗ в пределах защищаемой зоны к параметрам срабатывания защит;

2) для защит, реагирующих на величины, уменьшающиеся в условиях повреждений, - как отношение параметров срабатывания к расчетным значениям этих величин (напряжения или сопротивления) при металическом КЗ в пределах защищаемой зоны.

Использовается фиксация срабатывания предыдущей по времени ступени защиты от более чувствительной последующей ступени защиты для исключения замедления действия защиты в результате развития электрической дуги в месте повреждения.

Расчетные значения величин должны устанавливаться, исходя из наиболее неблагоприятных видов повреждения, но для реально возможного режима работы электрической системы.

618. При оценке чувствительности основных защит необходимо исходить из того, что должны обеспечиваться следующие наименьшие коэффициенты их чувствительности:

1) максимальные токовые защиты с пуском и без пуска напряжения, направленные и ненаправленные, а также токовые одноступенчатые направленные и ненаправленные защиты, включенные на составляющие обратной или нулевой последовательностей:

для органов тока и напряжения - около 1,5;

для органов направления мощности обратной и нулевой последовательности - около 2,0 по мощности и около 1,5 по току и напряжению;

для органа направления мощности, включенного на полные ток и напряжение, не нормируется по мощности и около 1,5 по току.

для максимальных токовых защит трансформаторов с низшим напряжением 0,23-0,4 кВ наименьший коэффициент чувствительности может быть около 1,5;

2) ступенчатые защиты тока или тока и напряжения, направленные и ненаправленные, включенные на полные токи и напряжения или на составляющие нулевой последовательности:

для органов тока и напряжения ступени защиты, предназначенной для действия при КЗ в конце защищаемого участка, без учета резервного действия - около 1,5, а при наличии надежно действующей селективной резервной ступени - около 1,3 при наличии на противоположном конце линии отдельной защиты шин соответствующие коэффициенты чувствительности (около 1,5 и около 1,3) для ступени защиты нулевой последовательности допускается обеспечивать в режиме каскадного отключения;

для органов направления мощности нулевой и обратной последовательности - около 2,0 по мощности и около 1,5 по току и напряжению;

для органа направления мощности, включенного на полные ток и напряжение, не нормируется по мощности и около 1,5 по току;

3) дистанционные защиты от многофазных КЗ, КЗ на землю и избирательные органы устройства ОАПВ:

для пускового органа дистанционной защиты от многофазных КЗ и дистанционного органа третьей ступени - около 1,5;

для дистанционного органа второй ступени защиты от многофазных КЗ, предназначенного для действия при КЗ в конце защищаемой линии, без учета резервного действия - около 1,5, а при наличии третьей ступени защиты около 1,25;

для указанного органа чувствительность по току должна, быть около 1,3 (по отношению к току точной работы) при повреждении в той же точке.

для дистанционных органов второй ступени от КЗ на землю и избирательных органов сопротивления устройства ОАПВ:

при металлическом коротком замыкании на землю в конце защищаемой линии - 1,5;

при коротком замыкании на землю через переходное сопротивление в конце каскадно отключенной фазы защищаемой линии - 1,15;

для фильтровых избирательных органов по току и напряжению нулевой и обратной последовательности при металлическом замыкании в конце защищаемой линии - 2,0.

Блокировка от качаний не должна ограничивать зоны действия блокируемых ступеней дистанционной защиты;

4) продольные дифференциальные защиты генераторов, трансформаторов, линий и других элементов, а также полная дифференциальная защита шин - около 2,0 для токового пускового органа неполной дифференциальной или дистанционной защиты шин генераторного напряжения чувствительность должна быть около 2,0, а для первой ступени неполной дифференциальной токовой защиты шин генераторного напряжения, выполненной в виде отсечки, - около 1,5 (при КЗ на шинах).

Для дифференциальной защиты генераторов и трансформаторов чувствительность проверяется при КЗ на выводах. При этом, вне зависимости от значений коэффициента чувствительности для гидрогенераторов и турбогенераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток ток срабатывания защиты принимается менее номинального тока генератора. Для автотрансформаторов и повышающих трансформаторов мощностью 63 МВЧА и более ток срабатывания без учета торможения принимается менее номинального (для автотрансформаторов - менее тока, соответствующего типовой мощности).

Для остальных трансформаторов мощностью 25 МВЧА и более ток срабатывания без учета торможения принимается не более 1,5 номинального тока трансформатора.

Допускается снижение коэффициента чувствительности для дифференциальной защиты трансформатора или блока генератор-трансформатор до значения около 1,5 в следующих случаях:

при КЗ на выводах низшего напряжения понижающих трансформаторов мощностью менее 80 МВА (определяется с учетом регулирования напряжения);

в режиме включения трансформатора под напряжение, а также для кратковременных режимов его работы.

Для режима подачи напряжения на поврежденные шины включением одного из питающих элементов допускается снижение коэффициента чувствительности для дифференциальной защиты шин до значения около 1,5.

Указанный коэффициент 1,5 относится также к дифференциальной защите трансформатора при КЗ за реактором, установленным на стороне низшего напряжения трансформатора и входящим в зону его дифференциальной защиты. При наличии других защит, охватывающих реактор и удовлетворяющих требованиям чувствительности при КЗ за реактором, чувствительность дифференциальной защиты трансформатора при КЗ в этой точке допускается не обеспечивать;

5) поперечные дифференциальные направленные защиты параллельных линий:

для реле тока и реле напряжения пускового органа комплексов защиты от междуфазных КЗ и замыканий на землю - около 2,0 при включенных выключателях с обеих сторон поврежденной линии (в точке одинаковой чувствительности) и около 1,5 при отключенном выключателе с противоположной стороны поврежденной линии;

для органа направления мощности нулевой последовательности - около 4,0 по мощности и около 2,0 по току и напряжению при включенных выключателях с обеих сторон и около 2,0 по мощности и около 1,5 по току и напряжению при отключенном выключателе с противоположной стороны;

для органа направления мощности, включенного на полные ток и напряжение, по мощности не нормируется, а по току - около 2,0 при включенных выключателях с обеих сторон и около 1,5 при отключенном выключателе с противоположной стороны;

6) направленные защиты с высокочастотной блокировкой:

для органа направления мощности обратной или нулевой последовательности, контролирующего цепь отключения, - около 3,0 по мощности,

около 2,0 по току и напряжению;

для пусковых органов, контролирующих цепь отключения, - около 2,0 по току и напряжению, около 1,5 по сопротивлению;

7) дифференциально-фазные высокочастотные защиты:

для пусковых органов, контролирующих цепь отключения, - около 2,0 по току и напряжению, около 1,5 по сопротивлению;

8) токовые отсечки без выдержки времени, устанавливаемые на генераторах мощностью до 1 МВт и трансформаторах, при КЗ в месте установки защиты - около 2,0;

9) защиты от замыканий на землю на кабельных линиях в сетях с изолированной нейтралью (действующие на сигнал или на отключение):

для защит, реагирующих на токи основной частоты, - около 1,25;

для защит, реагирующих на токи повышенных частот, - около 1,5;

10) защиты от замыканий на землю на ВЛ в сетях с изолированной нейтралью, действующие на сигнал или на отключение, - около 1,5.

619. При определении коэффициентов чувствительности, указанных в подпунктах 1), 2), 5) и 7) пункта 618 настоящих Правил, необходимо учитывать следующее:

1) чувствительность по мощности индукционного реле направления мощности проверяется только при включении его на составляющие токов и напряжений обратной и нулевой последовательностей;

2) чувствительность реле направления мощности, выполненного по схеме сравнения (абсолютных значений или фаз), проверяется: при включении на полные ток и напряжение - по току при включении на составляющие токов и напряжений обратной и нулевой последовательностей - по току и напряжению.

620. Для генераторов, работающих на сборные шины, чувствительность токовой защиты от замыканий на землю в обмотке статора, действующей на отключение, определяется ее током срабатывания, который должен быть не более 5 А.

Для генераторов, работающих в блоке с трансформатором, коэффициент чувствительности защиты от однофазных замыканий на землю, охватывающей всю обмотку статора, должен быть не менее 2,0 для защиты напряжения нулевой последовательности, охватывающей не всю обмотку статора, напряжение срабатывания должно быть не более 15 В.

621. Чувствительность защит на переменном оперативном токе, выполняемых по схеме с дешунтированием электромагнитов отключения, проверяется с учетом действительной токовой погрешности трансформаторов тока после дешунтирования. При этом, минимальное значение коэффициента чувствительности электромагнитов отключения, определяемое для условия их надежного срабатывания, должно быть приблизительно на 20 % больше принимаемого для соответствующих защит.

622. Наименьшие коэффициенты чувствительности для резервных защит при КЗ в конце смежного элемента или наиболее удаленного из нескольких последовательных элементов, входящих в зону резервирования, должны быть для:

1) органов тока, напряжения, сопротивления - 1,2;

2) органов направления мощности обратной и нулевой последовательностей - 1,4 по мощности и 1,2 по току и напряжению;

3) органа направления мощности, включенного на полные ток и напряжение, не нормируется по мощности и напряжению и 1,2 по току.

При оценке чувствительности ступеней резервных защит, осуществляющих ближнее резервирование, необходимо исходить из коэффициентов чувствительности, приведенных в пунктах 611 настоящих Правил для соответствующих защит.

623. Для токовых отсечек без выдержки времени, устанавливаемых на линиях и выполняющих функции дополнительных защит, коэффициент чувствительности должен

быть около 1,2 при КЗ в месте установки защиты в наиболее благоприятном по условию чувствительности режиме.

624. Если действие защиты последующего элемента возможно из-за отказа вследствие недостаточной чувствительности защиты предыдущего элемента, то чувствительности этих защит необходимо согласовывать между собой.

Допускается не согласовывать между собой ступени этих защит, предназначенные для дальнего резервирования.

625. В сетях с глухозаземленной нейтралью должен быть выбран исходя из условий релейной защиты такой режим заземления нейтралей силовых трансформаторов (размещение трансформаторов с заземленной нейтралью), при котором значения токов и напряжений при замыканиях на землю обеспечивают действие релейной защиты элементов сети при всех возможных режимах эксплуатации электрической системы.

Для повышающих трансформаторов и трансформаторов с двух- и трехсторонним питанием (или существенной подпиткой от синхронных электродвигателей или синхронных компенсаторов), имеющих неполную изоляцию обмотки со стороны вывода нейтрали, должно быть исключено возникновение недопустимого для них режима работы с изолированной нейтралью на выделившиеся шины или участок сети 110-220 кВ с замыканием на землю одной фазы.

626. Трансформаторы тока, предназначенные для питания токовых цепей устройств релейной защиты от КЗ, должны удовлетворять следующим требованиям:

1) в целях предотвращения излишних срабатываний защиты при КЗ вне защищаемой зоны погрешность (полная или токовая) трансформаторов тока, не должна превышать 10 %. Более высокие погрешности допускаются при использовании защит, правильное действие которых при повышенных погрешностях обеспечивается с помощью специальных мероприятий. Указанные требования должны соблюдаться:

для ступенчатых защит - при КЗ в конце зоны действия ступени защиты, а для направленных ступенчатых защит - также и при внешнем КЗ;

для остальных защит - при внешнем КЗ или несинхронном включении.

для дифференциальных токовых защит (шин, трансформаторов, генераторов) должна быть учтена полная погрешность, для остальных защит - токовая погрешность, а при включении последних на сумму токов двух или более трансформаторов тока и режиме внешних КЗ - полная погрешность.

При расчетах допустимых нагрузок на трансформаторы тока допускается в качестве исходной принимать полную погрешность;

2) токовая погрешность трансформаторов тока в целях предотвращения отказов защиты при КЗ в начале защищаемой зоны не должна превышать:

по условиям повышенной вибрации контактов реле направления мощности или реле тока - значений, допустимых для выбранного типа реле;

по условиям предельно допустимой для реле направления мощности и направленных реле сопротивлений угловой погрешности - 50 %;

3) напряжение на выводах вторичной обмотки трансформаторов тока при КЗ в защищаемой зоне не должно превышать значения, допустимого для устройства РЗА.

627. Токовые цепи электроизмерительных приборов (совместно со счетчиками) и релейной защиты должны быть присоединены, к разным обмоткам трансформаторов тока.

Допускается их присоединение к одной обмотке трансформаторов тока при условии выполнения требований пунктов 96, 99 и 626 настоящих Правил. При этом, в цепи защит, включение электроизмерительных приборов допускается только через промежуточные трансформаторы тока и при условии, что трансформаторы тока удовлетворяют требованиям пункта 625 настоящих Правил при разомкнутой вторичной цепи промежуточных трансформаторов тока.

628. Применяется защита с применением реле прямого действия, как первичных, так и вторичных, и защиты на переменном оперативном токе, если это возможно, и ведет к упрощению и удешевлению электроустановки.

629. В качестве источника переменного оперативного тока для защит от КЗ, используются трансформаторы тока защищаемого элемента. Допускается также использование трансформаторов напряжения или трансформаторов собственных нужд.

В зависимости от конкретных условий должна быть применена одна из следующих схем с дешунтированием электромагнитов отключения выключателей, с использованием блоков питания, с использованием зарядных устройств с конденсатором.

630. Устройства релейной защиты, выводимые из работы по условиям режима сети, селективности действия или по другим причинам, должны иметь специальные приспособления для вывода их из работы оперативным персоналом.

Для обеспечения эксплуатационных проверок и испытаний в схемах защит предусматривается, где это необходимо, испытательные блоки или испытательные зажимы.

## Параграф 3. Защита генераторов, работающих непосредственно на сборные шины генераторного напряжения

631. Для турбогенераторов выше 1 кВ, мощностью более 1 МВт, работающих непосредственно на сборные шины генераторного напряжения, должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и нарушений нормального режима работы:

1) многофазных замыканий в обмотке статора генератора и на его выводах;

2) однофазных замыканий на землю в обмотке статора;

3) двойных замыканий на землю, одно из которых возникло в обмотке статора, а второе - во внешней сети;

4) замыканий между витками одной фазы в обмотке статора (при наличии выведенных параллельных ветвей обмотки);

5) внешних коротких замыканий;

6) перегрузки токами обратной последовательности (для генераторов мощностью более 30 МВт) для всех генераторов с непосредственным охлаждением обмоток;

7) симметричной перегрузки обмотки статора;

8) перегрузки обмотки ротора током возбуждения (для генераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток и для гидрогенераторов);

9) асинхронного режима;

10) от замыкания на землю в одной точке цепи возбуждения;

11) замыкания на землю во второй точке цепи возбуждения (кроме турбогенераторов с бесщеточной системой возбуждения, генераторов с непосредственным охлаждением и гидрогенераторов);

12) обратной мощности;

13) от потери возбуждения;

14) от повышения напряжения (для турбогенераторов с непосредственным охлаждением обмоток и гидрогенераторов);

15) минимальная защита напряжения при использовании гидроагрегата в режиме синхронного компенсатора или двигателя агрегатов.

632. Для турбогенераторов выше 1 кВ мощностью 1 МВт и менее, работающих непосредственно на сборные шины генераторного напряжения, предусматриваются устройства релейной защиты в соответствии с подпунктами 1), 2), 3), 5), 7) пункта 631 настоящих Правил.

Для турбогенераторов до 1 кВ мощностью до 1 МВт, работающих непосредственно на сборные шины генераторного напряжения, защита выполняется в соответствии с пунктом 645 настоящих Правил.

633. Для защиты от многофазных замыканий в обмотке статора генераторов выше 1 кВ мощностью более 1 МВт, имеющих выводы отдельных фаз со стороны нейтрали, должна быть предусмотрена продольная дифференциальная токовая защита. Защита должна действовать на отключение всех выключателей генератора, на гашение поля, а также на останов турбины.

В зону действия защиты кроме генератора должны входить соединения генератора со сборными шинами электростанции (до выключателя).

Продольная дифференциальная токовая защита должна быть выполнена с током срабатывания не более 0,6 $I_{ном}$. Для генераторов мощностью до 30 МВт с косвенным охлаждением - допускается выполнять защиту с током срабатывания 1,3-1,4 $I_{ном}$.

Контроль неисправности токовых цепей защиты предусматривается при токе срабатывания защиты более $I_{ном}$.

Продольная дифференциальная токовая защита должна быть осуществлена с отстройкой от переходных значений токов небаланса.

Защита выполняется трехфазной трехрелейной. Для генераторов мощностью до 30 МВт защиту допускается выполнять двухфазной двухрелейной при наличии защиты от двойных замыканий на землю.

634. Для защиты от многофазных замыканий в обмотке статора генераторов выше 1 кВ мощностью до 1 МВт, работающих параллельно с другими генераторами или электроэнергетической системой, должна быть предусмотрена токовая отсечка без выдержки времени, устанавливаемая со стороны выводов генератора к сборным шинам. Если токовая отсечка не удовлетворяет требованиям чувствительности, вместо нее допускается устанавливать продольную дифференциальную токовую защиту.

Применение токовой отсечки взамен дифференциальной защиты допускается и для генераторов большей мощности, не имеющих выводов фаз со стороны нейтрали.

Для одиночно работающих генераторов выше 1 кВ мощностью до 1 МВт в качестве защиты от многофазных замыканий в обмотке статора используется защита от внешних КЗ. Защита должна действовать на отключение выключателя генератора и гашение его поля.

635. Для защиты от однофазных замыканий на землю в обмотке статора генераторов выше 1 кВ мощностью 50 МВт и более должна быть предусмотрена селективная защита от замыканий на землю независимо от величины емкостного тока замыканий на землю и защита от двойных замыканий на землю. Защиты должны быть отстроены от переходных процессов и действовать: от замыкания на землю с выдержкой времени не более 0,5 сек - на отключение генератора, гашение его поля, останов агрегата и запрет электроторможения (для гидрогенератора) от двойных замыканий на землю без выдержки времени - аналогично защите от однофазных замыканий.

Для генераторов мощностью менее 50 МВт в качестве защиты от замыкания на землю можно использовать устройство контроля изоляции, действующее с двумя выдержками времени: с первой - на деление шин генераторного напряжения, со второй - на отключение генератора, гашение поля, останов агрегата и запрет электроторможения (для гидрогенераторов). При токе замыкания менее 5 А допускается действие защиты на сигнал.

При установке на генераторах трансформатора тока нулевой последовательности для защиты от однофазных замыканий на землю должна быть предусмотрена токовая защита от двойных замыканий на землю, присоединяемая к этому трансформатору тока.

Для повышения надежности действия при больших значениях тока применяется реле с насыщающимся трансформатором тока. Эта защита должна быть выполнена без

выдержки времени и действовать как защита, указанная в пункте 632 или 633 настоящих Правил.

636. Для защиты от замыканий между витками одной фазы в обмотке статора генератора с выведенными параллельными ветвями должна предусматриваться поперечная дифференциальная токовая защита без выдержки времени, действующая как защита, указанная в пункте 632 настоящих Правил.

637. Для защиты генераторов по подпункту 6 пункта 631 настоящих Правил, от токов, обусловленных внешними несимметричными КЗ, а также от перегрузки током обратной последовательности предусматривается токовая защита обратной последовательности, действующую на отключение с двумя выдержками времени.

Для генераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток защита выполняется с интегральной зависимой характеристикой, соответствующей заводской характеристике допустимых перегрузок защищаемого генератора. При этом, зависимая характеристика при вторых (более высоких) выдержках времени не должна быть выше характеристики допустимых перегрузок генератора током обратной последовательности.

Для генераторов с косвенным охлаждением проводников обмоток защита выполняется с независимой выдержкой времени с током срабатывания не более допустимого для генератора при прохождении по нему тока обратной последовательности в течение 2 минуты меньшая выдержка времени защиты не должна превышать допустимой длительности двухфазного КЗ на выводах генератора.

Токовая защита обратной последовательности, действующая на отключение, должна быть дополнена более чувствительным элементом, действующим на сигнал с независимой выдержкой времени. Ток срабатывания этого элемента должен быть не более длительно допустимого тока обратной последовательности для данного типа генератора.

На гидростанциях без постоянного дежурного персонала чувствительный орган токовой защиты обратной последовательности должен действовать на отключение с выдержкой времени не более 2 минуты.

638. Для защиты генераторов с непосредственным охлаждением обмотки статора должна быть предусмотрена однорелейная дистанционная защита для защиты от внешних симметричных коротких замыканий и для резервирования защит генератора от внутренних повреждений. Для генераторов с косвенным охлаждением обмоток для этих целей может быть предусмотрена максимальная токовая защита с пуском минимального напряжения. Указанные защиты должны действовать с двумя выдержками времени.

Для защиты генераторов с непосредственным охлаждением обмотки статора от внешних симметричных КЗ и для резервирования защит генератора от внутренних повреждений в генераторе должна быть предусмотрена дистанционная защита, либо максимальная токовая защита с пуском минимального напряжения.

Ток срабатывания максимальной токовой защиты должен быть около 1,3-1,5 $I_{ном}$, а напряжение срабатывания - для турбогенераторов около 0,5-0,6$U_{ном}$, для гидрогенераторов - около 0,6-0,7$U_{ном}$.

639. Для защиты генераторов с косвенным охлаждением обмоток, мощностью от 1 МВт до 30 МВт от внешних КЗ (симметричных и несимметричных) и для резервирования защит генератора от внутренних повреждений применяется максимальная токовая защита в двухфазном двухрелейном исполнении с комбинированным пуском напряжения, выполненным с одним минимальным реле напряжения, включенным на междуфазное напряжение, и одним устройством фильтр-реле напряжения обратной последовательности, разрывающим цепь минимального реле напряжения.

Ток срабатывания защиты и напряжение срабатывания минимального органа напряжения принимаются равными указанным в пункте 637 настоящих Правил, напряжение срабатывания устройства фильтр-реле напряжения обратной последовательности 0,1-0,12$U_{ном.}$

640. Для генераторов выше 1 кВ мощностью до 1 МВт в качестве защиты от внешних КЗ должна быть применена максимальная токовая защита, присоединяемая к трансформаторам тока со стороны нейтрали. Уставка защиты выбирается по току нагрузки с необходимым запасом. Допускается также применение упрощенной минимальной защиты напряжения (без реле тока).

641. Защита генераторов мощностью более 1 МВт от токов, обусловленных внешними КЗ, должна быть выполнена с соблюдением следующих требований:

1) защита присоединяется к трансформаторам тока, установленным на выводах генератора со стороны нейтрали;

2) при наличии секционирования шин генераторного напряжения защиту выполняется с двумя выдержками времени: с меньшей выдержкой - на отключение соответствующих секционных и шиносоединительного выключателей, с большей - на отключение выключателя генератора и гашение поля.

Допускается на генераторах присоединять токовую защиту обратной последовательности и дистанционную защиту к трансформаторам тока, установленным со стороны подключения генератора к сборным шинам. В этом случае должна предусматриваться дополнительная резервная защита, включаемая на трансформаторы со стороны нейтрали генератора и предназначенная для резервирования дифференциальной защиты при повреждениях генератора, отключенного от сети.

642. На генераторах с непосредственным охлаждением проводников обмоток должна быть предусмотрена защита ротора от перегрузки при работе генератора как с основным, так и с резервным возбуждением. Защита выполняется с интегрально-зависимой выдержкой времени от тока в обмотке ротора, которая соответствует характеристике допустимых перегрузок генератора током возбуждения.

При необходимости защита должна быть выполнена с независимой выдержкой времени, реагирующей на повышение напряжения в обмотке ротора.

Защита должна действовать на отключение генератора и гашение поля. С меньшей выдержкой времени от защиты должна производиться разгрузка ротора.

643. Защита от симметричных перегрузок генераторов с непосредственным охлаждением должна быть выполнена с интегральной зависимой выдержкой времени от тока одной фазы. Защита должна действовать на разгрузку и, при необходимости, на отключение генератора.

Защита должна быть дополнена чувствительным органом, действующим на сигнал с независимой выдержкой времени.

Защита от симметричных перегрузок генератора с косвенным охлаждением может быть выполнена в виде максимальной токовой защиты от тока одной фазы, действующей на сигнал с независимой выдержкой времени.

644. Защита от замыканий на землю в одной точке цепи возбуждения для турбогенераторов с косвенным охлаждением обмотки ротора должна действовать на сигнал с выдержкой времени, а для гидрогенераторов - на отключение генератора.

Защита от замыканий на землю в одной точке цепи возбуждения генераторов с непосредственным охлаждением обмотки ротора должна иметь две ступени по снижению уровня изоляции. Первая ступень должна действовать на предупредительный сигнал с выдержкой времени, вторая ступень - на аварийный сигнал или на отключение генератора в соответствии с указаниями завода-изготовителя генератора.

Защита от замыканий на землю во второй точке цепи возбуждения турбогенераторов должна быть предусмотрена в одном комплекте на несколько (но не более трех) генераторов с близкими параметрами цепей возбуждения. Защита должна включаться в работу только при появлении замыкания на землю в одной точке цепи возбуждения, выявляемого при периодическом контроле изоляции. Защита должна действовать на отключение выключателя генератора и гашение поля.

645. На турбогенераторах устанавливается защита от асинхронного режима (далее - АР). На генераторах, допускающих АР, защита должна действовать на сигнал и разгрузку по активной мощности.

На гидрогенераторах должна предусматриваться защита от АР, действующая согласно 750.

Генераторы, не допускающие АР, а в условиях дефицита реактивной мощности в системе и остальные генераторы, потерявшие возбуждение, должны при действии защиты отключаться от сети. Может быть предусмотрена защита от потери возбуждения, которая предназначена для предотвращения АР.

Защита может быть выполнена:

по фактору отключения автомата гашения поля;

по величинам тока ротора и статора. Уставка по току ротора должна быть отстроена от уставки ограничителя минимального возбуждения регулятора возбуждения;

по принципу защиты минимального сопротивления.

646. Защита генераторов до 1 кВ мощностью до 1 МВт с незаземленной нейтралью от всех видов повреждений и ненормальных режимов работы осуществляется установкой на выводах автоматического выключателя с максимальными расцепителями или выключателя с максимальной токовой защитой в двухфазном исполнении. При наличии выводов со стороны нейтрали указанная защита, присоединяется к трансформаторам тока, установленным на этих выводах.

Для указанных генераторов с глухозаземленной нейтралью эта защита должна быть предусмотрена в трехфазном исполнении.

647. На гидрогенераторах для предотвращения повышения напряжения при сбросах нагрузки должна быть предусмотрена защита от повышения напряжения. Уставка защиты выбирается 1,5 $U_{ном}$. Защита должна действовать на отключение генератора, гашение его поля, а также допускается воздействие на останов агрегата.

Для ликвидации перехода генератора в двигательный режим при самопроизвольном закрытии направляющего аппарата или неплотном закрытии стопорных клапанов турбины устанавливается защита обратной мощности.

## Параграф 4. Защита трансформаторов (автотрансформаторов) с обмоткой высшего напряжения 3 кВ и выше и шунтирующих реакторов 500 кВ

648. Для трансформаторов должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

1) многофазных замыканий в обмотках и на выводах (ошиновка);

2) однофазных замыканий на землю в обмотке и на выводах (ошиновка), присоединенных к сети с глухозаземленной нейтралью;

3) витковых замыканий в обмотках;

4) токов в обмотках, обусловленных внешними КЗ;

5) токов в обмотках, обусловленных перегрузкой;

6) понижения уровня масла;

7) частичного пробоя изоляции вводов 500 кВ;

8) однофазных замыканий на землю на стороне 6-35кВ трансформаторов

9) неполнофазного режима (для автотрансформаторов и блоков генератор - трансформатор).

649. Для шунтирующих реакторов 500 кВ предусматриваются устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

1) однофазных и двухфазных замыканий на землю в обмотках и на выводах;

2) витковых замыканий в обмотках;

3) понижение уровня масла;

4) частичного пробоя изоляции вводов.

650. Газовая защита от повреждений внутри кожуха, сопровождающихся выделением газа, и от понижения уровня масла должна быть предусмотрена:

1) для трансформаторов мощностью 4 МВ*А и более;

2) для шунтирующих реакторов напряжением 500 кВ;

3) для внутрицеховых понижающих трансформаторов мощностью 630 кВ*А и более.

Газовую защиту можно устанавливать также на трансформаторах мощностью 1-2,5 МВА.

Газовая защита должна действовать на сигнал при слабом газообразовании и понижении уровня масла и на отключение при интенсивном газообразовании и дальнейшем понижении уровня масла.

Защита от повреждений внутри кожуха трансформатора, сопровождающихся выделением газа, может быть выполнена также с использованием реле давления.

Защита от понижения уровня масла может быть выполнена также в виде отдельного реле уровня в расширителе трансформатора.

Для защиты контакторного устройства РПН с разрывом дуги в масле предусматривается отдельное газовое реле и реле давления (без перевода на сигнал).

Для защиты избирателей РПН, размещаемых в отдельном баке, предусматривается отдельное газовое реле.

Должна быть предусмотрена возможность перевода действия отключающего элемента газовой защиты на сигнал и выполнения раздельной сигнализации от сигнального и отключающих элементов газового реле (различающейся характером сигнала).

Допускается выполнение газовой защиты с действием отключающего элемента только на сигнал:

1) на трансформаторах, которые установлены в районах, подверженных землетрясениям;

2) на внутрицеховых понижающих трансформаторах мощностью 2,5 МВЧА и менее, не имеющих выключателей со стороны высшего напряжения.

651. Для защиты от повреждений на выводах, а также от внутренних повреждений должны быть предусмотрены:

1) продольная дифференциальная токовая защита без выдержки времени на трансформаторах мощностью 6,3 МВ А и более, на шунтирующих реакторах 500 кВ, а также на трансформаторах мощностью 4 МВ А при параллельной работе последних с целью селективного отключения поврежденного трансформатора.

Дифференциальная защита может быть предусмотрена на трансформаторах меньшей мощности, но не менее 1 МВ А, если:

токовая отсечка не удовлетворяет требованиям чувствительности, а максимальная токовая защита имеет выдержку времени более 0,5 сек;

трансформатор установлен в районе, подверженном землетрясениям;

2) токовая отсечка без выдержки времени, устанавливаемая со стороны питания и охватывающая часть обмотки трансформатора, если не предусматривается дифференциальная защита.

В целях повышения эффективности ближнего резервирования защиты автотрансформатора с высшим напряжением 220 кВ и выше должны выполняться с разделением на две группы, так чтобы указанные дифференциальные защиты входили в одну из групп, а газовые - в другую.

Для автотрансформаторов и шунтирующих реакторов 500 кВ необходимо предусматривать 2 комплекта дифференциальных токовых защит.

Указанные защиты должны действовать на отключение всех выключателей трансформатора.

652. Продольная дифференциальная токовая защита должна осуществляться с применением специальных реле тока, или микропроцессорных устройств, отстроенных от бросков тока намагничивания, переходных и установившихся токов небаланса.

Продольная дифференциальная защита должна быть выполнена так, чтобы в зону ее действия входили соединения трансформатора со сборными шинами.

Допускается использование для дифференциальной защиты трансформаторов тока, встроенных в трансформатор, при наличии дифзащиты ошиновки или дифзащиты шин, обеспечивающих отключение КЗ в соединениях трансформатора со сборными шинами.

Если в цепи низшего напряжения трансформатора установлен реактор и защита трансформатора не обеспечивает требования чувствительности при КЗ за реактором, допускается установка трансформаторов тока со стороны выводов низшего напряжения трансформатора для осуществления защиты реактора.

653. На дифференциальную и газовую защиты трансформаторов, автотрансформаторов и шунтирующих реакторов не должны возлагаться функции датчиков пуска установки пожаротушения. Пуск схемы пожаротушения указанных элементов должен осуществляться от специального устройства обнаружения пожара.

654. Устройство контроля изоляции вводов (далее - КИВ) 500 кВ должно быть выполнено с действием на сигнал при снижении уровня изоляции вводов, не требующем немедленного отключения, и на отключение при повреждении изоляции ввода (до того, как произойдет полный пробой изоляции).

Должна быть предусмотрена блокировка, предотвращающая ложные срабатывания устройства КИВ при обрывах в цепях присоединения КИВ к выводам.

655. В случаях присоединения трансформаторов (кроме внутрицеховых) к линиям без выключателей для отключения повреждений в трансформаторе должно быть предусмотрено одно из следующих мероприятий:

1) установка короткозамыкателя для искусственного замыкания на землю одной фазы (для сети с глухозаземленной нейтралью) или двух фаз мужду собой (для сети с изолированной нейтралью) и, если это необходимо, отделителя, автоматически отключающегося в бестоковую паузу АПВ линии. Короткозамыкатель должен быть установлен вне зоны дифференциальной защиты трансформатора;

2) установка на стороне высшего напряжения понижающего трансформатора открытых плавких вставок, выполняющих функции короткозамыкателя и отделителя, в сочетании с АПВ линии;

3) передача отключающего сигнала на выключатель (или выключатели) линии при этом, если необходимо, устанавливается отделитель, для резервирования передачи отключающего сигнала допускается установка короткозамыкателя, или дублированием передачи отключающего сигнала по другому каналу.

Передача отключающего сигнала взамен мероприятий по подпунктам 1) и 2) настоящего пункта применяются для трансформаторов подстанций 110 кВ и выше;

4) установка предохранителей на стороне высшего напряжения понижающего трансформатора.

Мероприятия подпунктов 1)-4) настоящего пункта не предусматриваются для блоков линия - трансформатор, если при двустороннем питании трансформатор защищается общей защитой блока (высокочастотной или продольной дифференциальной специального назначения), а также при мощности трансформатора 25 МВ А и менее при одностороннем питании, если защита питающей линии обеспечивает также защиту трансформатора (быстродействующая защита линии частично защищает трансформатор и резервная защита линии с временем не более 1 с защищает весь трансформатор) при этом, газовая защита выполняется с действием отключающего элемента только на сигнал.

В случае применения мероприятий подпунктов 1) или 3) настоящего пункта на трансформаторе должны быть установлены:

при наличии на стороне высшего напряжения трансформатора (110 кВ и выше) встроенных трансформаторов тока - защиты по пунктам 648, 650, 655 и 656 настоящих Правил;

при отсутствии встроенных трансформаторов тока - дифференциальная в соответствии с пунктом 650 настоящих Правил или максимальная токовая защита, выполненная с использованием накладных или магнитных трансформаторов тока, и газовая защита по пункту 650 настоящих Правил.

Повреждения на выводах высшего напряжения трансформаторов допускается ликвидировать защитой линии.

Если применены открытые плавкие вставки, то для повышения чувствительности действие газовой защиты может осуществляться на выполнение механическим путем искусственного КЗ на вставках.

Если в нагрузках трансформаторов подстанций содержатся синхронные электродвигатели, то должны быть приняты меры по предотвращению отключения отделителем (при КЗ в одном из трансформаторов) тока от синхронных электродвигателей, идущего через другие трансформаторы.

656. На трансформаторах мощностью 1 МВ А и более в качестве резервной защиты от внешних многофазных КЗ должны быть предусмотрены следующие защиты с действием на отключение:

На повышающих трансформаторах с двусторонним питанием - токовая защита обратной последовательности от несимметричных КЗ и максимальная токовая защита с минимальным пуском напряжения от симметричных КЗ или максимальная токовая защита с комбинированным пуском напряжения.

Допускается применение дистанционной защиты.

На понижающих трансформаторах - максимальная токовая защита с комбинированным пуском напряжения или без него; на мощных понижающих трансформаторах при наличии двустороннего питания можно применять токовую защиту обратной последовательности от несимметричных КЗ и максимальную токовую защиту с минимальным пуском напряжения от симметричных КЗ.

При выборе тока срабатывания максимальной токовой защиты необходимо учитывать возможные токи перегрузки при отключении параллельно работающих трансформаторов и ток самозапуска электродвигателей, питающихся от трансформаторов.

На автотрансформаторах 500 кВ предусматриваются дистанционная защита для действия при внешних многофазных КЗ (двухступенчатую на каждой из сторон ВН и СН). На автотрансформаторах 220 кВ предусматривается дистанционная защита от внешних многофазных КЗ (в случаях, когда это требуется для обеспечения дальнего резервирования или согласования защит смежных напряжений) или токовую направленную защиту обратной последовательности от несимметричных КЗ и максимальную токовую защиту с пуском минимального напряжения от симметричных КЗ.

657. На трансформаторах мощностью менее 1 МВ А (повышающих и понижающих) в качестве защиты от токов, обусловленных внешними многофазными КЗ, должна быть предусмотрена действующая на отключение максимальная токовая защита.

658. Защиту от токов, обусловленных внешними многофазными КЗ, устанавливают:

1) на двухобмоточных трансформаторах - со стороны основного питания;

2) на многообмоточных трансформаторах, присоединенных тремя и более выключателями, - со всех сторон трансформатора;

3) на понижающем двухобмоточном трансформаторе, питающем раздельно работающие секции, - со стороны питания и со стороны каждой секции;

4) при применении накладных трансформаторов тока на стороне высшего напряжения - со стороны низшего напряжения на двухобмоточном трансформаторе и со стороны низшего и среднего напряжений - на трехобомоточном трансформаторе.

Допускается защиту от токов, обусловленных внешними многофазными КЗ, предусматривать только для резервирования защит смежных элементов и не предусматривать для действия при отказе основных защит трансформаторов, если выполнение для такого действия приводит к значительному усложнению защиты.

При выполнении защиты от токов, обусловленных внешними многофазными КЗ по пункту 657 настоящих Правил, должны также рассматриваться необходимость и возможность дополнения ее токовой отсечкой, предназначенной для отключения с меньшей выдержкой времени КЗ на шинах среднего и низшего напряжений (исходя из уровня токов КЗ, наличия отдельной защиты шин, возможности согласования с защитами отходящих элементов).

659. Если защита повышающих трансформаторов от токов, обусловленных внешними многофазными КЗ, не обеспечивает требуемых чувствительности и селективности, то для защиты трансформатора допускается использовать реле тока соответствующей защиты генераторов.

660. На повышающих трансформаторах мощностью 1 МВ А и более, на трансформаторах с двух- и трехсторонним питанием и на автотрансформаторах по условию необходимости резервирования отключения замыканий на землю на смежных элементах, а на автотрансформаторах, кроме того, и по условию обеспечения селективности защит от замыканий на землю сетей разных наложений должна быть предусмотрена токовая защита нулевой последовательности от внешних замыканий на землю, устанавливаемая со стороны обмотки, присоединенной к сети с большими токами замыкания на землю.

При наличии части трансформаторов (из числа имеющих неполную изоляцию обмотки со стороны нулевого вывода) с изолированной нейтралью должно обеспечиваться предотвращение недопустимого режима нейтрали этих трансформаторов в соответствии с пунктом 625 настоящих Правил. С этой целью в случаях, когда на электростанции или подстанции установлены трансформаторы с заземлением и изолированной нейтралью, имеющие питание со сторон низших напряжений, должна быть предусмотрена защита, обеспечивающая отключение трансформатора с изолированной нейтралью.

661. На автотрансформаторах (многообмоточных трансформаторах) с питанием с нескольких сторон защиту от токов, вызванных внешними КЗ, необходимо выполнять направленной, если это требуется по условиям селективности.

662. На автотрансформаторах 220-500 кВ подстанций, блоках генератор - трансформатор 220-500 кВ и автотрансформаторах связи 220-500 кВ электростанций должна быть предусмотрена возможность оперативного ускорения защит от токов, обусловленных внешними КЗ, при выводе из действия дифференциальных защит шин или ошиновки, обеспечивающего отключение повреждений на элементах, оставшихся без быстродействующей защиты допускается не предусматривать оперативного ускорения защит от внешних КЗ при наличии двух дифзащит шин, ошиновки, автотрансформаторов и блоков генератор - трансформатор, а также ошиновки высшего напряжения автотрансформаторов 220 кВ подстанций.

663. На понижающих трансформаторах и блоках трансформатор - магистраль с высшим напряжением до 35 кВ и соединением обмотки низшего напряжения в звезду с заземленной нейтралью предусматривается защита от однофазных замыканий на землю в сети низшего напряжения, осуществляемую применением:

1) максимальной токовой защиты от внешних КЗ, устанавливаемой на стороне высшего напряжения, в трехрелейном исполнении;

2) автоматических выключателей или предохранителей на выводах низшего напряжения;

3) специальной защиты нулевой последовательности, устанавливаемой в нулевом проводе трансформатора.

Для промышленных электроустановок, если сборка на стороне низшего напряжения с аппаратами защиты присоединений находится в непосредственной близости от трансформатора (до 30 м) или соединение между трансформатором и сборкой выполнено трехфазными кабелями, допускается защиту по подпункту 3) настоящего пункта не применять.

При применении защиты по подпункту 3) настоящего пункта допускается не согласовывать ее с защитами элементов, отходящих от сборки на стороне низшего напряжения.

Для схемы линия - трансформатор в случае применения защиты по подпункту 3) настоящего пункта допускается не прокладывать специальный контрольный кабель для обеспечения действия этой защиты на выключатель со стороны высшего напряжения и выполнять ее с действием на автоматический выключатель, установленный на стороне низшего напряжения.

Требования настоящего параграфа распространяются также на защиту указанных трансформаторов предохранителями, установленными на стороне высшего напряжения.

664. На стороне низшего напряжения понижающих трансформаторов с высшим напряжением 3-10 кВ, питающих сборки с присоединениями, защищенными предохранителями, устанавливается главный предохранитель или автоматический выключатель.

Если предохранители на присоединениях низшего напряжения и предохранители (или релейная защита) на стороне высшего напряжения обслуживаются и находятся в ведении одного и того же персонала, то главный предохранитель или автоматический выключатель на стороне низшего напряжения трансформатора может не устанавливаться.

665. Защита от однофазных замыканий на землю по подпункту 8) пункта 648 настоящих Правил, должна быть выполнена в соответствии с пунктом 693 настоящих Правил.

666. На трансформаторах мощностью 0,4 МВ А и более в зависимости от вероятности и значения возможной перегрузки предусматривается максимальную токовую защиту оттоков, обусловленных перегрузкой, с действием на сигнал.

Для подстанций без постоянного дежурства персонала допускается предусматривать действие этой защиты на автоматическую разгрузку или отключение (при невозможности ликвидации перегрузки другими средствами).

667. При наличии со стороны нейтрали трансформатора отдельного добавочного трансформатора для регулирования напряжения под нагрузкой необходимо предусматривать в дополнение к указанным в пунктах 648-653, 655, 659 настоящих Правил следующие защиты:

1) газовую защиту добавочного трансформатора;

2) максимальную токовую защиту с торможением при внешних КЗ от повреждений в первичной обмотке добавочного трансформатора, за исключением случаев, когда эта обмотка включается в зону действия дифференциальной токовой защиты цепей стороны низшего напряжения автотрансформатора;

3) дифференциальную защиту, которая охватывает вторичную обмотку добавочного трансформатора.

668. Защиту линейного добавочного трансформатора, установленного со стороны низшего напряжения автотрансформатора, осуществляется:

газовой защитой собственно добавочного трансформатора и защитой контакторного устройства РПН, которая может быть выполнена с применением реле давления или отдельного газового реле;

дифференциальной токовой защитой цепей стороны низшего напряжения автотрансформатора.

## Параграф 5. Защита блоков генератор-трансформатор

669. Для блоков генератор-трансформатор должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

1) замыканий на землю на стороне генераторного напряжения;

2) многофазных замыканий в обмотке статора генератора и на его выводах;

3) замыканий между витками одной фазы в обмотке статора турбогенератора (в соответствии с пунктом 673 настоящих Правил);

4) многофазных замыканий в обмотках и на выводах трансформатора;

5) однофазных замыканий на землю в обмотке трансформатора и на ее выводах, присоединенных к сети с большими токами замыкания на землю;

6) замыканий между витками в обмотках трансформатора;

7) внешних КЗ;

8) перегрузки генератора токами обратной последовательности (для блоков с генераторами с мощностью более 30 МВт) симметричной перегрузки обмотки статора генератора и обмоток трансформатора;

9) перегрузки обмотки ротора генератора током возбуждения (для турбогенераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток и для гидрогенераторов);

10) повышения напряжения на статоре генератора и трансформаторе блока (для блоков с турбогенератором мощностью 160 МВт и более и для всех блоков с гидрогенераторами);

11) замыканий на землю в одной точке цепи возбуждения в соответствии с пунктом 682 настоящих Правил;

12) замыканий на землю во второй точке цепи возбуждения турбогенератора мощностью менее 160 МВт;

13) асинхронного режима;

14) понижения уровня масла в баке трансформатора;

15) снижения уровня изоляции вводов 500 кВ трансформаторов;

16) обратной мощности;

17) потери возбуждения.

670. Указания по выполнению защиты генераторов и повышающих трансформаторов, относящихся к их раздельной работе, действительны и для того случая, когда они объединены в блок генератор - трансформатор (автотрансформатор), с учетом требований, приведенных в пунктах 670-686 настоящих Правил.

671. На блоках с генераторами мощностью более 30 МВт, предусматривается защита от замыканий на землю в цепи генераторного напряжения, охватывающая всю обмотку статора.

При мощности генератора блоков 30 МВт и менее применяется устройства, защищающие не менее 85% обмотки статора. Применение таких устройств допускается также на блоках с турбогенераторами мощностью от 30 до 160 МВт, если для защиты всей обмотки статора требуется включение в цепь генератора дополнительной аппаратуры.

Защита должна быть выполнена с действием на отключение с выдержкой времени не более 0,5 сек на всех блоках без ответвлений на генераторном напряжении и с ответвлениями к трансформаторам собственных нужд. На блоках, имеющих электрическую связь с сетью собственных нужд или потребителей, питающихся по линиям от ответвлений между генератором и трансформатором, если емкостный ток замыканий на землю составляет 5 А и более, должны быть установлены действующие на отключение защиты от замыканий на землю в обмотке статора генератора и от двойных замыканий на землю, как это предусматривается на генераторах, работающих на сборные шины если емкостный ток замыкания на землю составляет менее 5 А, то защита от замыканий на землю может быть выполнена так же, как на блоках без ответвлений на генераторном напряжении, но с действием на сигнал.

При наличии выключателя в цепи генератора должна быть дополнительно предусмотрена сигнализация замыканий на землю на стороне генераторного напряжения трансформатора блока.

672. На блоке с генератором, имеющим косвенное охлаждение состоящем из одного генератора и одного трансформатора, при отсутствие выключателя в цепи генератора предусматривается одна общая продольная дифференциальная защита блока. При наличии выключателя в цепи генератора на генераторе и трансформаторе должна быть установлены отдельные дифференциальные защиты.

При использовании в блоке двух трансформаторов вместо одного, а также при работе двух и более генераторов без выключателей в блоке с одним трансформатором (укрупненный блок) на каждом генераторе и трансформаторе мощностью 125 МВ А и более должна быть предусмотрена отдельная продольная дифференциальная защита. При отсутствии встроенных трансформаторов тока на вводах низшего напряжения этих трансформаторов допускается применение общей дифференциальной защиты для двух трансформаторов.

На блоке с генератором, имеющим непосредственное охлаждение проводников обмоток, предусматривается отдельная продольная дифференциальная защита генератора. При этом, если в цепи генератора имеется выключатель, то должна быть установлена отдельная дифференциальная защита трансформатора блока (или каждого трансформатора, если в блоке с генератором работают два трансформатора или более при отсутствии встроенных трансформаторов тока на вводах низшего напряжения этих трансформаторов допускается применение общей дифференциальной защиты для трансформаторов блока), при отсутствии выключателя для защиты трансформатора блока устанавливается либо отдельная дифференциальная защита, либо общую продольную дифференциальную защиту блока (для блоков, состоящих из одного генератора и одного трансформатора, предпочтительна общая дифференциальная защита блока).

Со стороны высшего напряжения дифференциальная защита трансформатора (блока) может быть включена на трансформаторы тока встроенные в трансформатор блока. При этом, для защиты ошиновки между выключателями на стороне высшего напряжения и трансформатором блока должна быть установлена отдельная защита.

Отдельная дифференциальная защита генераторов должна быть выполнена трехфазной трехрелейной с током срабатывания аналогично указанному в пункте 633 настоящих Правил.

Для резервирования указанных дифференциальных защит на блоках с генераторами мощностью 160 МВт и более, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток, предусматривается резервная дифференциальная защита, охватывающую генератор и трансформатор блока вместе с ошиновкой на стороне высшего напряжения.

Устанавливается резервная дифференциальная защита блока и при мощности генераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток менее 160 МВт.

При применении резервной дифференциальной защиты на блоках без выключателя в цепи генератора предусматриваются отдельные основные дифференциальные защиты генератора и трансформатора.

При наличии выключателя в цепи генератора резервная дифференциальная защита должна выполняться с выдержкой времени 0,35-0,5 сек.

673. На турбогенераторах с двумя или тремя параллельными ветвями обмотки статора должна быть предусмотрена поперечная дифференциальная защита от витковых замыканий в одной фазе, действующая без выдержки времени.

674. На блоках с генераторами с непосредственным охлаждением проводников обмоток должна быть предусмотрена токовая защита обратной последовательности с интегральной зависимой характеристикой, соответствующей характеристике допустимых перегрузок защищаемого генератора токами обратной последовательности. Защита

должна действовать на отключение выключателя генератора, а при его отсутствии - на отключение блока от сети.

Для резервирования защит смежных с блоками элементов указанная защита должна иметь орган с независимой выдержкой времени, действующий на отключение блока от сети и двухступенчатым действием согласно пункта 678 настоящих Правил.

На блоках с генераторами, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток, а также на блоках с генераторами мощностью более 30 МВт, имеющими косвенное охлаждение, токовую защиту обратной последовательности выполняется со ступенчатой или зависимой выдержкой времени. При этом, разные ступени защиты могут иметь одну или более выдержек времени. Указанная ступенчатая или зависимая выдержка времени должна быть согласована с характеристикой допустимых перегрузок генератора током обратной последовательности.

На блоках с турбогенераторами с косвенным охлаждением мощностью более 30 МВт защита должна быть выполнена согласно пункта 637 настоящих Правил.

Кроме защит, действующих на отключение на всех блоках с генераторами по подпункту 8 пункта 669 настоящих Правил, должна быть предусмотрена сигнализация перегрузки токами обратной последовательности, выполняемая в соответствии с пунктом 637 настоящих Правил.

675. На блоках с генераторами мощностью более 30 МВт защита от внешних симметричных КЗ должна быть выполнена, как указано в пункте 637 настоящих Правил. При этом, для гидрогенераторов напряжение срабатывания защиты принимается около 0,6-0,7 номинального. На блоках с турбогенераторами, имеющими резервный возбудитель, указанная защита должна быть дополнена токовым реле, включенным на ток со стороны высшего напряжения блока.

На блоках с генераторами мощностью 60 МВт и более вместо указанной защиты применяется дистанционная защита. На блоках с генераторами, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток, вместо резервной дифференциальной защиты допускается устанавливать двухступенчатую дистанционную защиту от междуфазных коротких замыканий.

Первая ступень этой защиты, осуществляющая ближнее резервирование, должна выполняться с блокировкой при качаниях и действовать, как указано в подпункте 3) пункта 678 настоящих Правил, с выдержкой времени не более 1 сек. Первая ступень должна надежно охватывать трансформатор блока при обеспечении селективности с защитами смежных элементов. Резервирование первой ступенью защит генератора обязательно, если на блоке применяются отдельные дифференциальные защиты трансформатора и генератора.

Вторая ступень, осуществляющая дальнее резервирование, должна действовать, как указано в подпункте 2) пункта 678 настоящих Правил.

Устанавливается двухступенчатая дистанционная защита и при наличии резервной дифференциальной защиты с целью увеличения эффективности дальнего резервирования. Обе ступени дистанционной защиты в этом случае должны действовать, как указано в подпункте 2) пункта 678 настоящих Правил.

676. Защиту от внешних КЗ на блоках с генераторами мощностью 30 МВт и менее выполняется в соответствии с пунктом 639 настоящих Правил. Параметры срабатывания защиты на блоках с гидрогенераторами принимается согласно пунктам 638, 639 и 675 настоящих Правил.

677. На блоках генератор-трансформатор с выключателем в цепи генератора при отсутствии резервной дифференциальной защиты блока должна быть предусмотрена максимальная токовая защита со стороны высшего напряжения блока, предназначенная для резервирования основных защит трансформатора блока при работе с отключенным генератором.

678. Резервная защита блоков генератор — трансформатор должна быть выполнена с учетом следующего:

1) на стороне генераторного напряжения трансформатора блока защита не устанавливается, а используется защита генератора;

2) при дальнем резервировании защита должна действовать, с двумя выдержками времени: с первой - на деление схемы на стороне высшего напряжения блока, со второй - на отключение блока от сети;

3) при ближнем резервировании должны производиться: отключение блока (генератор1) от сети, гашение поля генератора и останов блока, если это требуется по 800;

4) отдельные ступени или устройства резервной защиты в зависимости от их назначения и целесообразности использования при дальнем и ближнем резервировании имеют одну, две или три выдержки времени;

5) органы пуска напряжения защит по пунктам 674 и 675 настоящих Правил предусматривается со стороны генераторного напряжения и со стороны сети;

6) для основных и резервных защит блока, предусматриваются отдельные выходные реле и питание оперативным постоянным током от разных автоматических выключателей.

679. На блоках с турбогенераторами защиту от симметричных перегрузок статора выполняется так же, как на генераторах, работающих на сборные шины.

На гидроэлектростанциях без постоянного дежурства оперативного персонала, кроме сигнализации симметричных перегрузок, должна быть предусмотрена защита с независимой характеристикой, действующая с большей выдержкой времени на отключение блока (генератора) и с меньшей - на разгрузку. Вместо указанной защиты используются соответствующие устройства в системе регулирования возбуждения.

680. На генераторах мощностью 160 МВт и более с непосредственным охлаждением проводников обмоток защита от перегрузки обмотки ротора током возбуждения должна быть выполнена с интегральной зависимой выдержкой времени, которая соответствует характеристике допустимых перегрузок генератора током возбуждения. Эта защита должна действовать на отключение.

При невозможности включения защиты на ток ротора допускается применение защиты с независимой выдержкой времени, реагирующей на повышение напряжения в цепи возбуждения.

В защите должна быть предусмотрена возможность действия с меньшей выдержкой времени на снижение тока возбуждения. При наличии устройств ограничения перегрузки в регуляторе возбуждения действие на разгрузку может осуществляться одновременно от этих устройств и от защиты ротора. Допускается также использовать устройство ограничения перегрузки в АРВ для действия на разгрузку (с двумя выдержками времени) и отключение. При этом, защита с интегральной зависимой выдержкой времени может не устанавливаться.

На гидрогенераторах мощностью более 30 МВт с косвенным охлаждением защита выполняется аналогично тому, как указано в пункте 642 настоящих Правил.

При наличии устройств группового управления возбуждением на генераторах выполняется защита с зависимой выдержкой времени.

При работе генераторов с резервным возбудителем защита ротора от перегрузки должна оставаться в работе. При невозможности использования защиты с зависимой выдержкой времени допускается предусматривать на резервном возбудителе защиту с независимой выдержкой времени.

681. На блоках с турбогенераторами мощностью 160 МВт и более для предотвращения повышения напряжения в режиме холостого хода должна быть предусмотрена защита от повышения напряжения, которая автоматически выводится из действия при работе генератора на сеть. При действии защиты должно быть обеспечено гашение поля генератора и возбудителя.

На блоках с гидрогенераторами для предотвращения повышения напряжения при сбросах нагрузки должна быть предусмотрена защита от повышения напряжения. Защита должна действовать на отключение блока (генератора) и гашение поля генератора. Допускается действие защиты на останов агрегата.

682. Защита от замыканий на землю в одной точке цепи возбуждения должна быть предусмотрена на гидрогенераторах, на турбогенераторах с водяным охлаждением обмотки ротора и на всех турбогенераторах мощностью 300 МВт и выше. На гидрогенераторах защита должна действовать на отключение, а на турбогенераторах - на сигнал. На генераторах с бесщеточной системой возбуждения - на отключение.

Защита от замыканий на землю во второй точке цепи возбуждения турбогенераторов должна быть установлена на блоках мощностью менее 160 МВт в соответствии с пунктом 644 настоящих Правил.

683. На блоках с турбогенераторами мощностью 160 МВт и более, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток, и с гидрогенераторами предусматриваются устройства защиты от асинхронного режима с потерей возбуждения.

Указанные устройства применяются и на турбогенераторах мощностью менее 160 МВт с непосредственным охлаждением проводников обмоток. На этих турбогенераторах допускается также предусматривать автоматическое выявление асинхронного режима только по отключенному положению устройств автоматического гашения поля (без применения защиты от асинхронного режима).

При переводе в асинхронный режим турбогенератора, потерявшего возбуждение, указанные выше устройства защиты или автоматического гашения поля должны действовать на сигнал о потере возбуждения и производить автоматическое переключение нагрузки собственных нужд с ответвлений блока, генератор которого потерял возбуждение, на резервный источник питания.

Все гидрогенераторы и турбогенераторы, не допускающие асинхронного режима, а также остальные турбогенераторы в условиях дефицита реактивной мощности в системе при действии указанных устройств должны отключаться от сети.

684. При наличии выключателя в цепи генератора с непосредственным охлаждением проводников обмоток предусматривается резервирование при отказе этого выключателя (применением УРОВ).

685. УРОВ 110 кВ и выше на электростанциях должно быть выполнено с учетом следующего:

1) для предотвращения излишнего отключения нескольких блоков резервной защитой при возникновении на одном из них неполнофазного режима в результате отказа выключателя с пофазным приводом при его отключении на электростанциях с генераторами, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток, должен быть предусмотрен ускоренный запуск УРОВ;

2) для электростанций, на которых блоки генератор - трансформатор и линии имеют общие выключатели, необходимо предусматривать устройство телеотключения для отключения выключателя и запрета АПВ на противоположном конце линии при действии УРОВ в случае его пуска от защиты блока. Кроме того, предусматривается действие УРОВ на останов передатчика высокочастотной защиты.

686. При действии на отключение защит статора генератора и трансформатора блока от внутренних повреждений, а также защит ротора генератора должно производиться отключение поврежденного элемента от сети, гашение поля генератора и возбудителя, пуск УРОВ и осуществляться воздействие на технологические защиты.

Если отключение от защиты приводит к обесточиванию нагрузки собственных нужд, присоединенной ответвлением к блоку, защита должна действовать также на отключение выключателей в цепи рабочего источника питания собственных нужд для их перевода на питание от резервного источника с помощью АВР.

Резервные защиты генератора и трансформатора блока при внешних повреждениях должны действовать в соответствии с подпунктами 2), 4) пункта 678 настоящих Правил.

На тепловых электростанциях с блочной схемой в тепловой части в случаях отключения блока при внутренних повреждениях должен обеспечиваться полный останов блока. При внешних повреждениях, а также при действии защит в тех случаях, когда может быть быстро восстановлена работа блока, блок должен переводиться в режим холостого хода, если этот режим допускается тепломеханическим оборудованием.

На гидроэлектростанциях при внутренних повреждениях блока кроме отключения блока должен производиться останов агрегата. Действие на останов агрегата допускается осуществлять также при отключении блока в результате внешних повреждений.

687. На блоках генератор-трансформатор - линия основная защита линии и резервная защита со стороны энергосистемы должны быть выполнены в соответствии с требованиями настоящей главы по защите линий, а со стороны блока функции резервной защиты линии должны выполняться резервными защитами блока.

Защита блока должна быть выполнена согласно приведенным выше требованиям.

Действие защиты блока на отключение выключателя и пуск УРОВ со стороны энергосистемы должно передаваться с помощью двух взаиморезервируемых устройств телеотключения по высокочастотному каналу или по проводам связи. Кроме того, предусматривается одновременное действие защиты блока на останов передатчика высокочастотной защиты.

На блоках с турбогенераторами (при блочной схеме в тепловой части) со стороны энергосистемы должно передаваться с помощью устройства телеотключения на противоположный конец линии действие защиты шин (при двойной системе шин) или действие УРОВ (при полуторной схеме или схеме многоугольник 1) соответственно на перевод блока в режим холостого хода или на гашение поля генератора и останов блока. Кроме того, используется устройство телеоткпючения для ускорения гашения поля генератора и отключение собственных нужд при действии резервных защит со стороны энергосистемы.

При неполнофазном отключении выключателя со стороны сети с большим током замыкания на землю должен производиться ускоренный запуск УРОВ так же, как это предусмотрено в подпункте 1) пункта 685 настоящих Правил.

## Параграф 6. Защита воздушных и кабельных линий в сетях напряжением 3-10 кВ с изолированной нейтралью

688. Для линий в сетях 3-10 кВ с изолированной нейтралью (в том числе и с нейтралью, заземленной через дугогасительный реактор) должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от многофазных замыканий и от однофазных замыканий на землю.

689. Защиту от многофазных замыканий предусматривается в двухфазном исполнении и включать в одни и те же фазы по всей сети данного напряжения для обеспечения отключения в большинстве случаев двойных замыканий на землю только одного места повреждения.

Защита должна быть выполнена одно-, двух- или трехрелейной в зависимости от требований чувствительности и надежности.

690. На одиночных линиях с односторонним питанием от многофазных замыканий устанавливается, двухступенчатая токовая защита, первая ступень которой выполнена в виде токовой отсечки, а вторая - в виде максимальной токовой защиты с независимой или зависимой характеристикой выдержки времени.

На не реактированных кабельных линиях с односторонним питанием, отходящих от шин электростанций, токовые отсечки должны быть выполнены без выдержки времени, и

зона их действия должна быть определена из условия отключения КЗ, сопровождающихся остаточным напряжением на шинах указанных электростанций ниже 0,5-0,6 номинального. Для выполнения указанного условия допускается выполнять защиту неселективной в сочетании с устройствами АПВ или АВР, исправляющими полностью или частично неселективное действие защиты. Допускается устанавливать указанные отсечки также на линиях, отходящих от шин подстанций и питающих крупные синхронные электродвигатели.

Если на не реактированных кабельных линиях с односторонним питанием, отходящих от шин электростанций, токовые отсечки не применяются по требованиям селективности, то для обеспечения быстродействия допускается предусматривать защиты по подпунктам 2) или 3) пункта 691 настоящих Правил. Применение этих защит допускается также для рабочих линий собственных нужд тепловых электростанций.

На реактированных линиях, выключатели которых не рассчитаны на отключение КЗ до реактора, токовые отсечки не допускаются.

691. На одиночных линиях с двусторонним питанием при наличии или отсутствии обходных связей, а также на линиях, входящих в кольцевую сеть с одной точкой питания, применяются те же защиты, что и на одиночных линиях с односторонним питанием, выполняя их при необходимости направленными.

В целях упрощения защит и обеспечения их селективного действия допускается применять автоматическое деление сети на радиальные участки в момент возникновения повреждения с последующим автоматическим ее восстановлением.

Если ненаправленная или направленная токовая, ступенчатая защита не обеспечивает требуемых

1) дистанционную защиту в простейшем исполнении;

2) поперечную дифференциальную токовую защиту (для сдвоенных кабельных линий);

3) продольную дифференциальную токовую защиту для коротких участков линий при необходимости прокладки специального кабеля только для продольной дифференциальной защиты длина его должна быть не более 3 км.

Для защит, указанных в подпунктах 2) и 3) настоящего пункта, в качестве резервной защиты предусматривается токовая защита.

692. При выполнении защиты параллельных линий 3-10 кВ руководствоваться указаниями для параллельных линий в сетях 35 кВ.

693. Защита от однофазных замыканий на землю должна быть выполнена в виде:

1) селективной защиты (устанавливающей поврежденное направление), действующей на сигнал;

2) селективной защиты (устанавливающей поврежденное направление), действующей на отключение, когда это необходимо по требованиям безопасности защита должна быть установлена на питающих элементах во всей электрически связанной сети;

3) устройства контроля изоляции; при этом, отыскание поврежденного элемента должно осуществляться специальными устройствами допускается отыскание поврежденного элемента поочередным отключением присоединений.

694. Защита от однофазных замыканий на землю выполняется, с использованием трансформаторов тока нулевой последовательности. Защита, в первую очередь, должна реагировать на установившиеся замыкания на землю; допускается также применение устройств, реагирующих на кратковременные замыкания, без обеспечения повторности действия.

Защита от однофазных замыканий на землю, действующая на отключение без выдержки времени по требованиям безопасности, должна отключать только элемент, питающий поврежденный участок при этом, в качестве резервной должна быть предусмотрена защита, выполняемая в виде защиты нулевой последовательности с

выдержкой времени около 0,5 с, действующая на отключение всей электрически связанной сети - системы (секции) шин или питающего трансформатора.

Увеличение тока промышленной частоты специально для обеспечения действия защиты в сети с нейтралью, заземленной через дугогасительный реактор, не допускается предусматривать.

## Параграф 7. Защита воздушных и кабельных линий в сетях напряжением 20 и 35 кВ с изолированной нейтралью

695. Для линий в сетях 20 и 35 кВ с изолированной нейтралью должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от многофазных замыканий и от однофазных замыканий на землю.

696. Защита от многофазных замыканий предусматривается в двухфазном двухрелейном исполнении и включать в одни и те же фазы по всей сети данного напряжения для обеспечения отключения в большинстве случаев двойных замыканий на землю только одного места повреждения. В целях повышения чувствительности к повреждениям за трансформаторами с соединением обмоток звезда - треугольник допускается выполнение трехрелейной защиты.

Защита от однофазных замыканий на землю выполняется, с действием на сигнал. Для осуществления защиты допускается использовать устройство контроля изоляции.

697. При выборе типа основной защиты учитываются требования обеспечения устойчивости работы энергосистемы и надежной работы потребителя аналогично тому, как это учитывается для защиты линий напряжением 110 кВ.

698. На одиночных линиях с односторонним питанием от многофазных замыканий должны быть установлены преимущественно ступенчатые защиты тока или ступенчатые защиты тока и напряжения, а если такие защиты не удовлетворяют требованиям чувствительности или быстроты отключения повреждения, на головных участках, - дистанционная, ступенчатая защита преимущественно с пуском по току. В последнем случае в качестве дополнительной защиты используется токовая отсечка без выдержки времени.

Для линий, состоящих из нескольких последовательных участков, в целях упрощения допускается использование неселективных, ступенчатых защит тока и напряжения в сочетании с устройствами поочередного АПВ.

699. На одиночных линиях, имеющих питание с двух или более сторон (последнее - на линиях с ответвлениями), как при наличии, так и при отсутствии обходных связей, а также на линиях, входящих в кольцевую сеть с одной точкой питания применяются те же защиты, что и на одиночных линиях с односторонним питанием, выполняя их при необходимости направленными, а дистанционные - с пуском от реле сопротивления. При этом, допускается неселективное отключение смежных элементов при КЗ в «мертвой» зоне по напряжению реле направления мощности, когда токовая отсечка, используемая в качестве дополнительной защиты, не устанавливается, из-за недостаточной ее чувствительности. Защита устанавливается, только с тех сторон, откуда может быть подано питание.

700. На коротких одиночных линиях с двухсторонним питанием, когда это требуется по условию быстроты действия, допускается применение продольной дифференциальной защиты в качестве основной. При этом, длина кабеля, прокладываемого специально для этой защиты, не должна превышать 4 км. Для контроля исправности вспомогательных проводов защиты предусматриваются специальные устройства. В дополнение к продольной дифференциальной защите в качестве резервной должна быть применена одна из защит по пункту 699 настоящих Правил.

701. На параллельных линиях, имеющих питание с двух или более сторон, а также на питающем конце параллельных линий с односторонним питанием используются те же защиты, что и на соответствующих одиночных линиях.

Для ускорения отключения повреждения, особенно при использовании токовых, ступенчатых защит или ступенчатых защит тока и напряжения, на линиях с двусторонним питанием может быть применена дополнительно защита с контролем направления мощности в параллельной линии. Эта защита может быть выполнена в виде отдельной поперечной токовой направленной защиты или только в виде цепи ускорения установленных защит (максимальной токовой, дистанционной) с контролем направления мощности в параллельной линии.

На приемном конце двух параллельных линий с односторонним питанием, используется поперечная дифференциальная направленная защита.

702. Если защита, по пункту 701 настоящих Правил не удовлетворяет требованиям быстродействия, а защита с контролем направления мощности в параллельной линии неприменима или нежелательна, в качестве основной защиты (при работе двух параллельных линий) на двух параллельных линиях с двусторонним питанием и на питающем конце двух параллельных линий с односторонним питанием применяется поперечная дифференциальная направленная защита.

При этом, в режиме работы одной линии, а также в качестве резервной при работе двух линий используется ступенчатая защита по пунктам 697 и 698 настоящих Правил. Допускается включение этой защиты или отдельных ее ступеней на сумму токов обеих линий. Допускается также использование поперечной дифференциальной направленной защиты в дополнение к ступенчатым токовым защитам для уменьшения времени отключения повреждения на защищаемых линиях, если по условию быстроты действия ее установка не обязательна.

В отдельных случаях на коротких параллельных линиях допускается применение продольной дифференциальной защиты.

## Параграф 8. Защита воздушных линий в сетях напряжением 110-500 кВ с эффективно заземленной нейтралью

703. Для линий в сетях 110-500 кВ с эффективно заземленной нейтралью должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от многофазных замыканий и от замыканий на землю и защита от неполнофазного режима.

704. Защиты должны быть оборудованы устройствами, блокирующими их действие при качаниях, если в сети возможны качания или асинхронный ход, при которых вероятны излишние срабатывания защиты. Допускается выполнение защиты без блокирующих устройств, если она отстроена от качаний по времени (около 1,5-2 сек).

705. На линиях 500 кВ в качестве основной защиты должны быть предусмотрены два комплекта защит, действующих без замедления при КЗ в любой точке защищаемой линии. В качестве одной из этих защит может применяться защита абсолютной селективности. При этом, высокочастотные каналы этих защит должны осуществляться на разных фазах.

Для линий напряжением 110-220 кВ вопрос о типе основной защиты, в том числе о необходимости применения защиты, действующей без замедления при КЗ в любой точке защищаемого участка, должен решаться, в первую очередь, с учетом требования сохранения устойчивости работы энергосистемы. При этом, если по расчетам устойчивости работы энергосистемы не предъявляются другие, более жесткие требования, может быть принято, что указанное требование, удовлетворяется, когда трехфазные КЗ, при которых остаточное напряжение на шинах электростанций и подстанций ниже 0,6- 0,7 Ином, отключаются без выдержки времени. Меньшее значение остаточного напряжения (0,6 Ином) может быть допущено для линий 110 кВ, менее ответственных линий 220 кВ (в

сильно разветвленных сетях, где питание потребителей надежно обеспечивается с нескольких сторон), а также для более ответственных линий 220 кВ в случаях, когда рассматриваемое КЗ не приводит к значительному сбросу нагрузки.

При выборе типа защит, устанавливаемых на линиях 110-220 кВ, кроме требования сохранения устойчивости работы энергосистемы должно быть учтено следующее:

1) на линиях 110 кВ и выше, отходящих от АЭС, а также на всех элементах прилегающей сети, на которых при многофазных КЗ остаточное напряжение прямой последовательности на стороне высшего напряжения блоков АЭС может снижаться более чем до 0,45 номинального, обеспечивается резервирование быстродействующих защит с выдержкой времени, не превышающей 1,5 сек с учетом действия УРОВ;

2) повреждения, отключение которых с выдержкой времени может привести к нарушению работы ответственных потребителей, должны отключаться без выдержки времени (повреждения, при которых остаточное напряжение на шинах электростанций и подстанций будет ниже 0,6 Ином, если отключение их с выдержкой времени может привести к саморазгрузке вследствие лавины напряжения, или повреждения с остаточным напряжением 0,6 Ином и более, если отключение их с выдержкой времени может привести к нарушению технологии);

3) при отключении с выдержкой времени повреждений с токами, в несколько раз превосходящими номинальный, возможен недопустимый перегрев проводников.

Допускается применение быстродействующих защит в сложных сетях и при отсутствии изложенных выше условий, если это необходимо для обеспечения селективности.

706. При оценке обеспечения требований устойчивости, исходя из значений остаточного напряжения по пункту 705 настоящих Правил, необходимо руководствоваться следующим:

1) для одиночной связи между электростанциями или энергосистемами указанное в пункте 705 настоящих Правил остаточное напряжение должно быть проверено на шинах подстанций и электростанций, входящих в данную связь, при КЗ на линиях, отходящих от этих шин, кроме линий, образующих связь; для одиночной связи, содержащей часть участков с параллельными линиями, - также при КЗ на каждой из этих параллельных линий;

2) при наличии нескольких связей между электростанциями или энергосистемами указанное в пункте 705 настоящих Правил значение остаточного напряжения должно быть проверено на шинах только тех подстанций или электростанций, где соединяются эти связи, при КЗ на связях и на других линиях, питающихся от этих шин, а также на линиях, питающихся от шин подстанций связей;

3) остаточное напряжение должно быть проверено при КЗ в конце зоны, охватываемой первой ступенью защиты в режиме каскадного отключения повреждения, после отключения выключателя с противоположного конца линии защитой без выдержки времени.

707. На одиночных линиях 110-220 кВ с односторонним питанием от многофазных замыканий устанавливаются ступенчатые токовые защиты или ступенчатые защиты тока и напряжения. Если такие защиты не удовлетворяют требованиям чувствительности или быстроты отключения повреждения, на головных участках, или если это целесообразно по условию согласования защит смежных участков с защитой рассматриваемого участка, предусматривается ступенчатая дистанционная защита. В последнем случае в качестве дополнительной защиты используется токовая отсечка без выдержки времени.

От замыканий на землю предусматривается, ступенчатая токовая направленная или ненаправленная защита нулевой последовательности. Защита устанавливается, только с тех сторон, откуда может быть подано питание.

Для линий, состоящих из нескольких последовательных участков, с целью упрощения допускается использование неселективных, ступенчатых защит тока и напряжения (от

многофазных замыканий) и ступенчатых токовых защит нулевой последовательности (от замыканий на землю) в сочетании с устройствами поочередного АПВ.

708. На одиночных линиях, имеющих питание с двух или более сторон, как при наличии, так и при отсутствии обходных связей, а также на линиях, входящих в кольцевую сеть с одной точкой питания, от многофазных замыканий должна быть применена ступенчатая дистанционная защита, используемая в качестве резервной или основной (последнее - только на линиях 110-220 кВ).

В качестве дополнительной защиты используется токовая отсечка без выдержки времени.

От замыканий на землю предусматривается, ступенчатая токовая направленная или ненаправленная защита нулевой последовательности.

709. В качестве основной защиты от многофазных замыканий на приемном конце головных участков кольцевой сети с одной точкой питания применяется ступенчатая токовая направленная защита, на других одиночных линиях (преимущественно 110 кВ) допускается в отдельных случаях применять ступенчатые токовые защиты или ступенчатую защиту тока и напряжения, выполняя их в случае необходимости направленными. Защита устанавливается, только с тех сторон, откуда может быть подано питание.

710. На параллельных линиях, имеющих питание с двух или более сторон, а также на питающем конце параллельных линий с односторонним питанием используются те же защиты, что и на соответствующих одиночных линиях.

Для ускорения отключения замыканий на землю, а в отдельных случаях и замыканий между фазами на линиях с двусторонним питанием, может быть применена дополнительная защита с контролем направления мощности в параллельной линии. Эта защита может быть выполнена в виде отдельной поперечной токовой защиты (с включением реле на ток нулевой последовательности или на фазные токи) или только в виде цепи ускорения установленных защит (токовой нулевой последовательности, максимальной токовой, дистанционной) с контролем направления мощности в параллельных линиях.

С целью повышения чувствительности защиты нулевой последовательности допускается предусматривать выведение из работы отдельных ее ступеней при отключении выключателя параллельной линии.

На приемном конце двух параллельных линий с односторонним питанием, предусматривается поперечная дифференциальная направленная защита.

711. В целях повышения эффективности дальнего резервирования допускается включать отдельные ступени многоступенчатых защит на сумму токов параллельных линий.

712. Для одиночных и параллельных линий напряжением 110-220 кВ с двух и многосторонним питанием должны предусматриваться основные защиты абсолютной селективности (высокочастотные или продольные дифференциальные) в соответствии с пунктом 705 настоящих Правил.

При необходимости прокладки специального кабеля использование продольной дифференциальной защиты должно быть обосновано.

Должен быть предусмотрен контроль исправности вспомогательных проводов защиты.

В отдельных случаях, когда это требуется по условиям быстродействия или чувствительности (на линиях с ответвлениями), вместо вышеуказанных защит предусматривается быстродействующая защита линии, выполненная с ускорением ступеней резервных защит линии с помощью передачи ВЧ сигналов.

Для особо ответственных линий напряжением 110-220 кВ на случай отказа срабатывания или выведения из действия основной быстродействующей защиты, когда отключение короткого замыкания на линии резервной защитой с выдержкой времени

может привести к нарушению устойчивости нагрузки, к нарушению технологии особо ответственных производств, надежной работы атомных станций, предусматриваются, при наличии специального обоснования, вторую быстродействующую защиту линии.

На кабельных, кабельно-воздушных линиях, а также на воздушных линиях напряжением 110-220 кВ в местах массовой застройки (при достаточном обосновании) должны устанавливаться две основные быстродействующие защиты и максимальная защита от перегрузки.

713. При выполнении основной защиты по пунктам 705 и 712 настоящих Правил в качестве резервных применяется:

1) от многофазных КЗ, (ступенчатые) дистанционные защиты;

2) от замыканий на землю - ступенчатые токовые направленные или ненаправленные защиты нулевой последовательности, а также дистанционные защиты от замыканий на землю.

На случай длительного выведения из действия основной защиты, когда эта защита установлена по требованию быстроты отключения повреждения, допускается предусматривать неселективное ускорение отдельных ступеней резервных защит.

На линиях 500 кВ предусматривается защита от неполфазного режима, возникающего при отключении или включении линии не всеми фазами.

714. Измерительные органы основных защит, быстродействующие ступени резервных защит и измерительные органы устройства ОАПВ для линий 500 кВ должны быть специального исполнения, обеспечивающего их нормальное функционирование (с заданными параметрами) в условиях интенсивных переходных электромагнитных процессов и значительных емкостных проводимостей линий.

При включении быстродействующих защит на сумму токов двух или более трансформаторов тока, в случае невозможности выполнения требований пункта 626 настоящих Правил, предусматриваются специальные мероприятия для исключения излишнего срабатывания защит при внешних повреждениях (загрубление защит) или устанавливать в цепи линии отдельный комплект трансформаторов тока для питания защиты.

В защитах, установленных на линиях 500 кВ, оборудованных устройствами продольной емкостной компенсации, должны быть предусмотрены мероприятия для предотвращения излишнего срабатывания защиты при внешних повреждениях, обусловленного влиянием указанных устройств.

715. В случае применения ОАПВ устройства релейной защиты должны быть выполнены так, чтобы:

1) при замыканиях на землю одной фазы, а в отдельных случаях и при замыканиях между двумя фазами, было обеспечено отключение только одной фазы (с последующим ее автоматическим повторным включением);

2) при неуспешном повторном включении на повреждения, указанные в подпункте 1) настоящего пункта, производилось отключение одной или трех фаз в зависимости от того, предусматривается длительный неполнофазный режим работы линии или не предусматривается;

3) при других видах повреждения защита действовала на отключение трех фаз.

## Параграф 9. Защита шин. Защита на обходном, шиносоединительном и секционном выключателях

716. Для сборных шин 110 кВ и выше электростанций и подстанций должны быть предусмотрены отдельные устройства релейной защиты шин.

717. Для сборных шин 35 кВ электростанций и подстанций отдельные устройства релейной защиты должны быть предусмотрены:

1) по условиям, приведенным в пункте 705 настоящих Правил;

2) для двух систем или секций шин, если при использовании для их разделения защиты, установленной на шиносоединительном (секционном) выключателе, или защит, установленных на элементах, которые питают данные шины, не удовлетворяются требования надежности питания потребителей (с учетом возможностей, обеспечиваемых устройствами АПВ и АВР).

718. В качестве защиты сборных шин электростанций и подстанций 35 кВ и выше предусматривается, дифференциальная токовая защита без выдержки времени, охватывающую все элементы, которые присоединены к системе или секции шин. Защита должна осуществляться с применением специальных реле тока, отстроенных от переходных и установившихся токов небаланса (реле, включенных через насыщающиеся трансформаторы тока, реле с торможением).

При присоединении трансформатора (автотрансформатора) 220 кВ и выше более чем через один выключатель предусматривается дифференциальная токовая защита ошиновки. Для защиты шин и ошиновки 500 кВ необходимо предусматривать два комплекта дифференциальной токовой защиты шин (ошиновки).

719. Для двойной системы шин электростанций и подстанций 35 кВ и выше с одним выключателем на присоединенный элемент дифференциальная защита должна быть предусмотрена в исполнении для фиксированного распределения элементов.

В защите шин 110 кВ и выше и в УРОВ предусматривается возможность изменения фиксации при переводе присоединения с одной системы шин на другую.

720. Дифференциальная защита, указанная в пунктах 718 и 719 настоящих Правил, выполняется с устройством контроля исправности вторичных цепей задействованных трансформаторов тока, действующим с выдержкой времени на вывод защиты из работы и на сигнал.

721. Для секционированных шин 6-10 кВ электростанций должна быть предусмотрена двухступенчатая неполная дифференциальная защита, первая ступень которой выполнена в виде токовой отсечки по току и напряжению или дистанционной защите, а вторая - в виде максимальной токовой защиты. Защита должна действовать на отключение питающих элементов и трансформатора собственных нужд.

Если при указанном выполнении второй ступени защиты не обеспечивается требуемая чувствительность при КЗ в конце питаемых реактированных линий (нагрузка на шинах генераторного напряжения большая, выключатели питаемых линий установлены за реакторами), выполняется в виде отдельных комплектов максимальных токовых защит с пуском или без пуска напряжения, устанавливаемых в цепях реакторов действие этих комплектов на отключение питающих элементов должно контролироваться дополнительным устройством, срабатывающим при возникновении КЗ. При этом, на секционном выключателе должна быть предусмотрена защита (предназначенная для ликвидации повреждений между реактором и выключателем), вводимая в действие при отключении этого выключателя. При выделении части питающих элементов на резервную систему шин должна быть предусмотрена неполная дифференциальная защита шин в исполнении для фиксированного распределения элементов.

Если возможны частые режимы работы с разделением питающих элементов на разные системы шин, допускается предусматривать отдельные дистанционные защиты, устанавливаемые на всех питающих элементах, кроме генераторов.

722. Для секционированных шин 6-10 кВ электростанций с генераторами мощностью 12 МВт и менее допускается не предусматривать специальную защиту при этом, ликвидация КЗ на шинах должна осуществляться действием максимальных токовых защит генераторов.

723. Специальные устройства релейной защиты для одиночной секционированной и двойной систем шин 6-10 кВ понижающих подстанций, не предусматриваются, а ликвидация КЗ на шинах должна осуществляться действием защит трансформаторов от

внешних КЗ и защит, установленных на секционном или шиносоединительном выключателе. В целях повышения чувствительности и ускорения действия защиты шин мощных подстанций допускается применять защиту, включенную на сумму токов питающих элементов. При наличии реакторов на линиях, отходящих от шин подстанций, допускается защиту шин выполнять по аналогии с защитой шин электростанций.

724. При наличии трансформаторов тока, встроенных в выключатели, для дифференциальной защиты шин и для защит присоединений, отходящих от этих шин, должны быть использованы трансформаторы тока, размещенные с разных сторон выключателя, чтобы повреждения в выключателе входили в зоны действия этих защит.

Если выключатели не имеют встроенных трансформаторов тока, то в целях экономии предусматриваются выносные трансформаторы тока только с одной стороны выключателя и устанавливать их по возможности так, чтобы выключатели входили в зону действия дифференциальной защиты шин. При этом, в защите двойной системы шин с фиксированным распределением элементов должно быть предусмотрено использование двух сердечников трансформаторов тока в цепи шиносоединительного выключателя.

При применении отдельных дистанционных защит в качестве защиты шин трансформаторы тока этих защит в цепи секционного выключателя должны быть установлены между секцией шин и реактором.

725. Защита шин выполняется так, чтобы при опробовании поврежденной системы или секции шин обеспечивалось селективное отключение системы (секции) без выдержки времени.

726. На обходном выключателе 110 кВ должны быть предусмотрены защиты (используемые при проверке и ремонте защиты, выключателя и трансформаторов тока любого из элементов, присоединенных к шинам):

1) ступенчатая дистанционная защита и токовая отсечка от многофазных КЗ;

2) ступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности от замыкания на землю и дистанционная защита от КЗ на землю;

3) ступенчатая токовая защита от многофазных КЗ;

4) ступенчатая токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю.

При этом, на шиносоединительном (секционном) выключателе должны быть предусмотрены защиты (используемые для разделения систем или секций шин при отсутствии УРОВ или выведении его или защиты шин из действия, а также для повышения эффективности дальнего резервирования):

В случае необходимости допускается применение направленных токовых или дистанционных защит.

На шиносоединительном (секционном) выключателе 110 кВ и выше, предназначенном для выполнения функции обходного выключателя, должны быть предусмотрены те же защиты, что на обходном.

Предусматривается перевод основных быстродействующих защит линий 110 кВ и выше на обходной выключатель.

На шиносоединительном (секционном) выключателе 3-35 кВ должна быть предусмотрена двухступенчатая токовая защита от многофазных КЗ.

727. Отдельную панель защиты, предназначенную специально для использования вместо выводимой на проверку защиты линии, предусматриваются при схемах электрических соединений, в которых отсутствует обходной выключатель (четырехугольник, полуторная схема) такую отдельную панель защиты предусматриваются для линий 220 кВ, не имеющих отдельной основной защиты для линий 500 кВ.

Допускается предусматривать отдельную панель защиты для линий 110 кВ, не имеющих отдельной основной защиты, при схемах электрических соединений «мостик» с выключателями в цепях линий и «многоугольник», если при проверке защиты линии

ликвидировать повреждения на ней в соответствии с предъявляемыми требованиями более простыми средствами технически невозможно.

### Параграф 10. Защита синхронных компенсаторов

728. Устройства релейной защиты синхронных компенсаторов выполняются аналогично предусматриваемым для турбогенераторов соответствующих мощностей со следующими отличиями:

1) защита от токов, обусловленных симметричной перегрузкой, действующая на сигнал, должна выводиться на период пуска, если в этом режиме возможно ее действие;

2) предусматривается минимальная защита напряжения, действующая на отключение выключателя синхронного компенсатора. Напряжение срабатывания защиты должно быть принято равным 0,1-02 Ином, выдержка времени - около 10 с;

3) должна быть предусмотрена защита, действующая при кратковременном исчезновении питания подстанции (бестоковую паузу АПВ питающей линии). Защита должна выполняться в виде минимальной защиты частоты и действовать на отключение выключателя синхронного компенсатора или на АГП. Допускается использование защиты, выполненной на других принципах, реагирующей на скорость снижения частоты;

4) на синхронных компенсаторах мощностью 50 Мвар и более предусматривается защита от потери возбуждения (снижения тока возбуждения ниже допустимого предела) с действием на отключение синхронного компенсатора или на сигнал. Для синхронных компенсаторов, на которых предусматривается возможность перевода на режим работы с отрицательным током ротора, эту защиту допускается не применять;

5) для синхронного компенсатора, работающего в блоке с трансформатором, при замыкании на землю в обмотке статора должно быть предусмотрено действие защиты, установленной на стороне низшего напряжения трансформатора.

Если ток замыкания на землю на стороне низшего напряжения трансформатора превышает 5 А, допускается не устанавливать дугогасящий реактор и выполнять защиту с двумя выдержками времени с меньшей выдержкой времени предусматривается отключение выключателя синхронного компенсатора, а с большей - подача сигнала.

При токе замыкания на землю до 5 А защита должна быть выполнена с одной выдержкой времени и с действием на сигнал. Для синхронных компенсаторов мощностью 50 Мвар и более должна быть предусмотрена возможность действия защиты на сигнал или на отключение.

729. На подстанциях без постоянн

ого дежурства персонала защита от перегрузки синхронного компенсатора должна выполняться с независимой выдержкой времени и действовать с меньшей выдержкой времени на сигнал и снижение тока возбуждения, а с большей - на отключение синхронного компенсатора (если предотвращение длительных перегрузок не обеспечивается устройствами автоматического регулирования возбуждения).

Защита от замыканий на землю в цепи возбуждения синхронного компенсатора выполняются так же, как для гидрогенераторов.

## 14. Автоматика и телемеханика

### Параграф 1. Область применения.

730. Настоящая глава Правил распространяется на автоматические и телемеханические устройства электростанций, энергосистем, сетей и электроснабжения промышленных и других электроустановок, предназначенные для осуществления:

1) АПВ линий или фаз линий, шин и прочих электроустановок после их автоматического отключения;

2) АВР резервного питания или оборудования;

3) включения синхронных генераторов и синхронных компенсаторов на параллельную работу;

4) регулирования возбуждения, напряжения и реактивной мощности;

5) регулирования частоты и активной мощности;

6) предотвращения нарушений устойчивости;

7) прекращения асинхронного режима;

8) ограничения снижения частоты;

9) ограничения повышения частоты;

10) ограничения снижения напряжения;

11) ограничения повышения напряжения;

12) предотвращения перегрузки оборудования;

13) диспетчерского контроля и управления.

Функции устройств по подпунктам 4) и 11) настоящего пункта определяются полностью или частично условиями работы энергосистемы в целом. Эти устройства должны проектироваться и эксплуатироваться соответствующими организациями, имеющими лицензии и опыт работы в электроэнергетике.

В энергосистемах и на энергообъектах устанавливаются устройства автоматического управления, не охватываемые настоящей главой Правил и регламентируемые другими документами. Действия этих устройств должны быть согласованы между собой, а также с действием устройств и систем, рассматриваемых в данной главе.

В электрических сетях предприятий-потребителей электроэнергии применяются такие устройства автоматики, которые по возможности не допускают нарушений наиболее ответственных технологических процессов при кратковременных перерывах электроснабжения, обусловленных действием защит и автоматики в сети внешнего и внутреннего электроснабжения.

## Параграф 2. Автоматическое повторное включение (АПВ)

731. Устройства АПВ должны предусматриваться для быстрого восстановления питания потребителей или межсистемных и внутрисистемных связей путем автоматического включения выключателей, отключенных устройствами релейной защиты.

Должно предусматриваться автоматическое повторное включение:

1) воздушных и смешанных (кабельно-воздушных) линий всех типов напряжением выше 1 кВ. Отказ от применения АПВ должен быть в каждом отдельном случае обоснован. На кабельных линиях 35 кВ и ниже АПВ применяется в случаях, когда оно может быть эффективным в связи со значительной вероятностью повреждений с образованием открытой дуги (наличие нескольких промежуточных сборок, питание по одной линии нескольких подстанций), а также с целью исправления неселективного действия защиты. Вопрос о применении АПВ на кабельных линиях 110 кВ и выше должен решаться при проектировании в каждом отдельном случае с учетом конкретных условий;

2) шин электростанций и подстанций;

3) трансформаторов;

4) ответственных электродвигателей, отключаемых для обеспечения самозапуска других электродвигателей.

Для осуществления АПВ по подпунктам 1) и 3) настоящего пункта должны также предусматриваться устройства АПВ на обходных, шиносоединительных и секционных выключателях.

732. Устройства АПВ должны быть выполнены так, чтобы они не действовали при:

1) отключении выключателя персоналом дистанционно или при помощи телеуправления;

2) автоматическом отключении от релейной защиты непосредственно после включения персоналом дистанционно или при помощи телеуправления;

3) отключении выключателя защитой от внутренних повреждений трансформаторов и вращающихся машин, устройствами противоаварийной автоматики, а также в других случаях отключений выключателя, когда действие АПВ недопустимо. АПВ после действия АЧР (ЧАПВ) должно выполняться в соответствии с пунктом 810 настоящих Правил.

Устройства АПВ должны быть выполнены так, чтобы была исключена возможностью многократного включения на КЗ при любой неисправности в схеме устройства.

Устройства АПВ должны выполняться с автоматическим возвратом.

733. При применении АПВ предусматривается ускорение действия релейной защиты на случай неуспешного АПВ. Ускорение действия релейной защиты после неуспешного АПВ выполняется с помощью устройства ускорения после включения выключателя, которое, используется и при включении выключателя по другим причинам (от ключа управления, телеуправления или устройства АВР). При ускорении защиты после включения выключателя должны быть приняты меры против возможного отключения выключателя защитой под действием толчка тока при включении из-за неодновременного включения фаз выключателя.

Не допускается ускорение защиты после включения выключателя, когда линия уже включена под напряжение другим своим выключателем (при наличии симметричного напряжения на линии).

Допускается не ускорять после АПВ действие защит линий 35 кВ и ниже, выполненных на переменном оперативном токе, если для этого требуется значительное усложнение защит и время их действия при металлическом КЗ вблизи места установки не превосходит 1,5 сек.

734. Устройства трехфазного АПВ (ТАПВ) должны осуществляться преимущественно с пуском при несоответствии между ранее поданной оперативной командой и отключенным положением выключателя допускается также пуск устройства АПВ от защиты.

735. Применяются, устройства ТАПВ однократного или двукратного действия (последнее - если это допустимо по условиям работы выключателя). Устройство ТАПВ двукратного действия принимаются для воздушных линий, в особенности для одиночных с односторонним питанием. В сетях 35 кВ и ниже устройства ТАПВ двукратного действия применяется, в первую очередь, для линий, не имеющих резервирования по сети.

В сетях с изолированной или компенсированной нейтралью, применяется блокировка второго цикла АПВ в случае замыкания на землю после АПВ первого цикла (по наличию напряжений нулевой последовательности). Выдержка времени ТАПВ во втором цикле должна быть не менее 15-20 с.

736. Для ускорения восстановления нормального режима работы электропередачи выдержка времени устройства ТАПВ (в особенности для первого цикла АПВ двукратного действия на линиях с односторонним питанием) должна приниматься минимально возможной с учетом времени погасания дуги и деионизации среды в месте повреждения, а также с учетом времени готовности выключателя и его привода к повторному включению.

Выдержка времени устройства ТАПВ на линии с двусторонним питанием должна выбираться также с учетом возможного неодновременного отключения повреждения с обоих концов линии, при этом, время действия защит, предназначенных для дальнего резервирования, учитываться не должно. Допускается не учитывать разновременности отключения выключателей по концам линии, когда они отключаются в результате срабатывания высокочастотной защиты.

С целью повышения эффективности ТАПВ однократного действия допускается увеличивать его выдержку времени (по возможности с учетом работы потребителя).

737. На одиночных линиях 110 кВ и выше с односторонним питанием, для которых допустим в случае неуспешного ТАПВ переход на длительную работу двумя фазами, предусматривается ТАПВ двукратного действия на питающем конце линии. Перевод линии на работу двумя фазами может производиться персоналом на месте или при помощи телеуправления.

Для перевода линии после неуспешного АПВ на работу двумя фазами предусматривается пофазное управление разъединителями или выключателями на питающем и приемном концах линии.

При переводе линии на длительную работу двумя фазами принимаются меры к уменьшению помех в работе линий связи из-за неполнофазного режима работы линии. С этой целью допускается ограничение мощности, передаваемой по линии в неполнофазном режиме (если это возможно по условиям работы потребителя).

В отдельных случаях при наличии специального обоснования допускается также перерыв в работе линии связи на время неполнофазного режима.

738. На линиях, отключение которых не приводит к нарушению электрической связи между генерирующими источниками, на параллельных линиях с односторонним питанием, устанавливаются устройства ТАПВ без проверки синхронизма.

739. На одиночных линиях с двусторонним питанием (при отсутствии шунтирующих связей) должен предусматриваться один из следующих видов трехфазного АПВ (или их комбинаций):

1) быстродействующее ТАПВ (БАПВ);

2) несинхронное ТАПВ (НАПВ);

3) ТАПВ с улавливанием синхронизма (ТАПВ УС).

Кроме того, может предусматриваться однофазное АПВ (ОАПВ) в сочетании с различными видами ТАПВ, если выключатели оборудованы пофазным управлением и не нарушается устойчивость параллельной работы частей энергосистемы в цикле ОАПВ.

Выбор видов АПВ производится, исходя из совокупности конкретных условий работы системы и оборудования, с учетом указаний в пунктах 740 и 744 настоящих Правил.

740. Быстродействующее АПВ, или БАПВ (одновременное включение с минимальной выдержкой времени с обоих концов), предусматривается на линиях по пункту 739 настоящих Правил для автоматического повторного включения, при небольшом расхождении угла между векторами ЭДС соединяемых систем. БАПВ может применяться при наличии выключателей, допускающих БАПВ, если после включения обеспечивается сохранение синхронной параллельной работы систем и максимальный электромагнитный момент синхронных генераторов и компенсаторов меньше (с учетом необходимого запаса) электромагнитного момента, возникающего при трехфазном КЗ на выводах машины.

Оценка максимального электромагнитного момента должна производиться для предельно возможного расхождения угла за время БАПВ. Соответственно запуск БАПВ должен производиться лишь при срабатывании быстродействующей защиты, зона действия которой охватывает всю линию. БАПВ должно блокироваться при срабатывании резервных защит и блокироваться или задерживаться при работе УРОВ.

Если для сохранения устойчивости энергосистемы при неуспешном БАПВ требуется большой объем воздействий от противоаварийной автоматики, применение БАПВ не допускается.

741. Несинхронное АПВ (НАПВ) может применяться на линиях по пунктам 738 настоящих Правил (в основном 110-220 кВ), если:

1) максимальный электромагнитный момент синхронных генераторов и компенсаторов, возникающий при несинхронном включении, меньше (с учетом необходимого запаса) электромагнитного момента, возникающего при трехфазном КЗ на

выводах машины, при этом, в качестве практических критериев оценки допустимости НАПВ принимаются расчетные начальные значения периодических составляющих токов статора при угле включения 1800;

2) максимальный ток через трансформатор (автотрансформатор) при угле включения 1800 меньше тока КЗ на его выводах при питании от шин бесконечной мощности;

3) после АПВ обеспечивается достаточно быстрая ресинхронизация, если в результате несинхронного автоматического повторного включения возможно возникновение длительного асинхронного хода, должны применяться специальные мероприятия для его предотвращения или прекращения.

При соблюдении этих условий НАПВ допускается применять также в режиме ремонта на параллельных линиях.

При выполнении НАПВ необходимо принять меры по предотвращению излишнего срабатывания защиты. С этой целью, в частности, осуществляется включение выключателей при НАПВ в определенной последовательности, выполнением АПВ с одной из сторон линии с контролем наличия напряжения на ней после успешного ТАПВ с противоположной стороны.

742. АПВ с улавливанием синхронизма может применяться на линиях по пункту 738 настоящих Правил для включения линии при значительных (примерно до 4 %) скольжениях и допустимом угле.

Возможно также следующее выполнение АПВ. На конце линии, который должен включаться первым, производится ускоренное ТАПВ (с фиксацией срабатывания быстродействующей защиты, зона действия которой охватывает всю линию) без контроля напряжения на линии (УТАПВ БК) или ТАПВ с контролем отсутствия напряжения на линии (ТАПВ ОН), а на другом ее конце - ТАПВ с улавливанием синхронизма. Последнее производится при условии, что включение первого конца было успешным (это может быть определено, при помощи контроля наличия напряжения на линии).

Для улавливания синхронизма применяются устройства, построенные по принципу синхронизатора с постоянным углом опережения.

Устройства АПВ выполняются так, чтобы имелась возможность изменять очередность включения выключателей по концам линии.

При выполнении устройства АПВ УС необходимо стремиться к обеспечению его действия при возможно большей разности частот. Максимальный допустимый угол включения при применении АПВ УС должен приниматься с учетом условий, указанных в пункте 740 настоящих Правил. При применении устройства АПВ УС используется для включения линии персоналом (полуавтоматическая синхронизация).

743. На линиях, оборудованных трансформаторами напряжения, для контроля отсутствия напряжения (КОН) и контроля наличия напряжения (КНН) на линии при различных видах ТАПВ используются органы, реагирующие на линейное (фазное) напряжение и на напряжения обратной и нулевой последовательностей (на линиях без шунтирующих реакторов, можно не использовать напряжение нулевой последовательности).

744. Однофазное автоматическое повторное включение (ОАПВ) может применяться только в сетях с большим током замыкания на землю. ОАПВ без автоматического перевода линии на длительный неполно-фазный режим при устойчивом повреждении фазы применяется:

1) на одиночных сильно нагруженных межсистемных или внутрисистемных линиях электропередачи;

2) на сильно нагруженных межсистемных линиях 220 кВ и выше с двумя и более обходными связями при условии, что отключение одной из них может привести к нарушению динамической устойчивости энергосистемы;

3) на межсистемных и внутрисистемных линиях разных классов напряжения, если трехфазное отключение линии высшего напряжения может привести к недопустимой

перегрузке линий низшего напряжения с возможностью нарушения устойчивости энергосистемы;

4) на линиях, связывающих с системой крупные блочные электростанции без значительной местной нагрузки;

5) на линиях электропередачи, где осуществление ТАПВ сопряжено со значительным сбросом нагрузки вследствие понижения напряжения.

Устройство ОАПВ должно выполняться так, чтобы при выводе его из работы или исчезновении питания автоматически осуществлялся перевод действия защит линии на отключение трех фаз помимо устройства.

Выбор поврежденных фаз при КЗ на землю должен осуществляться при помощи избирательных органов, которые также используются в качестве дополнительной быстродействующей защиты линии в цикле ОАПВ, при ТАПВ, БАПВ и одностороннем включении линии оперативным персоналом.

Выдержка временем ОАПВ должна отстраиваться от времени погасания дуги и деионизации среды в месте однофазного КЗ в неполно-фазном режиме с учетом возможности неодновременного срабатывания защиты по концам линии, а также каскадного действия избирательных органов.

745. На линиях по пункту 744 настоящих Правил ОАПВ должно применяться в сочетании с различными видами ТАПВ. При этом, должна быть предусмотрена возможность запрета ТАПВ во всех случаях ОАПВ или только при неуспешном ОАПВ. В зависимости от конкретных условий допускается осуществление ТАПВ после неуспешного ОАПВ. В этих случаях предусматривается действие ТАПВ сначала на одном конце линии с контролем отсутствия напряжения на линии и с увеличенной выдержкой времени.

746. На одиночных линиях с двусторонним питанием, связывающих систему с электростанцией небольшой мощности, применяются ТАПВ с автоматической самосинхронизацией (АПВС) гидрогенераторов для гидроэлектростанций и ТАПВ в сочетании с делительными устройствами - для гидро- и теплоэлектростанций.

747. На линиях с двусторонним питанием при наличии нескольких обходных связей применяются:

1) при наличии двух связей, а также при наличии трех связей, если вероятно одновременное длительное отключение двух из этих связей:

несинхронное АПВ (в основном для линий 110-220 кВ и при соблюдении условий, указанных в пункте 740 настоящих Правил, но для случая отключения всех связей);

АПВ с проверкой синхронизма (при невозможности выполнения несинхронного АПВ по причинам, указанным в пункте 740 настоящих Правил, но для случая отключения всех связей).

Для ответственных линий при наличии двух связей, а также при наличии трех связей, две из которых - двухцепная линия, при невозможности применения НАПВ по причинам, указанным в пункте 740 настоящих Правил, разрешается применять устройства ОАПВ, БАПВ или АПВ УС. При этом, устройства ОАПВ и БАПВ дополняются устройством АПВ с проверкой синхронизма;

2) при наличии четырех и более связей, а также при наличии трех связей, если в последнем случае одновременное длительное отключение двух из этих связей маловероятно (если все линии одноцепные), - АПВ без проверки синхронизма.

748. Устройства АПВ с проверкой синхронизма выполняются на одном конце линии с контролем отсутствия напряжения на линии и с контролем наличия синхронизма, на другом конце - только с контролем наличия синхронизма. Схемы устройства АПВ с проверкой синхронизма линии должны выполняться одинаковыми на обоих концах с учетом возможности изменения очередности включения выключателей линии при АПВ.

Использовается устройство АПВ с проверкой синхронизма для проверки синхронизма соединяемых систем при включении линии персоналом.

749. Допускается совместное применение нескольких видов трехфазного АПВ на линии, БАПВ и ТАПВ с проверкой синхронизма. Допускается также использовать различные виды устройств АПВ на разных концах линии, УТАПВБК на одном конце линии и ТАПВ с контролем наличия напряжения и синхронизма на другом.

750. Допускается сочетание ТАПВ с неселективными быстродействующими защитами для исправления неселективного действия последних. В сетях, состоящих из ряда последовательно включенных линий, при применении для них неселективных быстродействующих защит для исправления их действия применяется поочередное АПВ, также применяются устройства АПВ с ускорением защиты до АПВ или с кратностью действия (не более трех), возрастающей по направлению к источнику питания.

751. При применении трехфазного однократного АПВ линий, питающих трансформаторы, со стороны высшего напряжения которых устанавливаются короткозамыкатели и отделители, для отключения отделителя в бестоковую паузу время действия устройства АПВ должно быть отстроено от суммарного времени включения короткозамыкателя и отключения отделителя. При применении трехфазного АПВ двукратного действия время действия АПВ в первом цикле по указанному условию не должно увеличиваться, если отключение отделителя предусматривается в бестоковую паузу второго цикла АПВ.

Для линий, на которые вместо выключателей устанавливаются отделители, отключение отделителей в случае неуспешного АПВ в первом цикле должно производиться в бестоковую паузу второго цикла АПВ.

752. Если в результате действия АПВ возможно несинхронное включение синхронных компенсаторов или синхронных электродвигателей и если такое включение для них недопустимо, а также для исключения подпитки от этих машин места повреждения, предусматривать автоматическое отключение этих синхронных машин необходимо при исчезновении питания или переводить их в асинхронный режим отключением АГП с последующим автоматическим включением или ресинхронизацией после восстановления напряжения в результате успешного АПВ.

Для подстанций с синхронными компенсаторами или синхронными электродвигателями должны применяться меры, предотвращающие излишние срабатывания АЧР при действии АПВ.

753. АПВ шин электростанций и подстанций при наличии специальной защиты шин и выключателей, допускающих АПВ, должно выполняться по одному из двух вариантов:

1) автоматическим опробованием (постановка шин под напряжение выключателем от АПВ одного из питающих элементов);

2) автоматической сборкой схемы; при этом, первым от устройства АПВ включается один из питающих элементов, при успешном включении этого элемента производится последующее, возможно более полное автоматическое восстановление схемы доаварийного режима путем включения других элементов. АПВ шин по этому варианту применяется первая очередь, для подстанций без постоянного дежурства персонала.

При выполнении АПВ шин должны применяться меры, исключающие несинхронное включение (если оно является недопустимым).

Должна обеспечиваться достаточная чувствительность защиты шин на случай неуспешного АПВ.

754. На двухтрансформаторных понижающих подстанциях при раздельной работе трансформаторов, предусматривются устройства АПВ шин среднего и низшего напряжений в сочетании с устройствами АВР, при внутренних повреждениях трансформаторов должно действовать АВР, при прочих повреждениях - АПВ.

Допускается для двухтрансформаторной подстанции, в нормальном режиме которой предусматривается параллельная работа трансформаторов на шинах данного напряжения, устанавливать дополнительно к устройству АПВ устройство АВР, предназначенное для режима, когда один из трансформаторов выведен в резерв.

755. Устройствами АПВ должны быть оборудованы все одиночные понижающие трансформаторы мощностью более 1 МВхА на подстанциях энергосистем, имеющие выключатель и максимальную токовую защиту с питающей стороны, когда отключение трансформатора приводит к обесточению электроустановок потребителей. Допускается в отдельных случаях действие АПВ и при отключении трансформатора защитой от внутренних повреждений.

756. При неуспешном АПВ, включаемого первым выключателем элемента, присоединенного двумя или более выключателями, АПВ остальных выключателей этого элемента, не допускается.

757. При наличии на подстанции или электростанции выключателей с электромагнитным приводом, если от устройства АПВ могут быть одновременно включены два или более выключателей, для обеспечения необходимого уровня напряжения аккумуляторной батареи при включении и для снижения сечения кабелей цепей питания электромагнитов включения выполняютсяАПВ так, чтобы одновременное включение нескольких выключателей было исключено.

Допускается в отдельных случаях (преимущественно при напряжении 110 кВ и большом числе присоединений, оборудованных АПВ) одновременное включение от АПВ двух выключателей.

758. Действие устройств АПВ должно фиксироваться указательными реле, встроенными в реле указателями срабатывания, счетчиками числа срабатываний или другими устройствами аналогичного назначения.

## Параграф 3. Автоматическое включение резервного питания и оборудования (АВР)

759. Устройства АВР должны предусматриваться для восстановления питания потребителей путем автоматического присоединения резервного источника питания при отключении рабочего источника питания, приводящем к обесточению электроустановок потребителя. Устройства АВР должны предусматриваться также для автоматического включения резервного оборудования при отключении рабочего оборудования, приводящем к нарушению нормального технологического процесса.

Устройства АВР также предусматривается, если при их применении возможно упрощение релейной зашиты, снижение токов КЗ и удешевление аппаратуры за счет замены кольцевых сетей радиально-секционированными.

Устройства АВР устанавливаются на трансформаторах, линиях, секционных и шиносоединительных выключателях, электродвигателях.

760. Устройство АВР, должно обеспечивать возможность его действия при исчезновении напряжения на шинах питаемого элемента, вызванном любой причиной, в том числе КЗ на этих шинах (последнее - при отсутствии АПВ шин).

761. Устройство АВР при отключении выключателя рабочего источника питания должно включать, без дополнительной выдержки времени, выключатель резервного источника питания. При этом, должна быть обеспечена однократность действия устройства.

762. Для обеспечения действия АВР при обесточении питаемого элемента в связи с исчезновением напряжения со стороны питания рабочего источника, а также при отключении выключателя с приемной стороны в схеме АВР в дополнение к указанному в пункте 760 настоящих Правил должен предусматриваться пусковой орган напряжения. Указанный пусковой орган при исчезновении напряжения на питаемом элементе и при наличии напряжения со стороны питания резервного источника должен действовать с выдержкой времени на отключение выключателя рабочего источника питания с приемной стороны. Пусковой орган напряжения АВР не должен предусматриваться, если рабочий и резервный элементы имеют один источник питания.

763. Для трансформаторов и линий малой протяженности с целью ускорения действия АВР целесообразно выполнять релейную защиту с действием на отключение не только выключателя со стороны питания, но и выключателя с приемной стороны. С этой же целью в наиболее ответственных случаях при отключении по каким-либо причинам выключателя только со стороны питания должно быть обеспечено немедленное отключение выключателя с приемной стороны по цепи блокировки.

764. Минимальный элемент напряжения пускового органа АВР, реагирующий на исчезновение напряжения рабочего источника, должен быть отстроен от режима самозапуска электродвигателей и от снижения напряжения при удаленных КЗ. Напряжение срабатывания элемента контроля напряжения на шинах резервного источника пускового органа АВР должно выбираться по возможности, исходя из условия самозапуска электродвигателей. Время действия пускового органа АВР должно быть больше времени отключения внешних КЗ, при которых снижение напряжения вызывает срабатывание элемента минимального напряжения пускового органа, больше времени действия АПВ со стороны питания.

Минимальный элемент напряжения пускового органа АВР, должен быть выполнен так, чтобы исключалась его ложная работа при перегорании одного из предохранителей трансформатора напряжения со стороны обмотки высшего или низшего напряжения, при защите обмотки низшего напряжения автоматическим выключателем при его отключении действие пускового органа должно блокироваться. Допускается не учитывать данное требование при выполнении устройств АВР в распределительных сетях 6-10 кВ, если для этого требуется специальная установка трансформатора напряжения.

765. Если при использовании пуска АВР по напряжению время его действия может оказаться недопустимо большим (при наличии в составе нагрузки значительной доли синхронных электродвигателей), применяется в дополнение к пусковому органу напряжения пусковые органы других типов (реагирующие на исчезновение тока, снижение частоты, изменение направления мощности).

В случае применения пускового органа частоты последний при снижении частоты со стороны рабочего источника питания до заданного значения и при нормальной частоте со стороны резервного питания должен действовать с выдержкой времени на отключение выключателя рабочего источника питания.

При технологической необходимости может выполняться пуск устройства автоматического включения резервного оборудования от различных специальных датчиков (давления, уровня).

766. Схема устройства АВР источников питания собственных нужд электростанций после включения резервного источника питания взамен одного из отключающихся рабочих источников должна сохранять возможность действия при отключении других рабочих источников питания.

767. При выполнении устройств АВР проверяются условия перегрузки резервного источника питания и самозапуска электродвигателей и, если имеет место чрезмерная перегрузка или не обеспечивается самозапуск, выполнять разгрузку при действии АВР (отключение неответственных, а в некоторых случаях и части ответственных электродвигателей, для последних применяется АПВ).

768. При выполнении АВР должна учитываться недопустимость его действия на включение потребителей, отключенных устройствами АЧР. С этой целью должны применяться специальные мероприятия, в отдельных случаях, при специальном обосновании невозможности выполнения указанных мероприятий, допускается не предусматривать АВР.

769. При действии устройства АВР, когда возможно включение выключателя на КЗ, предусматривается ускорение действия защиты этого выключателя. При этом, должны быть приняты меры для предотвращения отключений резервного питания по цепи ускорения защиты за счет бросков тока включения.

С этой целью на выключателях источников резервного питания собственных нужд электростанций ускорение защиты должно предусматриваться только в случае, если ее выдержка времени превышает 1-1,2 сек, при этом, в цепь ускорения должна быть введена выдержка времени около 0,5 сек. Для прочих электроустановок значения выдержек времени принимаются, исходя из конкретных условий.

770. В случаях, если в результате действия АВР возможно несинхронное включение синхронных компенсаторов или синхронных электродвигателей и если оно для них недопустимо, а также для исключения подпитки от этих машин места повреждения при исчезновении питания автоматически отключаются синхронные машины или переводятся их в асинхронный режим отключением АГП с последующим автоматическим включением или ресинхронизацией после восстановления напряжения в результате успешного АВР.

Для предотвращения включения резервного источника от АВР до отключения синхронных машин допускается применять замедление АВР. Если последнее недопустимо для остальной нагрузки, допускается при специальном обосновании отключать от пускового органа АВР линию, связывающую шины рабочего питания с нагрузкой, содержащей синхронные электродвигатели.

Для подстанций с асинхронными компенсаторами или синхронными электродвигателями должны применяться меры, предотвращающие неправильную работу АЧР при действии АВР.

771. С целью предотвращения включения резервного источника питания на КЗ при неявном резерве, предотвращения его перегрузки, облегчения самозапуска, а также восстановления наиболее простыми средствами нормальной схемы электроустановки после аварийного отключения и действия устройства автоматики применяется сочетание устройств АВР и АПВ. Устройства АВР должны действовать при внутренних повреждениях рабочего источника, АПВ - при прочих повреждениях.

После успешного действия устройств АПВ или АВР должно, обеспечиваться более полное автоматическое восстановление схемы доаварийного режима (для подстанций с упрощенными схемами электрических соединений со стороны высшего напряжения - отключение включенного при действии АВР секционного выключателя на стороне низшего напряжения после успешного АПВ питающей линии).

## Параграф 4. Включение генераторов

772. Включение генераторов на параллельную работу должно производиться одним из следующих способов точной синхронизацией (ручной, полуавтоматической и автоматической) и самосинхронизацией (ручной, полуавтоматической и автоматической).

773. Способ точной автоматической или полуавтоматической синхронизации как основной способ включения на параллельную работу при нормальных режимах должен предусматриваться для:

1) турбогенераторов с косвенным охлаждением обмоток мощностью более 3 МВт, работающих непосредственно на сборные шины генераторного напряжения, и при значении периодической составляющей переходного тока более 3,5 $I_{ном}$;

2) турбогенераторов с непосредственным охлаждением обмоток типов ТВВ, ТВФ, ТГВ и ТВМ;

3) гидрогенераторов мощностью 50 МВт и более.

При аварийных режимах в электрической системе включение на параллельную работу всех генераторов вне зависимости от системы охлаждения и мощности может производиться способом самосинхронизации.

774. Способ самосинхронизации как основной способ включения на параллельную работу может предусматриваться для:

1) турбогенераторов мощностью до 3 МВт;

2) турбогенераторов с косвенным охлаждением мощностью более 3 МВт, работающих непосредственно на сборные шины, если периодическая составляющая переходного тока при включении в сеть способом самосинхронизации не превосходит 3,5 $I_{ном}$;

3) турбогенераторов с косвенным охлаждением, работающих в блоке с трансформаторами;

4) гидрогенераторов мощностью до 50 МВт;

5) гидрогенераторов, электрически жестко связанных между собой и работающих через общий выключатель при их суммарной мощности до 50 МВт.

В указанных случаях не предусматриваются устройства полуавтоматической и автоматической точной синхронизации.

775. При использовании способа самосинхронизации как основного способа включения генераторов на параллельную работу предусматривается установка на гидрогенераторах устройств автоматической самосинхронизации, на турбогенераторах - устройств ручной или полуавтоматической самосинхронизации.

776. При использовании способа точной синхронизации в качестве основного способа включения генераторов на параллельную работу, предусматривается установку устройств автоматической и полуавтоматической точной синхронизации. Для генераторов мощностью до 15 МВт допускается применение ручной точной синхронизации с блокировкой от несинхронного включения.

777. В соответствии с указанными положениями все генераторы должны быть оборудованы соответствующими устройствами синхронизации, расположенными на центральном пункте управления или на местном пункте управления для гидроэлектростанций, на главном щите управления или на блочных щитах управления для теплоэлектростанций.

Вне зависимости от применяемого способа синхронизации все генераторы должны быть оборудованы устройствами, позволяющими в необходимых случаях производить ручную точную синхронизацию с блокировкой от несинхронного включения.

778. При включении в сеть способом точной синхронизации двух или более гидрогенераторов, работающих через один выключатель, генераторы предварительно синхронизируются между собой способом самосинхронизации и с сетью - способом точной синхронизации.

779. На транзитных подстанциях основной сети и электростанциях, где требуется синхронизация отдельных частей электрической системы, должны предусматриваться устройства для полуавтоматической или ручной точной синхронизации.

## Параграф 5. Автоматическое регулирование возбуждения, напряжения и реактивной мощности

780. Устройства автоматического регулирования возбуждения, напряжения и реактивной мощности предназначены для:

1) поддержания напряжения в электрической системе и у электроприемников по заданным характеристикам при нормальной работе электроэнергетической системы;

2) распределения реактивной нагрузки между источниками реактивной мощности по заданному закону;

3) повышения статической и динамической устойчивости электрических систем и демпфирования колебаний в переходных режимах.

781. Синхронные машины (генераторы, компенсаторы, электродвигатели) должны быть оборудованы устройствами АРВ. Автоматические регуляторы возбуждения должны на системы возбуждения и техническим условиям на оборудование систем возбуждения.

Для генераторов и синхронных компенсаторов мощностью менее 2,5 МВт, за исключением генераторов электростанций, работающих изолированно или в

энергосистеме небольшой мощности, допускается применять только устройства релейной форсировки возбуждения. Синхронные электродвигатели должны быть оборудованы устройствами АРВ в соответствии с пунктами 740 и 741 настоящих Правил.

782. Должна быть обеспечена высокая надежность питания АРВ и других устройств системы возбуждения от трансформаторов напряжения, а также высокая надежность соответствующих цепей.

При подключении АРВ к трансформатору напряжения, имеющему предохранители на первичной стороне:

1) АРВ и другие устройства системы возбуждения, потеря питания которых может привести к перегрузке или недопустимому снижению возбуждения машины, должны присоединяться к их вторичным выводам без предохранителей и автоматических выключателей;

2) устройство релейной форсировки должно выполняться так, чтобы исключалась возможность его ложной работы при перегорании одного из предохранителей с первичной стороны трансформаторов напряжения;

3) АРВ и другие устройства системы возбуждения должны присоединяться к их вторичным выводам через автоматические выключатели;

4) должны быть предусмотрены мероприятия по использованию вспомогательных контактов автоматического выключателя, исключающие перегрузку или недопустимое снижение возбуждения машины в случае отключения автоматического выключателя.

При подключении АРВ к трансформатору напряжения, не имеющему предохранителей на первичной стороне.

К трансформаторам напряжения, к которым подключаются АРВ и другие устройства системы возбуждения, не должны присоединяться другие устройства и приборы. В отдельных случаях допускается присоединение этих устройств и приборов через отдельные автоматические выключатели или предохранители.

783. Устройства АРВ гидрогенераторов должны быть выполнены так, чтобы в случае сброса нагрузки при исправном регуляторе скорости исключалось срабатывание защиты от повышения напряжения. При необходимости устройство АРВ может быть дополнено релейным устройством быстродействующего развозбуждения.

784. Схема устройства релейной форсировки возбуждения должна предусматривать возможность перевода его действия на резервный возбудитель при замене им основного возбудителя.

785. Устройства компаундирования возбуждения должны присоединяться к трансформаторам тока со стороны вывода генератора или синхронного компенсатора (со стороны шин).

786. Для синхронных генераторов и компенсаторов с непосредственным охлаждением, генераторов мощностью 15 МВт и более и компенсаторов мощностью 15 Мвар и более, электростанций и подстанций без постоянного дежурства персонала в помещении щита управления должно быть предусмотрено автоматическое ограничение перегрузки с выдержкой времени, зависящей от кратности перегрузки.

Устройство автоматического ограничения перегрузки не должно препятствовать форсировке возбуждения в течение времени, которое допускается для соответствующего исполнения машины.

787. Для генераторов мощностью 100 МВт и более и для компенсаторов мощностью 100 Мвар и более устанавливаются быстродействующие системы возбуждения с АРВ сильного действия.

В отдельных случаях, определяемых условиями работы электростанции в энергосистеме, допускается устанавливать АРВ другого типа, а также медленнодействующие системы возбуждения.

788. Система возбуждения и устройства АРВ должны обеспечивать устойчивое регулирование в пределах от наименьшего допустимого до наибольшего допустимого

значения тока возбуждения. Для синхронных компенсаторов с нереверсивной системой возбуждения регулирование должно обеспечиваться, начиная от значения тока ротора, практически равного нулю, а для компенсаторов с реверсивной системой возбуждения - от наибольшего допустимого значения отрицательного тока возбуждения.

Для машин, работающих в блоке с трансформаторами, должна быть предусмотрена возможность токовой компенсации потери напряжения в трансформаторе.

789. Генераторы мощностью 2,5 МВт и более гидро- и тепловых электростанций с числом агрегатов четыре и более должны оснащаться общестанционными АСУ технологическими процессами или (при их отсутствии) системами группового управления возбуждением. Эти системы на генераторах тепловых электростанций выполняется в зависимости от схемы, режима и мощности электростанции.

790. Трансформаторы с РПН распределительных подстанций и собственных нужд электростанций, а также линейные регуляторы распределительных подстанций для поддержания или заданного изменения напряжения должны оснащаться системой автоматического регулирования коэффициента трансформации. При необходимости автоматические регуляторы должны обеспечивать встречное регулирование напряжения.

791. Подстанции, на которых предусматривается параллельная работа трансформаторов (автотрансформаторов) с автоматическим регулированием коэффициента трансформации, должны оснащаться общеподстанционной автоматизированной системой управления технологическими процессами или системой группового регулирования, исключающей появление недопустимых уравнительных токов между трансформаторами.

792. Конденсаторные установки должны быть оборудованы устройствами автоматического регулирования в соответствии с главой 23 натоящих Правил.

## Параграф 6. Автоматическое регулирование частоты и активной мощности (АРЧМ)

793. Системы автоматического регулирования частоты и активной мощности (АРЧМ) предназначены для:

1) поддержания частоты в энергообъединениях и изолированных энергосистемах в нормальных режимах согласно требованиям на качество электрической энергии;

2) регулирования обменных мощностей энергообъединений и ограничения перетоков мощности по контролируемым внешним и внутренним связям энергообъединений и энергосистем;

3) распределения мощности (в том числе экономичного) между объектами управления на всех уровнях диспетчерского управления (ЕЭС, ОЭС, энергосистемы, электрические станции).

794. Системы АРЧМ должны обеспечивать (при наличии необходимого регулировочного диапазона) на управляемых электростанциях поддержание среднего отклонения частоты от заданного значения в пределах ±0,1 Гц в десятиминутных интервалах и ограничение перетока мощности по контролируемым связям с подавлением не менее чем на 70 % амплитуды колебаний перетока мощности с периодом 2 минуты и более.

795. В систему АРЧМ должны входить:

1) устройства автоматического регулирования частоты, обменной мощности и ограничения перетоков на диспетчерских пунктах;

2) устройства распределения управляющих воздействий от вышестоящих систем АРЧМ между управляемыми электростанциями и устройства ограничения перетоков по контролируемым внутренним связям на диспетчерских пунктах энергосистем;

3) устройства управления активной мощностью на электростанциях, привлекаемых к участию в автоматическом управлении мощностью;

4) датчики перетоков активной мощности и средства телемеханики.

796. Устройства АРЧМ на диспетчерских пунктах должны обеспечивать выявление отклонений фактического режима работы от заданного, формирование и передачу управляющих воздействий для диспетчерских пунктов нижнего уровня управления и для электростанций, привлекаемых к автоматическому управлению мощностью.

797. Устройства автоматического управления мощностью электростанций должны обеспечивать:

1) прием и преобразование управляющих воздействий, поступающих с диспетчерских пунктов вышестоящего уровня управления, и формирование управляющих воздействий на уровне управления электростанций;

2) формирование управляющих воздействий на отдельные агрегаты (энергоблоки);

3) поддержание мощности агрегатов (энергоблоков) в соответствии с полученными управляющими воздействиями.

798. Управление мощностью электростанции должно осуществляться со статизмом по частоте, изменяемым в пределах от 3 до 6%.

799. На гидроэлектростанциях системы управления мощностью должны иметь автоматические устройства, обеспечивающие пуск и останов агрегатов, а при необходимости также перевод агрегатов в режимы синхронного компенсатора и генераторный в зависимости от условий и режима работы электростанций и энергосистемы с учетом имеющихся ограничений в работе агрегатов.

Гидроэлектростанции, мощность которых определяется режимом водотока, оборудовается автоматическими регуляторами мощности по водотоку.

800. Устройства АРЧМ должны допускать оперативное изменение параметров настройки при изменении режимов работы объекта управления, оснащаться элементами сигнализации, блокировками и защитами, предотвращающими неправильные их действия при нарушении нормальных режимов работы объектов управления, при неисправностях в самих устройствах, а также исключающими те действия, которые могут помешать функционированию устройств противоаварийной автоматики.

На тепловых электростанциях устройства АРЧМ должны быть оборудованы элементами, предотвращающими те изменения технологических параметров выше допустимых пределов, которые вызваны действием этих устройств на агрегаты (энергоблоки).

801. Средства телемеханики должны обеспечивать ввод информации о перетоках по контролируемым внутрисистемным и межсистемным связям, передачу управляющих воздействий и сигналов от устройств АРЧМ на объекты управления, а также передачу необходимой информации на вышестоящий уровень управления.

Суммарное значение сигналов в средствах телемеханики и устройствах АРЧМ не должно превышать 5 секунд.

## Параграф 7. Автоматическое предотвращение нарушений устойчивости

802. Устройства автоматического предотвращения нарушений устойчивости энергосистем должны предусматриваться в зависимости от конкретных условий там, где это технически и экономически целесообразно, - для сохранения динамической устойчивости и обеспечения нормативного запаса статической устойчивости в послеаварийных режимах.

Устройства автоматического предотвращения нарушения устойчивости предусматриваются для действия в случаях:

1) отключения линии без повреждения, а также при повреждениях в результате однофазных КЗ при работе основной защиты и ОАПВ в возможных режимах повышенной загрузки электропередач и в ремонтных схемах сети, допускается применение устройств автоматики при этих повреждениях и в нормальных схемах и режимах энергосистемы,

если нарушение устойчивости в результате отказа автоматики не может привести к потере значительной части нагрузки энергосистемы;

2) отключения линий в результате многофазных КЗ при работе основной защиты в нормальной и ремонтной схемах сети, допускается не учитывать наиболее редкие режимы повышенной загрузки электропередач;

3) отказов выключателя с действием УРОВ при КЗ в нормальном режиме работы энергосистемы и в нормальной схеме работы сети;

4) полного разделения энергосистемы на несинхронно работающие части электропередач в нормальном режиме;

5) значительного аварийного дефицита или избытка мощности в одной из соединяемых частей энергообъединения;

6) работы устройств БАПВ или АПВ в нормальных схеме и режиме.

803. Устройства автоматического предотвращения нарушений устойчивости могут воздействовать на:

1) отключение части генераторов гидроэлектростанций и как исключение - генераторов или блоков тепловых электростанций;

2) быстрое снижение или увеличение нагрузки паровыми турбинами в пределах возможностей теплосилового оборудования (без последующего автоматического восстановления прежней нагрузки);

3) отключение (в исключительных случаях) части нагрузки потребителей, легко переносящих кратковременный перерыв электроснабжения (специальное автоматическое отключение нагрузки);

4) деление энергосистем (если указанные выше мероприятия недостаточны);

5) кратковременное быстрое снижение нагрузки паровых турбин (с последующим автоматическим восстановлением прежней нагрузки).

Устройства автоматического предотвращения нарушений устойчивости могут изменять режим работы устройств продольной и поперечной емкостной компенсации и другого оборудования электропередачи, шунтирующих реакторов, автоматических регуляторов возбуждения генераторов. Снижение активной мощности электростанций при повреждениях по пункту 801 настоящих Правил, желательно ограничивать тем объемом и в основном теми случаями, когда это не ведет к действию АЧР в энергосистеме или к другим неблагоприятным последствиям.

804. Интенсивность управляющих воздействий, подаваемых устройствами автоматического предотвращения нарушений устойчивости, должна определяться интенсивностью возмущающего воздействия (сброс передаваемой активной мощности при возникновении КЗ и продолжительность последнего) или переходного процесса, фиксируемых автоматически, а также тяжестью исходного режима, фиксируемой также автоматически или, в исключительных случаях, персоналом.

## Параграф 8. Автоматическое прекращение асинхронного режима

805. Для прекращения асинхронного режима (АР) в случае его возникновения должны в основном применяться устройства автоматики, отличающие асинхронный режим от синхронных качаний, КЗ или других ненормальных режимов работы.

Указанные устройства выполняются так, чтобы они прежде всего способствовали осуществлению мероприятий, направленных на облегчение условий ресинхронизации:

1) быстрому набору нагрузки турбинами или частичному отключению потребителей (в той части энергосистемы, в которой возник дефицит мощности);

2) уменьшению генерирующей мощности путем воздействия на регуляторы скорости турбин или отключения части генераторов (в той части энергосистемы, в которой возник избыток мощности).

Автоматическое разделение энергосистемы в заданных точках применяется после возникновения АР, если указанные мероприятия не приводят к ресинхронизации после прохождения заданного числа циклов качаний, или при длительности асинхронного хода больше заданного предела.

В случаях недопустимости асинхронного режима, опасности или малой эффективности ресинхронизации для прекращения АР необходимо использовать деление с наименьшим временем, при котором обеспечивается устойчивость по другим связям и селективное действие автоматики.

### Параграф 9. Автоматическое ограничение снижения частоты

806. Автоматическое ограничение снижения частоты должно выполняться с таким расчетом, чтобы при любом возможном дефиците мощности в энергообъединении, энергосистеме, энергоузле возможность снижения частоты ниже уровня 45 Гц была исключена полностью, время работы с частотой ниже 47 Гц не превышало 20 секунд, а с частотой ниже 48,5 Гц - 60 секунд.

807. Система автоматического ограничения снижения частоты осуществляет:

1) автоматический частотный ввод резерва;

2) автоматическую частотную разгрузку (АЧР);

3) дополнительную разгрузку;

4) включение питания отключенных потребителей при восстановлении частоты (ЧАПВ);

5) выделение электростанций или генераторов со сбалансированной нагрузкой, выделение генераторов на питание собственных нужд электростанций.

808. Автоматический ввод резерва при снижении частоты должен использоваться в первую очередь, чтобы по возможности уменьшить объем отключения или длительность перерыва питания потребителей, и предусматривает:

1) мобилизацию включенного резерва на тепловых электростанциях;

2) автоматический пуск гидроагрегатов, находящихся в резерве;

3) автоматический переход в активный режим гидрогенераторов, работающих в режиме синхронных компенсаторов;

4) автоматический пуск газотурбинных установок.

809. Автоматическая частотная разгрузка предусматривает отключение потребителей небольшими долями по мере снижения частоты (АЧР I) или по мере увеличения продолжительности существования пониженной частоты (АЧР II).

Устройства АЧР должны устанавливаться, на подстанциях энергосистемы. Допускается их установка непосредственно у потребителей под контролем энергосистемы.

Объемы отключения нагрузки устанавливаются, исходя из обеспечения эффективности при любых возможных дефицитах мощности, очередность отключения выбирается так, чтобы уменьшить ущерб от перерыва электроснабжения, в частности, должно применяться большее число устройств и очередей АЧР, более ответственные потребители должны подключаться к более дальним по вероятности срабатывания очередям.

Действие АЧР должно быть согласовано с работой устройств АПВ и АВР. Недопустимо уменьшение объема АЧР за счет действия устройств АВР или персонала.

810. Устройства дополнительной разгрузки должны применяться в тех энергосистемах или частях энергосистемы, где возможны особенно большие местные дефициты мощности, при которых действие устройств АЧР I оказывается недостаточно эффективным по значению и скорости разгрузки.

Необходимость выполнения дополнительной разгрузки, ее объем, а также факторы, по которым осуществляется ее срабатывание (отключение питающих элементов, сброс активной мощности), определяется энергосистемой.

811. Устройства ЧАПВ используются для уменьшения перерыва питания отключенных потребителей в условиях восстановления частоты в результате реализации резервов генерирующей мощности, ресинхронизации или синхронизации по отключившейся электропередаче.

При размещении устройств и распределении нагрузки по очередям ЧАПВ учитывается степень ответственности потребителей, вероятность их отключения действием АЧР, сложность и длительность неавтоматического восстановления электропитания (исходя из принятого порядка обслуживания объектов). Очередность включения нагрузки от ЧАПВ должна быть обратной по сравнению с принятой для АЧР.

812. Выделение электростанций или генераторов со сбалансированной нагрузкой, выделение генераторов на питание собственных нужд применяется для:

1) сохранения в работе собственных нужд электростанций;

2) предотвращения полного погашения электростанций при отказе или недостаточной эффективности устройств ограничения снижения частоты по пунктам 808 и 810 настоящих Правил;

3) обеспечения питания особо ответственных потребителей;

4) взамен дополнительной разгрузки, когда это технически и экономически целесообразно.

813. Необходимость применения дополнительной разгрузки, объемы отключаемой (при АЧР) и включаемой (при ЧАПВ) нагрузки, уставки по времени, частоте и другим контролируемым параметрам для устройств ограничения снижения частоты определяются при эксплуатации энергосистем.

## Параграф 10. Автоматическое ограничение повышения частоты

814. С целью предотвращения недопустимого повышения частоты на тепловых станциях, которые могут оказаться работающими параллельно с гидроэлектростанциями значительно большей мощности в условиях сброса нагрузки, должны применяться устройства автоматики, действующие при повышении частоты выше 52-53 Гц. Эти устройства должны, в первую очередь, действовать на отключение части генераторов ГЭС. Возможно применение устройств, действующих на отделение ТЭС с нагрузкой, по возможности соответствующей их мощности, от ГЭС.

Кроме того, в узлах энергосистемы, содержащих только ГЭС, должны предусматриваться устройства, ограничивающие аварийное повышение частоты значением 60 Гц за счет отключения части генераторов для обеспечения нормальной работы двигательной нагрузки, а в узлах, содержащих только ТЭС, - устройства, ограничивающие длительное повышение частоты значением, при котором нагрузка энергоблоков не выходит за пределы их регулировочного диапазона.

## Параграф 11. Автоматическое ограничение снижения напряжения

815. Устройства автоматического ограничения снижения напряжения должны предусматриваться с целью исключения нарушения устойчивости нагрузки и возникновения лавины напряжения в послеаварийных условиях работы энергосистемы.

Указанные устройства контролируются, кроме значения напряжения, другие параметры, включая производную напряжения, и воздействуют на форсировку возбуждения синхронных машин, форсировку устройств компенсации, отключение

реакторов и в порядке исключения, при недостаточности сетевых мероприятий и наличии обоснования - на отключение потребителей.

### Параграф 12. Автоматическое ограничение повышения напряжения

816. С целью ограничения длительности воздействия повышенного напряжения на высоковольтное оборудование линий электропередачи, электростанций и подстанций, вызванного односторонним отключением фаз линий, должны применяться устройства автоматики, действующие при повышении напряжения выше 110-130 % номинального, при необходимости - с контролем значения и направления реактивной мощности по линиям электропередачи.

Эти устройства должны действовать с выдержкой времени, учитывающей допустимую длительность перенапряжений и отстроенной от длительности коммутационных и атмосферных перенапряжений и качаний, в первую очередь - на включение шунтирующих реакторов (если таковые имеются на электростанции или подстанции, где зафиксировано повышение напряжения). Если на электростанции или подстанции отсутствуют шунтирующие реакторы, имеющие выключатели, или включение реакторов не приводит к требуемому снижению напряжения, устройства должны действовать на отключение линии, вызвавшей повышение напряжения.

### Параграф 13. Автоматическое предотвращение перегрузки оборудования

817. Устройства автоматического предотвращения перегрузки оборудования предназначены для ограничения длительности такого тока в линиях, трансформаторах, устройствах продольной компенсации, который превышает наибольший длительно допустимый и допускается менее 10-20 минут.

Указанные устройства должны воздействовать на разгрузку электростанций, отключение потребителей и деление системы, а в качестве последней ступени - на отключение перегружающегося оборудования. При этом, должны быть приняты меры по предотвращению нарушений устойчивости и других неблагоприятных последствий.

### Параграф 14. Телемеханика

818. Средства телемеханики (телеуправление, телесигнализация, телеизмерение и телерегулирование) должны применяться для диспетчерского управления территориально рассредоточенными электроустановками, связанными общим режимом работы, и их контроля.

Средства телемеханики применяются также для телепередачи сигналов систем АРЧМ, противоаварийной автоматики и других системных устройств регулирования и управления.

819. Объемы телемеханизации электроустановок должны определяться отраслевыми или ведомственными положениями и устанавливаться совместно с объемами автоматизации. При этом, средства телемеханизации, в первую очередь, должны использоваться для сбора информации о режимах работы, состоянии основного коммутационного оборудования, изменениях при возникновении аварийных режимов или состояний, также для контроля за выполнением распоряжений по производству переключении (плановых, ремонтных, оперативных) или ведению режимов эксплуатационным персоналом.

Для электроустановок без постоянного дежурства персонала объем телемеханизации должен обеспечивать необходимый контроль за состоянием оборудования ПС. На ПС 35 кВ и ниже допускается применение простейшей телесигнализации (аварийно-предупредительная телесигнализация на два или более сигналов).

820. Телеуправление в составе автоматизированных систем управления предприятием должно предусматриваться в объеме, необходимом для решения задач по установлению надежных и экономически выгодных режимов работы электроустановок, работающих в сложных сетях.

Телеуправление должно применяться на объектах без постоянного дежурства персонала. При применении его на объектах с постоянным дежурным персоналом необходимо определять условия приоритета.

Для телеуправляемых электроустановок операции телеуправления, так же как и действие устройств защиты и автоматики, не должны требовать дополнительных оперативных переключении на месте (с выездом или вызовом оперативного персонала).

При использовании телеуправления в составе автоматизированной системы управления предприятием, необходимо учитывать следующее телеуправление обеспечивает более гибкое и оперативное управление ПС в отличие от локальной автоматизации.

821. Телесигнализация должна предусматриваться:

1) для отображения на диспетчерских пунктах положения и состояния основного коммутационного оборудования тех электроустановок, которые находятся в непосредственном оперативном управлении или ведении диспетчерских пунктов, которые имеют существенное значение для режима работы системы энергоснабжения;

2) для ввода информации в диспетчерские информационные системы;

3) для передачи аварийных и предупредительных сигналов.

Телесигнализация с электроустановок, которые находятся в оперативном управлении нескольких диспетчерских пунктов, должна передаваться на вышестоящий диспетчерский пункт путем ретрансляции или отбора с нижестоящего диспетчерского пункта.

Ретрансляция информации на верхние уровни должна быть непрерывной и соответствовать требованиям используемых диспетчерских информационных систем.

Для телесигнализации состояния или положения оборудования электроустановок должен использоваться в качестве датчика один вспомогательный контакт или контакт реле-повторителя.

822. Телеизмерения должны обеспечивать передачу основных электрических или технологических параметров (характеризующих режимы работы отдельных электроустановок), необходимых для установления и контроля оптимальных режимов работы всей системы энергоснабжения в целом, а также для предотвращения или ликвидации возможных аварийных процессов.

Телеизмерения наиболее важных параметров, а также параметров, необходимых для последующей ретрансляции, суммирования или регистрации должны выполняться непрерывными.

Ретрансляция информации на верхние уровни должна быть непрерывной и соответствовать требованиям используемых диспетчерских информационных систем.

Телеизмерения параметров, не требующих постоянного контроля (на линиях и шинах 10 кВ и ниже), должны осуществляться периодически или по вызову.

При выполнении телеизмерений должна учитываться необходимость местного отсчета параметров на контролируемых пунктах.

823. Объемы телемеханизации электроустановок, требования к устройствам телемеханики и каналам связи (тракт телепередачи) при использовании средств телемеханики для целей телерегулирования определяются в части точности, надежности и запаздывания информации проектом автоматического регулирования частоты и потоков мощности в объединенных энергосистемах. Телеизмерения параметров, необходимых для

системы автоматического регулирования частоты и потоков мощности, должны выполняться непрерывными.

Тракт телепередачи, используемый для измерения потоков мощности, а также для передачи сигналов телерегулирования на основные или группу регулирующих электростанций, должен иметь дублированный (независимый) канал телемеханики.

В устройствах телемеханики должны быть предусмотрены защиты, воздействующие на систему автоматического регулирования при различных повреждениях в устройствах или каналах телемеханики.

824. В каждом отдельном случае должна быть рассмотрена целесообразность совместного решения вопросов телемеханизации (особенно при выполнении каналов телемеханики и диспетчерских пунктов) в системах электро-, газо-, водо-, тепло- и воздухоснабжения и уличного освещения, контроля и управления производственными процессами.

825. Для крупных подстанций и электрических станций с большим числом генераторов и при значительных расстояниях от машинного зала, повысительной подстанции и других сооружений электростанции до центрального пункта управления при технической целесообразности необходимо предусматривать средства внутриобъектной телемеханизации. Объемы средств внутриобъектной телемеханизации должны выбираться в соответствии с требованиями технологического управления электростанций, а также с технико-экономическими показателями при конкретном проектировании.

826. При совместном применении различных систем телемеханики на одном диспетчерском пункте операции, производимые диспетчером, должны быть одинаковыми.

827. При применении устройств телемеханики должна быть предусмотрена возможность отключения на месте:

1) одновременно всех цепей телеуправления и телесигнализации при помощи устройств, образующих видимый разрыв цепи;

2) цепей телеуправления и телесигнализации каждого объекта с помощью специальных зажимов, испытательных блоков и других устройств, образующих видимый разрыв цепи.

828. Внешние связи устройств телемеханики должны выполняться в соответствии с требованиями главы 15 настоящих Правил.

829. Электроизмерительные приборы-преобразователи (датчики телеизмерений), являясь стационарными электроизмерительными приборами, должны устанавливаться в соответствии с главой 6 настоящих Правил.

830. В качестве каналов телемеханики используются выделенные каналы, применяемые для других целей, или самостоятельные проводные (кабельные и воздушные, уплотненные и неуплотненные) каналы, высокочастотные каналы по ВЛ и распределительной сети, радио и радиорелейные каналы связи.

Выбор способа организации каналов телемеханики, использование существующих или организация самостоятельных каналов, необходимость резервирования должны определяться технико-экономической целесообразностью и требуемой надежностью.

831. Для рационального использования аппаратуры телемеханики и каналов связи при обеспечении необходимой надежности и достоверности передачи информации допускается:

1) телеизмерение мощности нескольких параллельных линий электропередачи одного напряжения выполнять как одно телеизмерение суммарной мощности;

2) для телеизмерения по вызову на контролируемом пункте применять общие устройства для однородных измерений, а на диспетчерских пунктах - общие приборы для измерений, поступающих с разных контролируемых пунктов, при этом, должна быть исключена возможность одновременной передачи или приема измерений;

3) для сокращения объема телеизмерений рассматривать возможность замены их телесигнализацией предельных значений контролируемых параметров или устройствами сигнализации и регистрации отклонений параметров от установленной нормы;

4) для одновременной передачи непрерывных телеизмерений и телесигнализации использовать комплексные устройства телемеханики;

5) работа одного передающего устройства телемеханики на несколько диспетчерских пунктов, а также одного устройства телемеханики диспетчерского пункта на несколько контролируемых пунктов, в частности, для сбора информации в городских и сельских распределительных сетях;

6) ретрансляция на диспетчерский пункт предприятия электросетей с диспетчерских пунктов участков электрифицированных железных дорог телесигнализации и телеизмерений с тяговых подстанций.

832. Питание устройств телемеханики (как основное, так и резервное) на диспетчерских и контролируемых пунктах должно осуществляться совместно с питанием аппаратуры каналов связи и телемеханики.

Резервное питание устройств телемеханики на контролируемых пунктах с оперативным переменным током должно предусматриваться при наличии источников резервирования (другие секции систем шин, резервные вводы, аккумуляторные батареи устройств каналов связи, трансформаторы напряжения на вводах, отбор от конденсаторов связи). Если резервные источники питания для каких-либо других целей не предусматриваются, то резервирование питания устройств телемеханики не должно предусматриваться. Резервное питание устройств телемеханики на контролируемых пунктах, имеющих аккумуляторные батареи оперативного тока, должно осуществляться через преобразователи. Резервное питание устройств телемеханики, установленных на диспетчерских пунктах объединенных энергосистем и предприятий электросетей, должно осуществляться от независимых источников (аккумуляторной батареи с преобразователями постоянного тока в переменный, двигателя-генератора внутреннего сгорания) совместно с устройствами каналов связи и телемеханики.

Переход на работу от источников резервного питания при нарушении электроснабжения основных источников должен быть автоматизирован. Необходимость резервирования питания на диспетчерских пунктах промышленных предприятий должна определяться в зависимости от требований по обеспечению надежности энергоснабжения.

833. Вся аппаратура и панели телемеханики должны иметь маркировку и устанавливаться в местах, удобных для эксплуатации.

834. Для организации диспетчерского управления и передачи данных между различными уровнями диспетчерских пунктов и подстанциями согласно действующей структуре управления энергосистемой необходимо организовывать диспетчерские каналы связи и выделенные каналы передачи данных с соответствующими техническими характеристиками.

Необходимо организовывать не менее двух каналов связи для передачи данных в следующих случаях:

1) каналы с Центром диспетчерского управления единой электроэнергетической системы Республики Казахстан;

2) каналы с диспетчерским центром рыночного оператора электрической мощности и энергии Республики Казахстан;

3) каналы между энергосистемами (национального и регионального значения);

4) каналы с ПС 220 кВ и выше;

5) каналы с ПС 110 кВ системного назначения;

6) каналы с производителем электроэнергии свыше 10 МВт;

7) каналы с потребителем электроэнергии с мощностью более 5 МВт;

8) каналы с энергоцентрами потребителей электроэнергии, чьи линии электропередачи имеют системное значение;

9) каналы с ПС 110кВ не системного назначения (тупиковые), с суммарной нагрузкой менее 5 МВт;

10) каналы с ПС 35 кВ и ниже;

11) каналы с производителем электроэнергии ниже 10 МВт;

12) каналы с потребителем электроэнергии с мощностью менее 5 МВт;

13) каналы с энергоцентрами потребителей электроэнергии, чьи линии электропередачи не имеют системного значения.

При необходимости организуются резервные каналы средствами радио и спутниковой связи.

Окончательное решение должно определяться в зависимости от требований по обеспечению надежности энергоснабжения.

Возможна организация канала средствами радио и спутниковой связи.

## Параграф 15. Вторичные цепи

835. Настоящая глава Правил распространяется на вторичные цепи (цепи управления, сигнализации, контроля, автоматики и релейной защиты) электроустановок.

836. Рабочее напряжение вторичных цепей присоединения, которое не имеет связи с другими присоединениями и аппаратура которого расположена отдельно от аппаратуры других присоединений, должно быть не выше 1 кВ. Во всех остальных случаях рабочее напряжение вторичных цепей должно быть не выше 500 В.

837. На электростанциях и подстанциях для вторичных цепей применяются контрольные кабели с алюминиевыми жилами из полутвердого алюминия. Контрольные кабели с медными жилами применяются только во вторичных цепях:

1) электростанций с генераторами мощностью более 100 МВт при этом, на электростанциях для вторичной коммутации и освещения объектов химводоочистки, очистных, инженерно-бытовых и вспомогательных сооружений, механических мастерских и пусковых котельных применяются контрольные кабели с алюминиевыми жилами;

2) подстанций с высшим напряжением 330 кВ и выше, а также подстанций, включаемых в межсистемные транзитные линии электропередачи;

3) дифференциальных защит шин и устройств резервирования отказа выключателей 110-220 кВ, а также средств системной противоаварийной автоматики;

4) технологических защит тепловых электростанций;

5) с рабочим напряжением не выше 60 В при диаметре жил кабелей и проводов до 1 мм;

6) размещаемых во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia электростанций и подстанций;

7) в электроустановках или их частях, размещаемых на почвах, которые обладают агрессивным воздействием на алюминий жил контрольных кабелей.

На промышленных предприятиях для вторичных цепей применяются контрольные кабели с алюмомедными или алюминиевыми жилами из полутвердого алюминия. Контрольные кабели с медными жилами применяются только во вторичных цепях, размещаемых во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia, во вторичных цепях механизмов доменных и конвертерных цехов, главной линии обжимных и непрерывных высокопроизводительных прокатных станов, электроприемников особой группы I категории, а также во вторичных цепях с рабочим напряжением не выше 60 В при диаметре жил кабелей и проводов до 1 мм.

838. По условию механической прочности:

1) жилы контрольных кабелей для присоединения под винт к зажимам панелей и аппаратов должны иметь сечения не менее 1,5 мм$^2$(а при применении специальных

зажимов - не менее 1,0 мм$^2$) для меди и 2,5 мм$^2$ для алюминия; для токовых цепей - 2,5 мм$^2$ для меди и 4 мм$^2$ для алюминия для неответственных вторичных цепей, для цепей контроля и сигнализации допускается присоединение под винт кабелей с медными жилами сечением 1 мм$^2$;

2) в цепях с рабочим напряжением 100 В и выше сечение медных жил кабелей, присоединяемых пайкой, должно быть не менее 0,5 мм$^2$;

3) в цепях с рабочим напряжением 60 В и ниже диаметр медных жил кабелей, присоединяемых пайкой, должен быть не менее 0,5 мм. В устройствах связи, телемеханики и им подобных линейные цепи присоединяются к зажимам под винт.

Присоединение однопроволочных жил (под винт или пайкой) допускается осуществлять только к неподвижным элементам аппаратуры. Присоединение жил к подвижным или выемным элементам аппаратуры (втычным соединителям, выемным блокам), а также к панелям и аппаратам, подверженным вибрации, выполняется гибкими (многопроволочными) жилами.

839. Сечение жил кабелей и проводов должно удовлетворять требованиям их защиты от КЗ без выдержки времени, допустимых длительных токов согласно главы 3 настоящих Правил, термической стойкости (для цепей, идущих от трансформаторов тока), а также обеспечивать работу аппаратов в заданном классе точности. При этом, должны быть соблюдены следующие условия:

1) трансформаторы тока совместно с электрическими цепями должны работать в классе точности:

для счетчиков коммерческого учета - по главе 5 настоящих Правил;

для измерительных преобразователей мощности, используемых для ввода информации в вычислительные устройства, - по главе 5 настоящих Правил, как для счетчиков технического учета;

для щитовых приборов и измерительных преобразователей тока и мощности, используемых для всех видов измерений, - не ниже класса точности 3;

для защиты - в пределах 10%-ной погрешности;

2) для цепей напряжения потери напряжения от трансформатора напряжения при условии включения всех защит и приборов должны составлять до:

счетчиков коммерческого учета и измерительных преобразователей мощности, используемых для ввода информации в вычислительные устройства, - не более 0,5 %;

счетчиков коммерческого учета межгосударственных, межсистемных линий электропередачи и линий напряжением 500 кВ и выше - не более 0,2 %;

счетчиков технического учета - не более 0,5 %;

щитовых приборов и датчиков мощности, используемых для всех видов измерений, - не более 1,5 %;

панелей защиты и автоматики - не более 3 %.

При совместном питании указанных нагрузок по общим жилам их сечение должно быть выбрано по минимальной из допустимых норм потери напряжения;

3) для цепей оперативного тока потери напряжения от источника питания должны составлять до:

панели устройства или до электромагнитов управления, не имеющих форсировки - не более 10 % при наибольшем токе нагрузки;

электромагнитов управления, имеющих трехкратную и большую форсировку, - не более 25 % при форсировочном значении тока;

4) для цепей напряжения устройств АРВ потеря напряжения от трансформатора напряжения до измерительного органа должна составлять не более 1 %.

840. В одном контрольном кабеле допускается объединение цепей управления, измерения, защиты и сигнализации постоянного и переменного тока, а также силовых цепей, питающих электроприемники с током не более 5 А.

Во избежание увеличения индуктивного сопротивления жил кабелей разводку вторичных цепей трансформаторов тока и напряжения необходимо выполнять так, чтобы сумма токов этих цепей в каждом кабеле была равна нулю в любых режимах.

Допускается применение общих кабелей для цепей разных присоединений, за исключением взаимно резервируемых.

841. Кабели, присоединяются к сборкам зажимов. Присоединение двух медных жил кабеля под один винт и двух алюминиевых жил не допускается.

К выводам измерительных трансформаторов или отдельным аппаратам кабели допускается присоединять непосредственно.

Исполнение зажимов должно соответствовать материалу и сечению жил кабелей.

842. Соединение контрольных кабелей с целью увеличения их длины допускается, если длина трассы превышает строительную длину кабеля. Соединение кабелей, имеющих металлическую оболочку, осуществляется с установкой герметичных муфт.

Кабели с неметаллической оболочкой или с алюминиевыми жилами соединяются на промежуточных рядах зажимов или с помощью специальных муфт, предназначенных для данного типа кабелей.

843. Кабели вторичных цепей, жилы кабелей и провода, присоединяемые к сборкам зажимов или аппаратам, должны иметь маркировку.

844. Типы проводов и кабелей для вторичных цепей, способы их прокладки и защиты выбираются с учетом требований глав 10 и 15 настоящих Правил в той части, в какой они не изменены настоящей главой. При прокладке проводов и кабелей по горячим поверхностям или в местах, где изоляция может подвергаться воздействию масел и других агрессивных сред, применяются специальные провода и кабели.

Провода и жилы кабеля, имеющие несветостойкую изоляцию, должны быть защищены от воздействия света.

845. Кабели вторичных цепей трансформаторов напряжения 110 кВ и выше, прокладываемые от трансформатора напряжения до щита, должны иметь металлическую оболочку или броню, заземленную с обеих сторон. Кабели в цепях основных и дополнительных обмоток одного трансформатора напряжения 110 кВ и выше по всей длине трассы прокладывается рядом. Для цепей приборов и устройств, чувствительных к наводкам от других устройств или проходящих рядом цепей, должны быть применены экранированные провода, а также контрольные кабели с общим экраном или кабели с экранированными жилами.

846. Монтаж цепей постоянного и переменного тока в пределах щитовых устройств (панели, пульты, шкафы, ящики), а также внутренние схемы соединений приводов выключателей, разъединителей и других устройств по условиям механической прочности должны быть выполнены проводами или кабелями с медными жилами сечением не менее для:

1) однопроволочных жил, присоединяемых винтовыми зажимами, 1,5 мм$^2$;

2) однопроволочных жил, присоединяемых пайкой, 0,5 мм$^2$;

3) многопроволочных жил, присоединяемых пайкой или под винт с помощью специальных наконечников, 0,35 мм$^2$, в технически обоснованных случаях допускается применение проводов с многопроволочными медными жилами, присоединяемыми пайкой, сечением менее 0,35 мм$^2$, но не менее 0,2 мм$^2$;

4) жил, присоединяемых пайкой в цепях напряжением не выше 60 В (диспетчерские щиты и пульты, устройства телемеханики), - 0,197 мм$^2$ (диаметр - не менее 0,5 мм).

Присоединение однопроволочных жил (под винт или пайкой) допускается осуществлять только к неподвижным элементам аппаратуры. Присоединение жил к подвижным или выемным элементам аппаратуры (разъемным соединителям, выемным блокам) выполняются гибкими (многопроволочными) жилами.

Механические нагрузки на места пайки проводов не допускаются.

Для переходов на дверцы устройств должны быть применены многопроволочные провода сечением не менее 0,5 мм$^2$ допускается также применение проводов с однопроволочными жилами сечением не менее 1,5 мм$^2$ при условии, что жгут проводов работает только на кручение.

Сечение проводов на щитовых устройствах и других изделиях заводского изготовления определяется требованиями их защиты от КЗ без выдержки времени, допустимых токовых нагрузок согласно главы 3 настоящих Правил, а для цепей, идущих от трансформаторов тока, кроме того, и термической стойкостью. Для монтажа применяются провода и кабели с изоляцией, не поддерживающей горение.

Применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами для внутреннего монтажа щитовых устройств не допускается.

847. Соединения аппаратов между собой в пределах одной панели выполняютя, непосредственно без выведения соединяющих проводов на промежуточные зажимы.

На зажимы или испытательные блоки должны быть выведены цепи, в которые требуется включать испытательные и проверочные аппараты и приборы. Также выводятся на ряд зажимов цепи, переключение которых требуется для изменения режима работы устройства.

848. Промежуточные зажимы устанавливаются только там, где:

1) провод переходит в кабель;

2) объединяются одноименные цепи (сборка зажимов цепей отключения, цепей напряжения);

3) требуется включать переносные испытательные и измерительные аппараты, если нет испытательных блоков или аналогичных устройств;

4) несколько кабелей переходит в один кабель или перераспределяются цепи различных кабелей.

849. Зажимы, относящиеся к разным присоединениям или устройствам, должны быть выделены в отдельные сборки зажимов.

На рядах зажимов не должны находиться в непосредственной близости один от другого зажимы, случайное соединение которых может вызвать включение или отключение присоединения или КЗ в цепях оперативного тока или в цепях возбуждения.

При размещении на панели (в шкафу) аппаратуры, относящейся к разным видам защит или других устройств одного присоединения, подача питания от полюсов оперативного тока через сборки зажимов, а также разводка этих цепей по панели должны быть выполнены независимо для каждого вида защит или устройств. Если в цепях отключения от отдельных комплектов защит не предусматриваются накладки, то присоединение этих цепей к выходному реле защиты или цепям отключения выключателя осуществляются через отдельные зажимы сборки зажимов при этом, соединения по панели указанных цепей выполняются независимо для каждого вида защит.

850. Для проведения эксплуатационных проверок и испытаний в цепях защиты и автоматики предусматриваются испытательные блоки или измерительные зажимы, обеспечивающие (за исключением случаев, оговоренных в пункте 840настоящих Правил) без отсоединения проводов и кабелей отключение от источника оперативного тока, трансформаторов напряжения и тока с возможностью предварительного закорачивания токовых цепей, присоединение испытательных аппаратов для проверки и наладки устройств.

Устройства релейной защиты и автоматики, периодически выводимые из работы по требованиям режима сети, условиям селективности и другим причинам, должны иметь специальные приспособления для вывода их из работы оперативным персоналом.

851. Сборки зажимов, вспомогательные контакты выключателей и разъединителей и аппараты должны устанавливаться, а заземляющие проводники монтироваться так, чтобы была обеспечена доступность и безопасность обслуживания сборок и аппаратов вторичных цепей без снятия напряжения с первичных цепей напряжением выше 1 кВ.

852. Изоляция аппаратуры, применяемой во вторичных цепях, должна соответствовать нормам, определяемым рабочим напряжением источника (или разделительного трансформатора), питающего данные цепи.

Контроль изоляции цепей оперативного постоянного и переменного тока предусматривается на каждом независимом источнике (включая разделительные трансформаторы), не имеющем заземления.

Устройство контроля изоляции должно обеспечивать подачу сигнала при снижении изоляции ниже установленного значения, а на постоянном токе - также измерение значения сопротивления изоляции полюсов. Контроль изоляции допускается не выполнять при неразветвленной сети оперативного тока.

853. Питание оперативным током вторичных цепей каждого присоединения осуществляется через отдельные предохранители или автоматические выключатели (применение последних предпочтительно).

Питание оперативным током цепей релейной защиты и управления выключателями каждого присоединения должно предусматриваться, через отдельные автоматические выключатели или предохранители, не связанные с другими цепями (сигнализация, электромагнитная блокировка). Допускается совместное питание цепей управления и ламп сигнализации положения управляемого аппарата.

Для присоединений напряжением 110 кВ и выше, для генераторов (блоков) мощностью 60 МВт и более должно быть предусмотрено раздельное питание оперативным током (от разных предохранителей, автоматических выключателей) основных и резервных защит.

При последовательном включении автоматических выключателей и предохранителей последние должны быть установлены перед автоматическими выключателями (со стороны источника питания).

854. Устройства релейной защиты, автоматики и управления ответственных элементов должны иметь постоянно действующий контроль состояния цепей питания оперативным током. Контроль может осуществляться применением отдельных реле или ламп либо при помощи аппаратов, предусматриваемых для контроля исправности цепи последующей операции коммутационных аппаратов с дистанционным управлением или устройств контроля состояния микропроцессорных приборов защиты и автоматики.

Для менее ответственных устройств контроль питания может осуществляться подачей сигнала об отключенном положении автоматического выключателя в цепи оперативного тока.

Контроль исправности цепи последующей операции должен быть выполнен при наличии в ней вспомогательного контакта коммутационного аппарата. При этом, контроль исправности цепи отключения должен быть выполнен во всех случаях, а контроль исправности цепи включения - на выключателях ответственных элементов, короткозамыкателей и на аппаратах, включаемых под действием устройств автоматического ввода резерва (АВР) или телеуправления.

Если параметры цепей включения привода не обеспечивают возможность контроля исправности этой цепи, контроль не выполняется.

855. В электроустановках, должна быть обеспечена автоматическая подача сигнала о нарушении нормального режима работы и о возникновении каких-либо неисправностей.

Проверка исправности этой сигнализации должна быть предусмотрена периодическим ее опробованием.

В электроустановках, работающих без постоянного дежурства персонала, должна быть обеспечена подача сигнала в пункт нахождения персонала.

856. Цепи оперативного тока, в которых возможна ложная работа различных устройств от перенапряжения при работе электромагнитов включения или других аппаратов, а также при замыканиях на землю, должны быть защищены.

857. Заземление во вторичных цепях трансформаторов тока предусматривается в одной точке на ближайшей от трансформаторов тока сборке зажимов или на зажимах трансформаторов тока.

Для защит, объединяющих несколько комплектов трансформаторов тока, заземление должно быть предусмотрено также в одной точке, в этом случае допускается заземление через пробивной предохранитель с пробивным напряжением не выше 1 кВ с шунтирующим сопротивлением 100 Ом для стекания статического заряда.

Вторичные обмотки промежуточных разделительных трансформаторов тока допускается не заземлять.

858. Вторичные обмотки трансформатора напряжения должны быть заземлены соединением нейтральной точки или одного из концов обмотки с заземляющим устройством.

Заземление вторичных обмоток трансформатора напряжения выполняется, на ближайшей от трансформатора напряжения сборке зажимов или на зажимах трансформатора напряжения.

Допускается объединение заземляемых вторичных цепей нескольких трансформаторов напряжения одного распределительного устройства общей заземляющей шинкой. Если указанные шинки относятся к разным распределительным устройствам и находятся в разных помещениях (релейные щиты распределительных устройств различных напряжений), то эти шинки, не соединяют между собой.

Для трансформаторов напряжения, используемых в качестве источников оперативного переменного тока, если не предусматривается рабочее заземление одного из полюсов сети оперативного тока, защитное заземление вторичных обмоток трансформаторов напряжения должно быть осуществлено через пробивной предохранитель.

859. Трансформаторы напряжения должны быть защищены от КЗ во вторичных цепях автоматическими выключателями. Автоматические выключатели устанавливаются во всех незаземленных проводниках после сборки зажимов, за исключением цепи нулевой последовательности (разомкнутого треугольника) трансформаторов напряжения в сетях с большими токами замыкания на землю.

Для неразветвленных цепей напряжения автоматические выключатели допускается не устанавливать.

Во вторичных цепях трансформатора напряжения должна быть обеспечена возможность создания видимого разрыва (рубильники, разъемные соединители).

Установка устройств, которыми может быть создан разрыв проводников между трансформатором напряжения и местом заземления его вторичных цепей, не допускается.

860. На трансформаторах напряжения, установленных в сетях с малыми токами замыкания на землю без компенсации емкостных токов (на генераторном напряжении блока генератор - трансформатор, на напряжении собственных нужд электростанций и подстанций), при необходимости предусматривается защита от перенапряжений при самопроизвольных смещениях нейтрали. Защита может быть осуществлена включением активных сопротивлений в цепь разомкнутого треугольника.

861. Во вторичных цепях линейных трансформаторов напряжения 220 кВ и выше должно быть предусмотрено резервирование от другого трансформатора напряжения.

Допускается выполнение взаимного резервирования между линейными трансформаторами напряжения при достаточной их мощности по вторичной нагрузке.

862. Трансформаторы напряжения должны иметь контроль исправности цепей напряжения.

Релейная защита, цепи которой питаются от трансформаторов напряжения, должна быть оборудована устройствами, указанными в пункте 604 настоящих правил.

Независимо от наличия или отсутствия в цепях защиты указанных устройств должны быть предусмотрены сигналы:

1) при отключении автоматических выключателей - с помощью вспомогательных контактов;

2) при нарушениях работы реле-повторителей шинных разъединителей - с помощью устройств контроля обрыва цепей управления и реле-повторителей;

3) для трансформаторов напряжения, в цепи обмоток высшего напряжения которых установлены предохранители, при нарушении целостности предохранителей - с помощью центральных устройств.

863. Вторичные цепи микропроцессорных (МП) устройств релейной защиты и автоматики, электроизмерительных комплексов и приборов, применяемых в электроустановках (подстанциях) с напряжением 110 кВ и выше, а также на электроустановках (распределительных устройствах) 35 кВ и ниже, электроустановок (подстанций), на которых имеется напряжение 110 кВ и выше, должны выполняться в соответствии с требованиями к подключению указанных устройств заводов-изготовителей.

Указанное относится ко входным цепям тока и напряжения, цепям дискретных входов и выходов и другим цепям МП устройств.

864. В местах, подверженных сотрясениям и вибрациям, должны быть приняты меры против нарушения контактных соединений проводов, ложного срабатывания реле, а также против преждевременного износа аппаратов и приборов.

865. Панели должны иметь надписи с обслуживаемых сторон, указывающие присоединения, к которым относится панель, ее назначение, порядковый номер панели в щите, а установленная на панелях аппаратура должна иметь надписи или маркировку согласно схемам.

## Раздел 3. Распределительные устройства и подстанции

## 15. Распределительные устройства напряжением до 1 кВ переменного тока и до 1,5 кВ постоянного тока

### Параграф 1. Область применения

866. Выбор проводов, шин, аппаратов, приборов и конструкций должен производиться как по нормальным условиям работы (соответствие рабочему напряжению и току, классу точности), так и по условиям работы при КЗ (термические и динамические воздействия, коммутационная способность).

867. Распределительные устройства должны иметь четкие надписи, указывающие назначение отдельных цепей и панелей.

Надписи должны выполняться на лицевой стороне устройства, а при обслуживании с двух сторон - также на задней стороне устройства, а также согласно требованиями предусмотренных главой 15 настоящих Правил.

868. Относящиеся к цепям различного рода тока и различных напряжений части РУ должны быть выполнены и размещены так, чтобы была обеспечена возможность их четкого распознавания.

869. Взаимное расположение фаз и полюсов в пределах всего устройства должно быть, одинаковым. Шины должны иметь окраску, предусмотренную в главе 1 настоящих Правил.

В РУ должна быть обеспечена возможность установки переносных защитных заземлений.

870. Все металлические части РУ должны быть окрашены или иметь другое антикоррозийное покрытие.

871. Заземление должно быть выполнено в соответствии с главой 7 настоящих Правил.

## Параграф 2. Установка приборов аппаратов

872. Аппараты и приборы располагаются так, чтобы возникающие в них при эксплуатации искры или электрические дуги не могли причинить вреда обслуживающему персоналу, воспламенить или повредить окружающие предметы, вызвать КЗ или замыкание на землю.

873. Аппараты рубящего типа должны устанавливаться так, чтобы они не могли замкнуть цепь самопроизвольно, под действием силы тяжести. Подвижные токоведущие части их в отключенном состоянии, не должны быть под напряжением.

874. Рубильники с непосредственным ручным управлением (без привода), предназначенные для включения и отключения тока нагрузки и имеющие контакты, обращенные к оператору, должны быть защищены несгораемыми кожухами без отверстий и щелей. Указанные рубильники, предназначенные лишь для снятия напряжения, допускается устанавливать открыто при условии, что они будут недоступны для неквалифицированного персонала.

875. На приводах коммутационных аппаратов должны быть четко указаны положения «Включено» и «Отключено».

876. Должна быть предусмотрена возможность снятия напряжения с каждого автоматического выключателя на время его ремонта или демонтажа. Для этой цели в необходимых местах должны быть установлены рубильники или другие отключающие аппараты.

Отключающий аппарат перед выключателем каждой отходящей от РУ линии предусматривать не требуется в электроустановках:

1) с выдвижными выключателями;

2) со стационарными выключателями, в которых на время ремонта или демонтажа данного выключателя допустимо снятие напряжения общим аппаратом с группы выключателей или со всего распределительного устройства;

3) со стационарными выключателями, если обеспечена возможность безопасного демонтажа выключателей под напряжением с помощью изолированного инструмента.

Для указанных отключающих аппаратов специальный привод предусматривать не требуется.

877. Резьбовые (пробочные) предохранители должны устанавливаться так, чтобы питающие провода присоединялись к контактному винту, а отходящие к электроприемникам - к винтовой гильзе.

## Параграф 3. Шины, провода, кабели

878. Между неподвижно укрепленными неизолированными токоведущими частями разной полярности, а также между ними и неизолированными нетоковедущими металлическими частями должны быть обеспечены расстояния не менее, 20 мм по поверхности изоляции и 12 мм по воздуху. От неизолированных токоведущих частей до ограждений должны быть обеспечены расстояния не менее, 100 мм при сетках и 40 мм при сплошных съемных ограждениях.

879. В пределах панелей, щитов и шкафов, установленных в сухих помещениях, незащищенные изолированные провода с изоляцией, рассчитанной на рабочее напряжение не ниже 660 В, прокладываются по металлическим, защищенным от коррозии поверхностям и притом вплотную один к другому. В этих случаях для силовых цепей

должны применяться снижающие коэффициенты на токовые нагрузки, приведенные в главе 3 настоящих Правил.

880. Заземленные неизолированные провода и шины могут быть проложены и без изоляции.

881. Электропроводки цепей управления, измерения должны соответствовать требованиям главе 15 настоящих Правил. Прокладка кабелей должна соответствовать требованиям главы 10 настоящих Правил.

## Параграф 4. Кострукции распределительных устройств

882. Корпуса панелей должны быть выполнены из несгораемых материалов, а конструкции кожухов и других частей устройств из несгораемых или трудносгораемых материалов. Это требование не распространяется на диспетчерские и им подобные пульты управления.

883. Распределительные устройства должны быть выполнены так, чтобы вибрации, возникающие при действии аппаратов, а также от сотрясений, вызванных внешними воздействиями, не нарушали контактных соединений и не вызывали разрегулировки аппаратов и приборов.

884. Поверхности гигроскопических изоляционных плит, на которых непосредственно монтируются неизолированные токоведущие части, должны быть защищены от проникновения в них влаги (пропиткой, окраской).

В устройствах, устанавливаемых в сырых и особо сырых помещениях и открытых установках, применение гигроскопических изоляционных материалов (мрамора, асбестоцемента) не допускается.

В помещениях пыльных, сырых, особо сырых и на открытом воздухе устанавливаются распределительные устройства, надежно защищенные от отрицательного воздействия окружающей среды.

## Параграф 5. Установка распределительных устройств в электропомещениях

885. В электропомещениях проходы обслуживания, находящиеся с лицевой или с задней стороны щита, должны соответствовать следующим требованиям:

1) ширина проходов в свету должна быть не менее 0,8 м, высота проходов в свету - не менее 1,9 м. В проходах не должны находиться предметы, которые могли бы стеснять передвижение людей и оборудования. В отдельных местах проходы стесняются выступающими строительными конструкциями, однако ширина прохода в этих местах должна быть не менее 0,6 м;

2) расстояния от наиболее выступающих неогражденных неизолированных токоведущих частей, расположенных на доступной высоте (менее 2,2 м) по одну сторону прохода, до противоположной стены или оборудования, не имеющего неогражденных неизолированных токоведущих частей, должны быть не менее: при напряжении ниже 660 В - 1,0 м при длине щита до 7 м и 1,2 м при длине щита более 7 м, при напряжении 660 В и выше - 1,5 м. Длиной щита в данном случае называется длина прохода между двумя рядами сплошного фронта панелей (шкафов) или между одним рядом и стеной;

3) расстояния между неогражденными неизолированными токоведущими частями, расположенными на высоте менее 2,2 м по обе стороны прохода, должны быть не менее, 1,5 м при напряжении ниже 660 В, 2,0 м при напряжении 660 В и выше;

4) неизолированные токоведущие части, находящиеся на расстояниях, меньших приведенных в подпунктах 2) и 3) настоящего пункта, должны быть ограждены;

5) неогражденные неизолированные токоведущие части, размещаемые над проходами, должны быть расположены на высоте не менее 2,2 м;

6) ограждения, размещаемые над проходами, должны быть расположены на высоте не менее 1,9 м.

886. В качестве ограждения неизолированных токоведущих частей могут служить сетки с размерами ячеек не более 25 х 25 мм, а также сплошные или смешанные ограждения.

Высота ограждений должна быть не менее 1,7 м.

Проходы обслуживания щитов при длине щита более 7 м должны иметь два выхода. Выходы из проходов с монтажной стороны щита выполняются как в щитовое помещение, так и в другие помещения. При ширине прохода обслуживания более 3 м и отсутствии маслонаполненных аппаратов второй выход не обязателен.

Двери из помещений РУ должны открываться в сторону других помещений (за исключением помещений РУ выше 1 кВ переменного тока и выше 1,5 кВ постоянного тока) или наружу и иметь самозапирающиеся замки, отпираемые без ключа с внутренней стороны помещения.

Ширина дверей должна быть не менее 0,75 м, высота - не менее 1,9 м.

## Параграф 6. Установка распределительных устройств в производственных помещениях

887. Распределительные устройства, установленные в помещениях, доступных для неинструктированного персонала, должны иметь токоведущие части, закрытые сплошными ограждениями.

В случае применения РУ с открытыми токоведущими частями оно должно быть ограждено. При этом, ограждение должно быть сетчатым, сплошным или смешанным высотой не менее 1,7 м. Расстояние от сетчатого ограждения до неизолированных токоведущих частей устройства должно быть не менее 0,7 м, а от сплошных - в соответствии с пунктом 880 настоящих Правил. Ширина проходов принимается в соответствии с требованиями, приведенными в пункте 885 настоящих Правил.

888. Оконцевание проводов и кабелей должно быть выполнено так, чтобы оно находилось внутри устройства.

889. Съемные ограждения должны укрепляться так, чтобы их удаление было невозможно без применения инструмента. Дверцы должны запираться на ключ.

890. Установка комплектных распределительных устройств и подстанций (КРУ, КТП) должна соответствовать требованиям, приведенным в главе 17 настоящих Правил для КРУ и КТП выше 1 кВ.

## Параграф 7. Установка распределительных устройств на открытом воздухе

891. При установке распределительных устройств на открытом воздухе необходимо соблюдать следующие требования:

1) устройство должно быть расположено на спланированной площадке на высоте не менее 0,2 м от уровня планировки и должно иметь конструкцию, соответствующую условиям окружающей среды. В районах, где наблюдаются снежные заносы высотой 1 м и более, шкафы устанавливаются на повышенных фундаментах;

2) в шкафах должен быть предусмотрен местный подогрев для обеспечения нормальной работы аппаратов, реле, измерительных приборов и приборов учета.

## 16. Распределительные устройства и подстанции напряжением выше 1 кВ

### Параграф 1. Область применения.

892. Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:

1) вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или другие сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов) приводят к повреждению оборудования и возникновению КЗ или замыканию на землю, а также причиняют вред обслуживающему персоналу;

2) при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ;

3) при снятом напряжении с какой-либо цепи относящиеся к ней аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному осмотру, замене и ремонтам без нарушения нормальной работы соседних цепей;

4) была обеспечена возможность удобного транспортирования оборудования.

Требования подпункта 3) настоящего пункта не распространяются на РУ типа сборок выше 1 кВ в подстанциях, ремонт которых производится при отключении всего РУ.

893. При использовании открытых ножевых разъединителей или открытых ножевых отделителей для отключения и включения тока ненагруженных трансформаторов, зарядного или уравнительного тока линий электропередачи, тока замыкания на землю расстояния между токоведущими частями и от токоведущих частей до земли должны соответствовать требованиям настоящей главы и специальных директивных документов, утвержденных в установленном порядке.

894. Выбор аппаратов, проводников и изоляторов по условиям КЗ должен производиться в соответствии с главой 4 настоящих Правил.

895. Конструкции, на которых установлено и закреплено указанное в пункте 893 настоящих Правил электрооборудование, должны выдерживать нагрузки и воздействия от веса оборудования, ветра, гололеда, а также возникающие при КЗ.

Строительные конструкции, находящиеся вблизи токоведущих частей и доступные для прикосновения персонала, не должны нагреваться от воздействия электрического тока до температуры 50° С и выше; недоступные для прикосновения - до 70° С и выше.

Конструкции не проверяются на нагрев, если по находящимся вблизи них токоведущим частям проходит переменный ток 1000 А и менее.

896. Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, отделителей, предохранителей, трансформаторов тока, трансформаторов напряжения) каждой цепи от сборных шин, а также от других источников напряжения.

Указанное требование не распространяется на РУ в исполнении КРУЭ, шкафы КРУ и КРУН с выкатными тележками или выдвижными блоками выключателей, не требующие технического обслуживания в течение всего срока эксплуатации шкафы КРУ с заполненными элегазом герметичными высоковольтными отсеками, высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, разрядники и ограничители перенапряжений, устанавливаемые на выводах трансформаторов и на отходящих линиях, а также на силовые трансформаторы с кабельными вводами.

В отдельных обоснованных случаях допускается установка выключателей 35-110 кВ и комбинированных выключателей напряжением 110-500 кВ без аппаратов, создающих видимый разрыв (без разъединителей). При этом, конструкция выключателя должна

обеспечивать надежную механическую связь между указателем положения и механизмом срабатывания включателя. Для создания видимого разрыва в этом случае необходимо отсоединять шлейфы ошиновки со стороны возможной подачи напряжения.

В отдельных случаях, обусловленных конструктивными или схемными соображениями, допускается устанавливать трансформаторы тока до разъединителя, отсоединяющего остальные аппараты цепи от источников напряжения.

897. Выключатель или его привод должен иметь хорошо видимый и надежно работающий указатель положения («Включено», «Отключено»). Применение сигнальных ламп в качестве единственных указателей положения выключателя не допускается. Если выключатель не имеет открытых контактов и его привод отделен стеной от выключателя, то указатель должен быть и на выключателе, и на приводе.

898. При расположении РУ и подстанций в местах, где воздух может содержать вещества, ухудшающие работу изоляции или разрушающе действующие на оборудование и шины, должны быть приняты меры, обеспечивающие надежную работу установки, применена усиленная изоляция, применены шины из материала, стойкого к воздействию окружающей среды, или покраска их защитным покрытием, РУ и подстанции расположены со стороны господствующего направления ветра, РУ и подстанции выполнены по наиболее простым схемам, закрытое исполнение РУ и подстанций, защищенное от проникновения пыли, вредных газов или паров в помещение.

При сооружении ОРУ вблизи морских побережий, соленых озер, химических предприятий, а также в местах, где длительным опытом эксплуатации установлено разрушение алюминия от коррозии, применяются специальные алюминиевые и сталеалюминиевые провода, защищенные от коррозии.

899. При расположении РУ и подстанций на высоте более 1000 м над уровнем моря воздушные изоляционные промежутки, подвесная изоляция и внешняя изоляция электрооборудования должны выбираться в соответствии с требованиями, приведенными в пунктах 931, 932, 959, 960 настоящих Правил, с учетом поправок, компенсирующих снижение электрической прочности изоляции при пониженном давлении атмосферы.

900. В ОРУ, КРУН и в неотапливаемых ЗРУ, где температура окружающего воздуха может быть ниже минус 25°С, должен быть предусмотрен подогрев масла масляных выключателей.

Кроме того, независимо от минимальной температуры должен быть предусмотрен подогрев механизмов приводов масляных и воздушных выключателей, блоков клапанов воздушных выключателей, их агрегатных шкафов, а также других шкафов, в которых применяются аппаратура или зажимы внутренней установки.

Подогрев реле и измерительных приборов должен производиться в соответствии с требованиями, подогрев счетчиков - в соответствии с пунктом 104 и 105 настоящих Правил.

901. Ошиновка РУ и подстанций выполняется, проводом одинакового сечения из алюминиевых, сталеалюминиевых и стальных проводов, полос, труб и шин из профилей алюминия и алюминиевых сплавов электротехнического назначения.

Токопроводы выполняются в соответствии с требованиями главы 4 настоящих Правил.

902. Обозначение фаз электрооборудования и ошиновки РУ и подстанций должно выполняться в соответствии с требованиями главы 1 настоящих Правил.

903. Распределительные устройства 3 кВ и выше должны быть оборудованы оперативной блокировкой, исключающей возможность:

1) включения выключателей, отделителей и разъединителей на заземляющие ножи и короткозамыкатели;

2) включения заземляющих ножей на ошиновку, не отделенную разъединителями от ошиновки, находящейся под напряжением;

3) отключения и включения отделителями и разъединителями тока нагрузки, если это не предусмотрено конструкцией аппарата.

На заземляющих ножах линейных разъединителей со стороны линии допускается устанавливать только механическую блокировку с приводом разъединителя и приспособление для запирания заземляющих ножей замками в отключенном положении.

Для РУ с простыми схемами электрических соединений применяется механическая (ключевая) оперативная блокировка, а во всех остальных случаях - электромагнитную. Приводы разъединителей, доступные для посторонних лиц, должны иметь приспособления для запирания их замками в отключенном и включенном положениях.

904. РУ и подстанции выше 1 кВ должны быть оборудованы стационарными заземляющими ножами, обеспечивающими в соответствии с требованиями безопасности заземление аппаратов и ошиновки, без применения переносных заземлений. На случай отключения заземляющих ножей в процессе их ремонта или ремонта разъединителя, оснащенного заземляющим ножом, должны быть предусмотрены заземляющие ножи у других разъединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Последнее требование не относится к заземляющим ножам со стороны линии линейных разъединителей (при отсутствии обходной системы шин) и к заземляющим ножам, установленным как самостоятельные аппараты отдельно от разъединителей, а также к РУ в исполнении КРУЭ. В малогабаритных КРУ с аппаратами, выполняющими одновременно функции разъединителя и заземлителя, заземление отходящих фидеров и вводных ячеек может предусматриваться при помощи перевода данных аппаратов в заземляющее положение и включения силовых выключателей. При этом, должна предусматриваться блокировка против ошибочного снятия заземления.

Заземляющие ножи должны быть окрашены в полосы белого и красного цветов. Рукоятки приводов заземляющих ножей должны быть окрашены в красный цвет, а рукоятки других приводов - в цвета оборудования.

В местах, в которых стационарные заземляющие ножи не применяются, на токоведущих и заземляющих шинах должны быть подготовлены контактные поверхности для присоединения переносных заземляющих проводников.

При наличии трансформаторов напряжения заземление сборных шин осуществляется заземляющими ножами разъединителей трансформаторов напряжения.

905. Сетчатые и смешанные ограждения токоведущих частей и электрооборудования должны иметь высоту над уровнем планировки для ОРУ и открыто установленных трансформаторов 2 или 1,6 м (с учетом требований пунктов 936 и 937 настоящих правил), а над уровнем пола для ЗРУ и трансформаторов, установленных внутри здания, 1,9 м, сетки должны иметь отверстия размером не менее 10х10 мм и не более 25х25 мм, а также приспособления для запирания их на замок. Нижняя кромка этих ограждений в ОРУ должна располагаться на высоте 0,1-0,2 м, а в ЗРУ - на уровне пола.

Внешние ограждения должны выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в пункте 918 настоящих Правил.

Применение барьеров допускается при входе в камеры выключателей, трансформаторов и других аппаратов для осмотра камер при наличии напряжения на токоведущих частях. Барьеры должны устанавливаться на высоте 1,2 м и быть съемными. При высоте пола камер над уровнем земли более 0,3 м необходимо оставить между дверью и барьером расстояние не менее 0,5 м или предусмотреть площадку перед дверью для осмотра.

906. В случае, когда деформации проводов (шин), обусловленные изменениями температуры, вибрацией, могут вызывать опасные механические напряжения в проводах или изоляторах, предусматриваются меры, исключающие возникновение таких напряжений (компенсаторы, ослабленное тяжение).

907. Указатели уровня и температуры масла маслонаполненных трансформаторов и аппаратов и другие указатели, характеризующие состояние оборудования, должны быть

расположены таким образом, чтобы были обеспечены удобные и безопасные условия для доступа к ним и наблюдения за ними без снятия напряжения.

Для отбора проб масла расстояние от уровня пола или поверхности земли до крана трансформатора или аппарата должно быть не менее 0,2 м или должен быть предусмотрен соответствующий приямок.

908. Электропроводка цепей защиты, измерения, сигнализации и освещения, проложенная по электротехническим устройствам с масляным наполнением, должна быть выполнена проводами с маслостойкой изоляцией.

909. Трансформаторы, реакторы и конденсаторы наружной установки для уменьшения нагрева прямыми лучами солнца должны окрашиваться в светлые тона красками, стойкими к атмосферным воздействиям и воздействию масла.

910. Распределительные устройства и подстанции должны быть оборудованы электрическим освещением. Осветительная арматура должна быть установлена таким образом, чтобы было обеспечено ее безопасное обслуживание.

911. Распределительное устройство и подстанции должны быть обеспечены телефонной связью в соответствии с принятой системой обслуживания.

912. Размещение РУ и подстанций, генеральный план и инженерная подготовка территории и защита их от затопления, оползней, лавин должны быть выполнены в соответствии с требованиями СНиП.

913. Компоновка и конструктивное выполнение ОРУ и ЗРУ должны предусматривать возможность применения механизмов, в том числе специальных, для производства монтажных и ремонтных работ.

914. Расстояния между РУ (подстанциями) и деревьями высотой более 4 м должны быть такими, чтобы исключались повреждения оборудования и ошиновки при падении дерева.

915. Для РУ и подстанций, размещаемых в районе жилой и промышленной застройки, должны предусматриваться мероприятия по снижению шума, создаваемого работающим электрооборудованием (трансформаторами, синхронными компенсаторами), до значений, указанных в СНиП.

916. Распределительные устройства и подстанции с постоянным дежурством персонала, с постоянно находящимся на них оперативно-ремонтным персоналом, а также при наличии вблизи них жилых зданий должны быть обеспечены питьевой водой путем устройства хозяйственно-питьевого водопровода, сооружения артезианских скважин или колодцев.

917. Для РУ и подстанций с постоянным дежурством персонала, имеющих водопровод, должны быть устроены утепленные уборные с канализацией. При отсутствии вблизи подстанций канализационных магистралей допускается выполнение местных канализационных устройств (отстойники, фильтры). Для подстанций без постоянного дежурства персонала допускается устройство неутепленных уборных с водонепроницаемыми выгребами.

При расположении подстанций 110 кВ и выше без постоянного дежурства персонала вблизи существующих систем водоснабжения и канализации (на расстоянии до 0,5 км) в здании общеподстанционного пункта управления (ОПУ) должны предусматриваться санитарные канализационные узлы.

918. Территория ОРУ и подстанции должны быть ограждены внешним забором высотой 1,8-2,0 м. Внешние заборы высотой более 2,0 м применяются в местах с высокими снежными заносами, а также для подстанций со специальным режимом допуска на их территорию.

Вспомогательные сооружения (мастерские, склады, ОПУ), расположенные на территории ОРУ, огораживается внутренним забором высотой 1,6 м.

При расположении ОРУ (подстанции) на территории электростанций эти ОРУ (подстанции) должны быть ограждены внутренним забором высотой 1,6 м.

Заборы могут быть сплошными, сетчатыми или решетчатыми.

Заборы предусматриваются:

1) для закрытых подстанций, расположенных на охраняемой территории промышленного предприятия;

2) для закрытых подстанций, расположенных на территории городов и поселков;

3) для столбовых подстанций.

919. Металлические конструкции ЗРУ, ОРУ и подстанций, а также подземные части металлических и железобетонных конструкций должны быть защищены от коррозии.

920. Для территории ОРУ и подстанций, на которых в нормальных условиях эксплуатации из аппаратной маслохозяйства, со складов масла, из машинных помещений, а также из трансформаторов и выключателей при ремонтных и других работах могут иметь место утечки масла, должны предусматриваться устройства для его сбора и удаления с целью исключить возможность попадания масла в водоемы.

921. В качестве оперативного тока на подстанциях должен применяться переменный ток во всех случаях, когда это возможно и ведет к упрощению и удешевлению электроустановок при обеспечении необходимой надежности их работы.

## Параграф 2. Открытые распределительные устройства

922. В ОРУ 110 кВ и выше должен быть предусмотрен проезд для передвижных монтажно-ремонтных механизмов и приспособлений, а также передвижных лабораторий.

923. Соединение гибких проводов в пролетах выполняется опрессовкой, а соединение в петлях у опор, присоединение ответвлений в пролете и присоединение к аппаратным зажимам - сваркой или опрессовкой. При этом, присоединение ответвлений в пролете должно выполняться без разрезания проводов пролета.

Пайка и скрутка проводов не допускаются.

Болтовое соединение допускается только на зажимах аппаратов и на ответвлениях к разрядникам, конденсаторам связи и трансформаторам напряжения, а также для временных установок, для которых применение неразъемных соединений требует большого объема работ по перемонтажу шин.

Гирлянды изоляторов для подвески шин в ОРУ могут быть одноцепными. Если одноцепная гирлянда не удовлетворяет условиям механических нагрузок, то применяется двухцепная.

Разделительные (врезные) гирлянды не допускаются, за исключением гирлянд, с помощью которых осуществляется подвеска высокочастотных заградителей.

924. Ответвления от сборных шин ОРУ, располагаются ниже сборных шин. Подвеска ошиновки одним пролетом над двумя и более секциями или системами сборных шин не допускается.

925. Нагрузки на шины и конструкции от ветра и гололеда, а также расчетные температуры воздуха должны определяться в соответствии с требованиями главы 11 настоящих Правил.

При определении нагрузок на гибкие шины должен учитываться и вес гирлянды изоляторов и спусков к аппаратам и трансформаторам.

При определении нагрузок на конструкции учитываются дополнительные нагрузки от массы человека с инструментом и монтажных приспособлений: 200 кг - при применении гирлянд изоляторов для анкерных опор и 150 кг - для промежуточных 100 кг - при опорных изоляторах.

Тяжение спусков от шин к аппаратам ОРУ не должно вызывать недопустимые механические напряжения при низких температурах и недопустимое сближение проводов при сильном ветре.

926. Коэффициент запаса механической прочности для гибких шин при нагрузках, соответствующих требованиям, приведенным в пункте 904 настоящих Правил, должен быть не менее 3 по отношению к их временному сопротивлению разрыву.

927. Коэффициент запаса механической прочности для подвесных изоляторов при нагрузках, соответствующих требованиям, приведенным в пункте 904 настоящих Правил, должен быть не менее 4 по отношению к гарантированной минимальной разрушающей нагрузке целого изолятора (механической или электромеханической).

928. Расчетные механические усилия, передающиеся при КЗ жесткими шинами на опорные изоляторы, должны приниматься в соответствии с пунктом 73 настоящих Правил.

929. Коэффициент запаса механической прочности в сцепной арматуре для гибких шин при нагрузках, соответствующих требованиям, приведенным в пункте 924 настоящих Правил, должен быть не менее 3 по отношению к минимальной разрушающей нагрузке.

930. Опоры для подвески шин ОРУ должны выполняться сборными железобетонными или из стали.

931. Опоры для крепления шин ОРУ выполняются и рассчитываются как промежуточные или концевые в соответствии с требованиями, приведенными в главы 11 настоящих Правил. Промежуточные опоры, временно используемые как концевые, должны быть усилены при помощи оттяжек.

932. Количество подвесных и опорных изоляторов, внешняя изоляция электрооборудования РУ.

933. Расстояния в свету при жестких шинах между токоведущими и заземленными частями Аф-з и между токоведущими частями разных фаз Аф-ф должны быть не менее значений, приведенных в рисунке 1 таблицы 130 приложения к настоящим Правилам.

В случае применения вместо разрядников ограничителей перенапряжений 10-500 кВ с защитным уровнем фаза-земля 1,8 расстояния, указанные в пунктах 932-942, 959 настоящих Правил, сокращаются до значений, указанных в таблице 129 приложения к настоящим Правилам.

В случае, если в высокогорных установках расстояния между фазами увеличиваются по сравнению с приведенными в таблицах 129 и 130 приложения к настоящим Правилам на основании проверки на корону, соответственно должны быть увеличены и расстояния до заземленных частей.

934. Расстояния в свету при гибких шинах (рисунок 2 приложения к настоящим Правилам) между токоведущими и заземленными частями Аф-з, r, а также между токоведущими частями Аф-ф, r, при их расположении в одной горизонтальной плоскости должны быть не менее

$$A_{ф\text{-}з,г} = A_{ф\text{-}з} + a;$$

$$A_{ф\text{-}ф,г} = A_{ф\text{-}ф} + a,$$

где a = f sina; f - стрела провеса провода при температуре плюс 15°С, м; a = arctg(P/Q); Q - вес провода на 1 м длины, даН/м, Р - скоростной напор ветра на 1 м длины провода, даН/м, при этом, скорость ветра принимается равной 60 % значения, выбранного при расчете строительных конструкций.

935. При токах трехфазного КЗ 20 кА и более гибкие шины РУ проверяются на исключение возможности схлестывания или опасного в отношении пробоя сближения фаз в результате динамического действия тока КЗ.

Наименьшие допустимые расстояния в свету между находящимися под напряжением соседними фазами в момент их наибольшего сближения под действием токов КЗ должны соответствовать наименьшим воздушным промежуткам на ВЛ, принимаемым по наибольшему рабочему напряжению и приведенным в главе 11 настоящих Правил.

В гибких токопроводах, выполненных из нескольких проводов в фазе, должны устанавливаться дистанционные распорки.

936. Расстояния по горизонтали от токоведуших и незаземленных частей или элементов изоляции (со стороны токоведуших частей) до постоянных внутренних ограждений в зависимости от их высоты должны быть не менее значений, приведенных в таблице 130 приложения к настоящим Правилам для размера Б при высоте ограждения 1,6 м и для размера Аф-з при высоте ограждения 2 м. При расположении этих частей или элементов выше ограждений эти расстояния должны быть выдержаны и выше ограждений до высоты 2,7 м в плоскости ограждения (рисунок 3 приложения к настоящим Правилам).

Расстояния от точки, расположенной на высоте 2,7 м в плоскости ограждения, до этих частей или элементов должны быть не менее $А_{ф-з}$ (рисунок 3 приложения к настоящим Правилам).

937. Токоведущие части (выводы, шины, спуски) могут не иметь внутренних ограждений, если они расположены над уровнем планировки или уровнем сооружения на высоте не менее значений, приведенных в таблице 130приложения к настоящим Правилам, для размера Г (рисунок 4).

Неогражденные токоведущие части, соединяющие конденсатор устройств высокочастотной связи, телемеханики и защиты с фильтром должны быть расположены на высоте не менее 2,5 м. При этом, устанавливается фильтр на высоте, позволяющей производить ремонт (настройку) фильтра без снятия напряжения с оборудования присоединения.

Трансформаторы и аппараты, у которых нижняя кромка фарфора изоляторов расположена над уровнем планировки или уровнем сооружения (плиты кабельных каналов или лотков) на высоте не менее 2,5 м, разрешается не ограждать (рисунок 43 приложения к настоящим Правилам). При меньшей высоте оборудование должно иметь постоянное ограждение, удовлетворяющее требованиям пункта 905 настоящих Правил и находящееся от трансформаторов и аппаратов на расстоянии не менее приведенного в пункте 935 настоящих Правил.

938. Неограждаемые токоведущие части должны быть расположены так, чтобы расстояния от них до габаритов машин, механизмов и транспортируемого оборудования были не менее значений, приведенных для размера Б в русунке 5 таблицы 130 приложения к настоящим Правилам.

939. Расстояния между ближайшими неогражденными токоведущими частями разных цепей должны выбираться из условия обслуживания одной цепи при неотключенной второй. При расположении неогражденных токоведущих частей разных цепей в разных (параллельных или перпендикулярных) плоскостях расстояния должны быть по вертикали не менее значений, приведенных в таблице 130 приложения к настоящим Правилам для размера В, а по горизонтали - для размера Д (рисунок 6).

При наличии различных напряжений размеры В и Д принимаются по более высокому напряжению. При этом, размер В предусматривает обслуживание нижней цепи при неотключенной верхней, а размер Д - обслуживание одной цепи при неотключенной второй.

Если такое обслуживание не предусматривается, расстояния между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях должны приниматься в соответствии с пунктами 933 и 934 настоящих Правил, при этом, должна быть учтена возможность сближения проводов в условиях эксплуатации (под влиянием ветра, гололеда, температуры).

940. Расстояния между токоведущими частями разных цепей, расположенных в одной горизонтальной плоскости, устанавливаются по высшему напряжению и должны быть не менее значений, приведенных в таблице 130 приложения к настоящим Правилам для размера Д (рисунок 7). Размер Д предусматривает обслуживание одной цепи при неотключенной другой.

941. Расстояния между токоведущими частями и верхней кромкой внешнего забора должны быть не менее значений, приведенных в таблице 130 приложения к настоящим Правилам для размера Д (рисунок 8). При этом, расстояния по вертикали от токоведущих частей до земли вне территории ОРУ (подстанции) должны быть не менее указанных в первом и третьем абзацах пункта 965 настоящих Правил.

942. Расстояния от контактов и ножей разъединителей в отключенном положении до заземленных частей должны быть не менее значений, приведенных в таблице 130 приложения к настоящим Правилам для размера Аф-з до ошиновки своей фазы, присоединенной ко второму контакту, - не менее значений для размера Ж, до ошиновки других присоединений - не менее значений для размера Б (рисунок 9).

943. Расстояния между токоведущими частями ОРУ и зданиями или сооружениями (ЗРУ, щит управления, трансформаторная башня) должны быть не менее значений, приведенных в таблице 130 приложения к настоящим Правилам для размера Д, а расстояния по вертикали между токоведущими частями и перечисленными выше сооружениями - не менее размера Г (рисунок 10).

944. Прокладка воздушных осветительных линий, линий связи и сигнализации над и под токоведущими частями ОРУ не допускается.

945. Расстояния от открыто установленных электротехнических устройств до водоохладителей подстанций должны быть не менее значений, приведенных в таблицы 131 приложения к настоящим Правилам.

Для районов с расчетными температурами наружного воздуха ниже минус 36° С приведенные в таблице 131 приложения к настоящим Правилам расстояния должны быть увеличены на 25 %, а с температурами выше минус 20° С - уменьшены на 25 %. Для реконструируемых объектов приведенные в таблице 131 приложения к настоящим Правилам расстояния допускается уменьшать, но не более чем на 25 %.

946. Расстояния от маслонаполненного оборудования с массой масла в единице оборудования 60 кг и более до зданий с производствами категорий В, Г, Д на территории промышленных предприятий и до вспомогательных сооружений (мастерские, склады) на территории электростанций и подстанций, а также до жилых и общественных зданий должны быть не менее (исключения для категорий Г и Д):

1) 16 м при степенях огнестойкости этих зданий и сооружений I и II, 20 м при степени огнестойкости III;

2) 24 м при степенях огнестойкости IV и V.

Расстояния от маслонаполненного оборудования до взрывоопасных зон и помещений принимаются согласно главе 24 настоящих Правил.

Расстояния между отдельными зданиями подстанций в зависимости от степени их огнестойкости принимаются согласно СНиП.

Противопожарные расстояния от зданий трансформаторной мастерской и аппаратной маслохозяйства, а также от складов масла до ограды ОРУ должны быть не менее 6 м.

Расстояния от зданий ЗРУ до других производственных зданий электростанций и подстанций должны быть не менее 7 м. Указанные расстояния могут не соблюдаться при условии, что стена ЗРУ, обращенная в сторону другого здания, будет сооружена как противопожарная с пределом огнестойкости 2,5 часов.

Расстояния от складов водорода до зданий подстанции и опор ВЛ должны быть не менее указанных в таблице 132 приложения к настоящим Правилам.

Расстояния от складов водорода до ОРУ, трансформаторов, синхронных компенсаторов должны быть не менее 50 м.

947. Расстояния от маслонаполненного электрооборудования ОРУ электростанций и подстанций до зданий ЗРУ, щитов, компрессорных и блоков синхронных компенсаторов определяются только технологическими требованиями и не должны увеличиваться по пожарным условиям.

948. При установке у стен зданий с производствами категорий Г—Д (по противопожарным нормам) маслонаполненных трансформаторов, обслуживающих эти производства, на расстоянии от них более 10 м и вне пределов участков шириной Б (рисунок 11 приложения к настоящим Правилам) специальных требований к стенам, окнам и дверям зданий не предъявляется.

При меньшем расстоянии до трансформаторов, в пределах участков шириной Б, должны выполняться следующие требования:

1) окна до высоты д (до уровня крышки трансформаторов) не допускаются;

2) при расстоянии r менее 5 м и степенях огнестойкости зданий IV и V стена здания должна выполняться как противопожарная с пределом огнестойкости 2,5 часов и возвышаться над кровлей, выполненной из сгораемого материала, не менее чем на 0,7 м.;

3) при расстоянии г менее 5 м и степенях огнестойкости зданий I, II и III, а также при расстоянии г 5 м и более без ограничения по огнестойкости на высоте от д до д+е допускаются неоткрывающиеся окна с заполнением армированным стеклом или стеклоблоками, с рамами, имеющими предел огнестойкости не менее 0,75 часов и выполняемыми из несгораемого материала; выше д+е - окна, открывающиеся внутрь здания, с проемами, снабженными снаружи металлическими сетками с отверстиями не более 25х25 мм.;

4) при расстоянии г до 5 м на высоте менее д, а также при г 5 м и более на любой высоте допускаются двери, выполняемые из несгораемого или трудносгораемого материала с пределом огнестойкости не менее 0,75 часов;

5) вентиляционные приемные отверстия в стене здания при расстоянии г до 5 м не допускаются, вытяжные отверстия с выбросом незагрязненного воздуха в указанном пределе допускаются на высоте д;

6) расстояние - б в соответствии с пунктом 1311, расстояние г должно быть не менее 0,8 м.;

7) вдоль всех трансформаторов предусматривается проезд шириной не менее 3 м или пожарный подъезд к каждому из них.

Приведенные на рис. 11 размеры а-г и А принимаются до наиболее выступающих частей трансформаторов на высоте менее 1,9 м от поверхности земли. При единичной мощности трансформаторов до 1,6 МВхА b > 1,5 м, е > 8 м; более 1,6 МВхА b > 2 м; е > 10 м.

Требования настоящего параграфа распространяются также на КТП наружной установки.

949. Для предотвращения растекания масла и распространения пожара при повреждениях маслонаполненных силовых трансформаторов (реакторов) с массой масла более 1 тонны в единице (одном баке) и баковых выключателей 110 кВ и выше должны быть выполнены маслоприемники, маслоотводы и маслосборники с соблюдением следующих требований:

1) габариты маслоприемника должны выступать за габариты единичного электрооборудования не менее чем на 0,6 м при массе масла до 2 тонн; 1 м при массе более 2 до 10 тонн 1,5 м при массе более 10 до 50 тонн 2 м при массе более 50 тонн. При этом, габарит маслоприемника может быть принят меньшим на 0,5 м со стороны стены или перегородки, располагаемой от трансформатора на расстоянии менее 2 м.

Объем маслоприемника должен быть рассчитан на одновременный прием 100 % масла, содержащегося в корпусе трансформатора (реактора).

У баковых выключателей маслоприемники должны быть рассчитаны на прием 80 % масла, содержащегося в одном баке;

2) устройство маслоприемников и маслоотводов должно исключать переток масла (воды) из одного маслоприемника в другой, растекание масла по кабельным и другим подземным сооружениям, распространение пожара, засорение маслоотвода и забивку его снегом, льдом;

3) для трансформаторов (реакторов) мощностью до 10 МВхА допускается выполнение маслоприемников без отвода масла. При этом, маслоприемники должны выполняться заглубленными, рассчитанными на полный объем масла, содержащегося в установленном над ними оборудовании, и закрываться металлической решеткой, поверх которой должен быть насыпан толщиной не менее 0,25 м слой чистого гравия или промытого гранитного щебня либо непористого щебня другой породы с частицами от 30 до 70 мм.

Удаление масла и воды из заглубленного маслоприемника должно предусматриваться переносным насосным агрегатом. При применении маслоприемника без отвода масла выполненяется простейшее устройство для проверки отсутствия масла (воды) в маслоприемнике;

4) Маслоприемники с отводом масла выполняются как заглубленного типа (дно ниже уровня окружающей планировки земли), так и незаглубленного типа (дно на уровне окружающей планировки земли).

При выполнении заглубленного маслоприемника устройство бортовых ограждений не требуется, если при этом, обеспечивается объем маслоприемника.

Незаглубленный маслоприемник должен выполняться в виде бортовых ограждений маслонаполненного оборудования. Высота бортовых ограждений должна быть не менее 0,25 и не более 0,5 м над уровнем окружающей планировки.

Дно маслоприемника (заглубленного и незаглубленного) должно быть засыпано крупным чистым гравием или промытым гранитным щебнем либо непористым щебнем другой породы с частицами от 30 до 70 мм. Толщина засыпки должна быть не менее 0,25 м;

5) при установке маслонаполненного электрооборудования на железобетонном перекрытии здания (сооружения) устройство маслоотвода является обязательным;

6) маслоотводы должны обеспечивать отвод из маслоприемника масла и воды, применяемой для тушения пожара автоматическими стационарными устройствами, на безопасное в пожарном отношении расстояние от оборудования и сооружений, 50 % масла и полное количество воды должны удаляться не более чем за 0,25 часов. Маслоотводы выполняются в виде подземных трубопроводов или открытых кюветов и лотков;

7) маслосборники должны быть рассчитаны на полный объем масла единичного оборудования, содержащего наибольшее количество масла, и должны выполняться закрытого типа.

950. На подстанциях 110 кВ с трансформаторами единичной мощностью 63 МВ А и более и трансформаторами 220 кВ и выше единичной мощностью 40 МВ А и более, а также на подстанциях с синхронными компенсаторами для тушения пожара предусматривается водопровод с питанием от существующей внешней сети или от самостоятельного источника водоснабжения.

На подстанциях с трансформаторами 220 кВ единичной мощностью менее 40 МВ А предусматривается водопровод с питанием от существующей внешней сети. Допускается вместо пожарного водопровода иметь пожарный водоем, пополняемый водой из водопроводной сети другого назначения.

На подстанциях с трансформаторами 35-110 кВ единичной мощностью менее 63 МВ А противопожарный водопровод и водоем не предусматриваются.

951. Фундаменты под маслонаполненные трансформаторы или аппараты должны выполняться из несгораемых материалов.

952. На подстанциях, оборудованных совмещенными порталами, у трансформаторов (автотрансформаторов) железнодорожные пути для их перекатки, не предусматриваются. При наличии подъездного железнодорожного пути к подстанции последний доводится до фундаментов трансформаторов (автотрансформаторов), оборудованных совмещенными порталами.

953. По спланированной территории ОРУ и подстанций должен быть обеспечен проезд для автомобильного транспорта с улучшением, в случае необходимости, грунтовой поверхности твердыми добавками или засевом трав.

Автодороги с покрытием (усовершенствованным, переходным, низшим) предусматриваются, к следующим зданиям и сооружениям: порталу или башне для ревизии трансформаторов, зданиям щитов управления, ЗРУ и КРУН, вдоль выключателей ОРУ 110 кВ и выше, зданию масляного хозяйства, материальному складу, открытому складу масла, насосным, резервуарам воды, компрессорной, складу водорода, фазам выключателей 220 кВ и выше.

Ширина проезжей части внутриплощадочных дорог должна быть не менее 3,5 м. При определении габаритов проездов должны быть учтены размеры применяемых приспособлений и механизмов в соответствии с пунктом 921 настоящих Правил.

954. Установка КРУН и КТП наружной установки должна отвечать следующим требованиям:

1) КРУН и КТП должны быть расположены на спланированной площадке на высоте не менее 0,2 м от уровня планировки с устройством около шкафов площадки для обслуживания. В районах с большим снежным покровом, а также в районах, подверженных снежным заносам, установливается КРУН и КТП наружной установки на высоте 1,0-1,2 м.;

2) расположение устройства должно обеспечивать удобную выкатку и транспортировку трансформаторов и выкатной части ячеек;

3) должно быть обеспечено охлаждение оборудования. Кроме того, КРУН и КТП наружной установки должны отвечать требованиям, приведенным в пунктах 891-894, 896-903, 906-908, 911-914, 917, 919, 1099, 1100 настоящих Правил.

Соединения между отдельными секциями КРУН и КТП наружной установки с открытыми сборными и соединительными шинами должны отвечать также требованиям, приведенным в пунктах 923 и 952 настоящих Правил.

### Параграф 3. Закрытые распределительные устройства и подстанции

955. Здания и помещения ЗРУ и камеры трансформаторов должны быть I или II степени огнестойкости.

956. Пристройка подстанции к существующему зданию с использованием стены здания в качестве стены подстанции допускается при условии принятия специальных мер, предотвращающих нарушение гидроизоляции стыка при осадке пристраиваемой подстанции. Указанная осадка должна быть также учтена при креплении оборудования на существующей стене здания.

957. ЗРУ напряжением до и выше 1 кВ, размещаются в отдельных помещениях. Это требование не распространяется на КТП с высшим напряжением до 35 кВ.

Допускается размещение ЗРУ напряжением до 1 кВ и выше в общем помещении при условии, что части РУ или подстанции напряжением до 1 кВ и выше будут эксплуатироваться одной организацией.

Помещения РУ, трансформаторов, преобразователей должны быть отделены от служебных и других вспомогательных помещений.

958. Трансформаторные помещения и ЗРУ не допускается размещать:

1) под помещением производств с мокрым технологическим процессом, под душевыми, уборными, ванными. Исключения допускаются в случаях, когда приняты специальные меры по надежной гидроизоляции, предотвращающие попадание влаги в помещения РУ и подстанций;

2) непосредственно под и над помещениями, в которых может находиться более 50 человек в период более 1 часа над и под площадью перекрытия, трансформаторного помещения и ЗРУ.

Требование подпункта 2) настоящего пункта не распространяется на трансформаторные помещения, в которых установлены трансформаторы сухие или с негорючим наполнением.

959. Изоляция вводов, а также изоляторов гибких и жестких наружных открытых токопроводов генераторов 6 и 10 кВ должна выбираться на номинальное напряжение 20 кВ, а генераторов напряжением 13,8-24 кВ - на напряжение 35 кВ.

960. Расстояния в свету между неизолированными токоведущими частями разных фаз, от неизолированных токоведущих частей до заземленных конструкций и ограждений, пола и земли, а также между неогражденными токоведущими частями разных цепей должны быть не менее значений, приведенных на рисунках 12-15 таблицы 133 приложения к настоящим Правилам.

Гибкие шины в ЗРУ проверяются на их сближение под действием токов КЗ в соответствии с требованиями, приведенными в пункте 934 настоящих Правил.

961. Расстояние от контактов и ножей разъединителей в отключенном положении до ошиновки своей фазы, присоединенной ко второму контакту, должно быть не менее значений, приведенных в таблице 133 приложения к настоящим Правилам для размера Ж (рисунок 14).

962. Неизолированные токоведущие части должны быть защищены от случайных прикосновений путем помещения их в камеры, ограждения сетками.

При размещении неизолированных токоведущих частей вне камер и расположении их ниже размера Д по таблице 133 приложения к настоящим Правилам от пола они должны быть ограждены. Высота прохода под ограждением должна быть не менее 1,9 м (рисунок 15).

Токоведушие части, расположенные выше ограждений до высоты 2,3 м от пола, но ниже размера Д, должны находиться от плоскости ограждения на расстояниях, приведенных в таблице 133 приложения к настоящим Правилам для размера В (рисунок 14).

Неогражденные токоведушие части, соединяющие конденсатор устройства высокочастотной связи, телемеханики и защиты с фильтром, должны быть расположены на высоте не менее 2,2 м. При этом, устанавливается фильтр на высоте, позволяющей производить ремонт (настройку) фильтра без снятия напряжения с оборудования присоединений.

Аппараты, у которых нижняя кромка фарфора изоляторов расположена над уровнем пола на высоте 2,2 м и более, разрешается не ограждать, если выполнены приведенные выше требования.

Применение барьеров для ограждения токоведущих частей в открытых камерах не допускается.

963. Неогражденные неизолированные токоведушие части различных цепей, находящихся на высоте, превышающей значения, приведенные в таблице 133 приложения к настоящим Правилам для размера Д должны быть расположены на таком расстоянии одна от другой, чтобы после отключения какой-либо цепи было обеспечено ее безопасное обслуживание при наличии напряжения в соседних цепях. В частности, между неогражденными токоведущими частями, расположенными с двух сторон коридора обслуживания, должны быть соблюдены расстояния не менее приведенных в таблице 133 приложения для размера Г (рисунок 14).

964. Ширина коридора обслуживания должна обеспечивать удобное обслуживание установки и перемещение оборудования, причем она должна быть не менее (считая в свету между ограждениями) 1 м при одностороннем расположении оборудования 1,2 м при двустороннем расположении оборудования.

965. В коридоре управления, где находятся приводы выключателей или разъединителей, указанные выше размеры должны быть соответственно не менее 1,5 и 2 м. При длине коридора до 7 м допускается уменьшение ширины коридора при двустороннем обслуживании до 1,8 м.

Ширина проходов в помещениях КРУ и КТП - в соответствии с пунктами 998 и 1096 настоящих Правил.

Ширина взрывного коридора должна быть не менее 1,2 м.

Допускается местное сужение коридора обслуживания, а также взрывного коридора строительными конструкциями не более чем на 0,2 м.

Высота помещений КРУ и КТП - в соответствии с пунктом 999 настоящих Правил.

966. При воздушных вводах в ЗРУ, не пересекающих проездов или мест, где возможно движение транспорта, расстояния от низшей точки провода до поверхности земли должны быть не менее приведенных в таблице 133 приложения к настоящим Правилам для размера Е (рисунок 15).

При меньших расстояниях от провода до земли территория на соответствующем участке под вводом должна быть ограждена забором высотой 1,6 м, при этом, расстояние от земли до провода в плоскости забора должно быть не менее размера Е.

При воздушных вводах, пересекающих проезды или места, где возможно движение транспорта, расстояния от низшего провода до земли принимаются в соответствии с главой 11 настоящих Правил.

При воздушных выводах из ЗРУ на территорию ОРУ указанные расстояния должны приниматься по таблице 130 приложения к настоящим Правилам для размера Г (рисунок 4).

Расстояния между смежными линейными выводами двух цепей должны быть не менее значений, приведенных в таблице 130 приложения к настоящим Правилам, как для размера Д, если не предусмотрены перегородки между выводами соседних цепей.

На крышах ЗРУ над воздушными вводами должны быть предусмотрены ограждения высотой не менее 0,8 м, выходящие в плане не менее чем по 0,5 м от осей крайних фаз. Вместо указанных ограждений допускается устройство над вводами козырьков тех же габаритов в плане.

967. Провода ввода в здание РУ, расположенные над его крышей, должны находиться от нее на высоте не менее приведенной в пункте 942 настощих Правил.

Выходы из РУ должны выполняться в соответствии со следующим:

1) при длине РУ до 7 м допускается один выход;

2) при длине РУ более 7 м до 60 м должно быть предусмотрено два выхода по его концам, допускается располагать выходы из РУ на расстоянии до 7 м от его торцов;

3) при длине РУ более 60 м, кроме выходов по концам его, должны быть предусмотрены дополнительные выходы с таким расчетом, чтобы расстояние от любой точки коридора обслуживания, управления или взрывного коридора до выхода было не более 30 м.

Выходы выполняются наружу, на лестничную клетку или в другое производственное помещение с несгораемьми стенами и перекрытиями, не содержащее огне- и взрывоопасных предметов, аппаратов или производств, а также в другие отсеки РУ, отделенные от данного несгораемой или трудносгораемой дверью с пределом огнестойкости не менее 0,6 ч. В многоэтажных РУ второй и дополнительные выходы предусматриваются также на балкон с наружной пожарной лестницей.

968. Взрывные коридоры большой длины разделяются на отсеки не более 60 м несгораемыми перегородками с огнестойкостью не менее 1 часа с дверями, выполняемыми в соответствии с пунктом 969 настоящих Правил. Взрывные коридоры должны иметь выходы наружу или на лестничную клетку.

969. Полы помещений РУ выполняется по всей площади каждого этажа на одной отметке. Конструкция полов должна исключать возможность образования цементной

пыли. Устройство порогов в дверях между отдельными помещениями и в коридорах не допускается.

970. Двери из РУ должны открываться в направлении других помещений или наружу и иметь самозапирающиеся замки, открываемые без ключа со стороны распределительного устройства.

Двери между отсеками одного РУ или между смежными помещениями двух РУ должны иметь устройство, фиксирующее двери в закрытом положении и не препятствующее открыванию их в обоих направлениях.

Двери между помещениями (отсеками) РУ разных напряжений должны открываться в сторону РУ с низшим напряжением до 1 кВ.

Замки в дверях помещений РУ одного напряжения должны открываться одним и тем же ключом, ключи от входных дверей РУ и других помещений не должны подходить к замкам камер.

Требование о применении самозапирающихся замков не распространяется на распределительные устройства городских электросетей 10 кВ и ниже.

971. Двери (ворота) камер, содержащих маслонаполненное электрооборудование с массой масла более 60 кг, должны быть выполнены из трудносгораемых материалов и иметь предел огнестойкости не менее 0,75 часов в случаях, если они выходят в помещения, не относящиеся к данной подстанции, а также если они находятся между отсеками взрывных коридоров и РУ. В остальных случаях двери выполняются из сгораемых материалов и имеют меньший предел огнестойкости.

Ворота камер с шириной створки более 1,5 м должны иметь калитку, если они используются для выхода персонала.

972. Закрытые распределительные устройства выполняется без окон, на неохраняемых территориях такое выполнение является обязательным.

В случае необходимости в естественном освещении применяются стеклоблоки или армированное стекло.

Оконные переплеты помещений РУ и подстанций выполняются из сгораемых материалов. В ЗРУ окна должны быть неоткрывающимися.

Устройство световых фонарей не допускается.

Окна должны быть защищены сетками с ячейками не более 25х25 мм, устанавливаемыми снаружи. При применении сеток, устанавливаемых снаружи, допускается применение окон, открываемых внутрь помещения.

973. В одном общем помещении с РУ напряжением до 1 кВ и выше допускается установка одного масляного трансформатора мощностью до 0,63 МВ.А или двух масляных трансформаторов мощностью каждый до 0,4 МВ.А, отделенных от остальной части помещения перегородкой с пределом огнестойкости 1 час, при этом, неизолированные токоведущие части выше 1 кВ должны быть ограждены в соответствии с пунктом 961 настоящих Правил. Баковые масляные выключатели в указанных случаях должны устанавливаться в соответствии с пунктом 975 настоящих Правил.

974. Аппараты, относящиеся к пусковым устройствам электродвигателей, синхронных компенсаторов (выключатели, пусковые реакторы, трансформаторы), устанавливаются в общей камере без перегородок между ними.

975. В камерах РУ, имеющих выходы во взрывной коридор, допускается установка трансформаторов с массой масла до 600 кг.

Измерительные трансформаторы напряжения независимо от количества масла в них допускается устанавливать в открытых камерах РУ. При этом, в камере должен быть предусмотрен порог или пандус, рассчитанный на удержание полного объема масла, содержащегося в измерительном трансформаторе.

976. Баковые масляные выключатели с массой масла более 60 кг должны устанавливаться в отдельных взрывных камерах с выходом наружу или во взрывной коридор.

Баковые масляные выключатели с массой масла 25-60 кг устанавливаются как во взрывных, так и в открытых камерах. При установке баковых выключателей в открытых камерах или с выходом во взрывной коридор они должны иметь 20%-ный запас по номинальному току отключения.

Баковые масляные выключатели с массой масла до 25 кг, малообъемные масляные выключатели и выключатели без масла устанавливаются в открытых камерах.

При установке малообъемных масляных выключателей с массой масла в одной фазе 60 кг и более в каждой камере должен предусматриваться порог, рассчитанный на удержание полного объема масла.

Выключатели, устанавливаемые в открытых камерах, должны быть отделены один от другого несгораемыми перегородками, выполненными в соответствии с требованиями пункта 892 настоящих Правил. Такими же перегородками или щитами эти выключатели должны быть отделены от привода. Верхняя кромка перегородки или щита должна находиться на высоте не менее 1,9 м от пола.

Требование об установке защитного щита не распространяется на установку воздушных выключателей.

977. Во взрывных коридорах не должно устанавливаться оборудование с открытыми токоведущими частями.

Взрывные коридоры должны иметь выходы, выполненные в соответствии с требованиями пункта 968 настоящих Правил.

978. В закрытых отдельно стоящих, пристроенных и встроенных в производственные помещения подстанциях, в камерах трансформаторов, масляных выключателей и других маслонаполненных аппаратов с массой масла в одном баке до 600 кг при расположении камер на первом этаже с дверями, выходящими наружу, маслосборные устройства не выполняются.

При массе масла в одном баке более 600 кг должен быть устроен пандус или порог из несгораемого материала в дверном проеме камер или в проеме вентиляционного канала, рассчитанный на удержание 20 % масла трансформатора или аппарата. Должны быть также предусмотрены меры против растекания масла через кабельные сооружения.

979. При сооружении камер над подвалом, на втором этаже и выше, а также при устройстве выхода из камер во взрывной коридор под трансформаторами, масляными выключателями и другими маслонаполненными аппаратами должны выполняться маслоприемники по одному из следующих способов:

1) при массе масла в одном баке от 60 до 600 кг:

в виде приямка, рассчитанного на полный объем масла;

путем устройства порога или пандуса у выхода из камеры, обеспечивающего удержание полного объема масла;

2) при массе масла в одном баке более 600 кг:

в виде маслоприемника, вмещающего не менее 20 % полного объема масла трансформатора или аппарата, с отводом масла в дренажную систему. Маслоотводные трубы от маслоприемников под трансформаторами должны иметь диаметр не менее 10 см. Со стороны маслоприемников маслоотводные трубы должны быть защищены сетками;

в виде маслоприемника без отвода масла в дренажную систему. В этом случае маслоприемник должен быть перекрыт решеткой со слоем гравия толщиной 25 см и должен быть рассчитан на полный объем масла;

уровень масла должен быть на 5 см ниже решетки. Верхний уровень гравия в маслоприемнике под трансформатором должен быть на 7,5 см ниже отверстия воздухе подводящего вентиляционного канала. Дно маслоприемника должно иметь уклон 20 в сторону приямка. Площадь маслоприемника должна быть больше площади основания трансформатора или аппарата;

3) при массе масла в трансформаторе или аппарате до 60 кг выполняется порог или пандус для удержания полного объема масла.

980. Вентиляция помещений трансформаторов и реакторов должна обеспечивать отвод выделяемой ими теплоты в таких количествах, чтобы при номинальной их нагрузке (с учетом перегрузочной способности) и максимальной расчетной температуре окружающей среды нагрев трансформаторов и реакторов не превышал максимально допустимого.

Вентиляция помещений трансформаторов и реакторов должна быть выполнена таким образом, чтобы разность температур воздуха, выходящего из помещения и входящего в него, не превосходила 15°С для трансформаторов, 30°С для реакторов на токи до 1000 А, 200 С для реакторов на токи более 1000 А.

При невозможности обеспечить теплообмен естественной вентиляцией необходимо предусматривать принудительную, при этом, должен быть предусмотрен контроль ее работы с помощью сигнальных аппаратов.

981. Взрывные коридоры, а также коридоры для обслуживания открытых камер или КРУ, содержащих оборудование, залитое маслом или компаундом, должны быть оборудованы аварийной вытяжной вентиляцией, включаемой извне и не связанной с другими вентиляционными устройствами. Аварийная вентиляция должна рассчитываться на пятикратный обмен воздуха в час.

В местах с низкими зимними температурами приточные и вытяжные вентиляционные отверстия должны быть снабжены утепленными клапанами, открываемыми извне.

982. В помещениях, в которых дежурный персонал находится 6 часов и более, должна быть обеспечена температура воздуха не ниже плюс 18°С и не выше плюс 28°С. Допускается устройство местных душирующих установок непосредственно на рабочем месте дежурного.

В помещениях щитов управления при отсутствии дежурного персонала и в ЗРУ должна быть обеспечена температура в соответствии с требованиями заводов-изготовителей аппаратуры, устанавливаемой в этих помещениях.

983. Проемы в междуэтажных перекрытиях, стенах, перегородках должны быть закрыты несгораемым материалом, обеспечивающим предел огнестойкости не менее 0,75 ч. Прочие отверстия и проемы в наружных стенах для предотвращения проникновения животных и птиц должны быть защищены сетками или решетками с ячейками размером 1х1 см, сетки должны находиться на высоте не менее 0,5 м от земли. Отверстия в местах прохождения кабелей должны иметь уплотнения с пределом огнестойкости 0,75 часов.

984. Перекрытия кабельных каналов и двойных полов должны быть выполнены съемными плитами из несгораемых материалов в уровень с чистым полом помещения. Масса отдельной плиты перекрытия должна быть не более 50 кг.

985. Пересечение камер аппаратов и трансформаторов кабелями, относящимися к другим цепям, не допускается, однако в исключительных случаях допускается выполнять их в трубах. Электропроводки освещения и цепей управления и измерения, расположенные внутри камер или же находящихся вблизи неизолированных токоведущих частей, допускаются только на коротких участках и притом лишь в той мере, в какой это необходимо для осуществления присоединений.

986. Прокладка в помещениях РУ относящихся к ним (нетранзитных) трубопроводов (отопление) допускается при условии применения цельных сварных труб без фланцев, вентилей, а вентиляционных сварных коробов - без люков, задвижек, фланцев и других подобных устройств. Допускается также транзитная прокладка трубопроводов или коробов при условии, что каждый трубопровод (короб) заключен в сплошной водонепроницаемый кожух.

## Парагаф 4. Внутрицеховые трансформаторные подстанции

987. Требования, приведенные в пунктах 988 и 1001 настоящих Правил, распространяются на внутрицеховые подстанции напряжением до 35 кВ за исключением преобразовательных подстанций и электротермических установок.

988. Внутрицеховые подстанции размещаются на первом и втором этажах в основных и вспомогательных помещениях производств, которые согласно противопожарным требованиям отнесены к категории Г или Д I или II степени огнестойкости, как открыто, так и в отдельных помещениях.

В помещениях, имеющих взрывоопасные или пожароопасные зоны, размещение внутрицеховых подстанций выполняются в соответствии с требованиями глав 24 и 25 настоящих Правил.

В помещениях пыльных и с химически активной средой устройство внутрицеховых подстанций допускается при условии принятия мер, обеспечивающих надежную работу их электрооборудования.

989. В производственных помещениях трансформаторы и РУ устанавливаются открыто и в камерах, и отдельных помещениях. При открытой установке токоведущие части трансформатора должны быть закрыты, а РУ размещены в шкафах защищенного или закрытого исполнения.

990. На внутрицеховой подстанции установка КТП или трансформаторов должна быть выполнена с соблюдением следующих требований:

1) на каждой открыто установленной внутрицеховой подстанции применяются масляные трансформаторы с суммарной мощностью до 3,2 МВ А. Расстояние в свету между масляными трансформаторами разных КТП, а также между огражденными камерами масляных трансформаторов должно быть не менее 10 м.;

2) в одном помещении внутрицеховой подстанции устанавливается КТП (допускается установка не более трех КТП) с масляными трансформаторами суммарной мощностью не более 6,5 МВ А.

При внутрицеховом расположении закрытой камеры масляного трансформатора масса масла должна быть не более 6,5 тонн.

Расстояние между отдельными помещениями разных КТП или между закрытыми камерами масляных трансформаторов, расположенных внутри производственного здания, не нормируется.

Ограждающие конструкции помещения внутрицеховой подстанции, в которых устанавливаются КТП с масляными трансформаторами, а также закрытых камер масляных трансформаторов и аппаратов с количеством масла 60 кг и более, должны быть выполнены из несгораемых материалов с пределом огнестойкости не менее 0,75 часов.

Требования подпункта 2) настоящего пункта распространяются также на пристроенные и встроенные подстанции, имеющие выкатку масляного трансформатора внутрь здания;

3) суммарная мощность масляных трансформаторов внутрицеховой подстанции, установленных на втором этаже, должна быть не более 1 МВ А.

Установка КТП с масляными трансформаторами и масляных трансформаторов выше второго этажа не допускается;

4) для внутрицеховых подстанций с трансформаторами сухими или с негорючим жидким (твердым) диэлектриком их мощность, количество, расстояния между ними, а также этаж их установки не ограничиваются.

991. Под каждым масляным трансформатором и аппаратом с массой масла 60 кг и более должен быть устроен маслоприемник в соответствии с требованиями подпункта 2) пункта 979 натсоящих Правил, как для трансформаторов и аппаратов с массой масла более 600 килограмм.

992. Выключатели, устанавливаемые на внутрицеховых подстанциях, должны быть, безмасляные или малообъемные масляные.

Установка баковых масляных выключателей допускается только в закрытых камерах при соблюдении следующих условий:

1) количество выключателей должно быть не более трех;

2) масса масла в каждом выключателе должна быть не более 60 килограмм.

993. При устройстве вентиляции камер трансформаторов на подстанциях, размещаемых в производственных помещениях с нормальной средой, разрешается забирать воздух непосредственно из цеха.

Для вентиляции камер трансформаторов, размещаемых в помещениях с воздухом, содержащим пыль либо токопроводящие или разъедающие смеси, воздух должен забираться извне или очищаться фильтрами.

В зданиях с несгораемыми перекрытиями отвод воздуха из камер трансформаторов разрешается непосредственно в цех.

В зданиях с трудносгораемыми перекрытиями выпуск воздуха из камер трансформаторов должен производиться по вытяжным шахтам, выведенным выше кровли здания не менее чем на 1 м и выполненным в соответствии с пунктом 1119 настоящих Правил.

994. В случае применения искусственной вентиляции камер трансформаторов автоматическое отключение вентиляционного устройства одновременно с отключением трансформатора может не предусматриваться.

995. При установке КТП в отдельных помещениях вентиляция трансформаторов должна отвечать требованиям, приведенным в пункте 979 настоящих Правил.

996. Полы подстанции должны быть не ниже уровня пола цеха; пол в помещении для КРУ и КТП должен быть рассчитан на частое перемещение тележек без повреждения его поверхности.

997. Двери камер маслонаполненных силовых трансформаторов и баковых выключателей должны иметь предел огнестойкости не менее 0,6 чпсов.

998. При расположении подстанции в непосредственной близости от путей внутрицехового транспорта или крановых путей, подъемно-транспортных механизмов должны быть приняты меры для защиты подстанций от случайных повреждений (световая сигнализация, отбойные тумбы).

КРУ и КТП размещаются в пределах «мертвой зоны» работы этих механизмов.

В цехах с интенсивным движением внутризаводского транспорта, а также при насыщенности цеха оборудованием, материалами и готовыми изделиями КРУ и КТП ограждаются. При этом, внутри ограждений должны быть выдержаны проходы шириной не менее приведенной в пункте 999 настоящих Правил.

999. Ширина прохода вдоль КРУ и КТП, а также вдоль стен подстанции, имеющих двери или вентиляционные отверстия, должна быть не менее 1 м, кроме того, должна быть обеспечена возможность выкатки трансформаторов и других аппаратов.

1000. Ширина прохода для управления и ремонта КРУ выкатного типа и КТП должна обеспечивать удобство обслуживания, перемещения и разворота оборудования и его ремонта.

При установке КРУ и КТП в отдельных помещениях ширина прохода должна определяться, исходя из следующих условий:

1) для однорядного исполнения - длина тележки КРУ плюс не менее 0,6 метра;

2) для двухрядного исполнения - длина тележки КРУ плюс не менее 0,8 метра.

Во всех случаях ширина прохода должна быть не менее приведенной в пункте 963 настоящих Правил (при этом, сужение прохода напротив выкатываемых тележек не допускается) и не менее размера тележки по диагонали.

При наличии прохода с задней стороны КРУ и КТП для их осмотра ширина его должна быть не менее 0,8 метра, допускаются отдельные местные сужения не более чем на 0,2 метра.

При открытой установке КРУ и КТП в производственных помещениях ширина свободного прохода должна определяться расположением производственного оборудования, обеспечивать возможность транспортирования наиболее крупных элементов КРУ и КТП и, во всяком случае, должна быть не менее 1 метра.

1001. Высота помещения должна быть не менее высоты КРУ (КТП), считая от выступающих частей шкафов, плюс 0,8 метра до потолка и 0,3 метра до балок. Допускается меньшая высота помещения, если при этом, обеспечиваются удобство и безопасность замены, ремонта и наладки оборудования КРУ (КТП).

1002. Расчетные нагрузки на перекрытия помещений по пути транспортировки КРУ (КТП) должны приниматься с учетом массы наиболее тяжелой части устройства, а проемы должны соответствовать габаритам транспортируемых частей.

## Параграф 5. Столбовые (мачтовые) трансформаторные подстанции

1003. Правила, приведенные в пунктах 1003-1011 настоящих Правил, распространяются на столбовые подстанции до 35 кВ мощностью не более 0,4 МВ.А.

1004. Присоединение трансформатора к сети высшего напряжения должно осуществляться при помощи предохранителей и разъединителя, управляемого с земли. Привод разъединителя должен запираться на замок. Разъединитель, устанавливается на концевой опоре ВЛ.

1005. Трансформатор должен быть установлен на высоте не менее 4,5 метра, считая от земли до токоведущих частей. Для обслуживания подстанций на высоте не менее 3 метров должна быть устроена площадка с перилами. Для подъема на площадку применяются лестницы с устройством, сблокированным с разъединителем и запрещающим подъем по лестнице при включенном разъединителе.

Для подстанций, расположенных на одностоечных опорах, устройство площадок и лестниц не обязательно.

1006. Части, остающиеся под напряжением при отключенном положении разъединителя, должны находиться на высоте не менее 2,5 метра от уровня площадки обслуживания для подстанций 10 кВ и не менее 3,1 метра для подстанций 35 кВ. Положение разъединителя должно быть видно с площадки. Разъединитель должен иметь заземляющие ножи со стороны трансформатора.

1007. Щиток низшего напряжения подстанции должен быть заключен в шкаф. Для отключения трансформатора со стороны низшего напряжения должен быть установлен аппарат, обеспечивающий видимый разрыв.

1008. Электропроводка между трансформатором и щитком, а также между щитком и ВЛ низшего напряжения должна быть защищена от механических повреждений (трубой, швеллером) и выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в главе 11 настоящих Правил.

1009. Расстояние от земли до изоляторов вывода на ВЛ до 1 кВ должно быть не менее 4 метра.

1010. По условию пожарной безопасности подстанция должна быть расположена на расстоянии не менее 3 метра от зданий I, II и III степеней огнестойкости и 5 метра от зданий IV и V степеней огнестойкости.

1011. Конструкции столбовых подстанций, используемые как опоры ВЛ, должны быть анкерными или концевыми. Это требование не распространяется на одностоечные подстанции.

1012. В местах возможного наезда транспорта столбовые подстанции должны быть защищены отбойными тумбами.

## Параграф 6. Защита от грозовых перенапряжений

1013. Открытые распределительные устройства и открытые подстанции 20-500 кВ должны быть защищены от прямых ударов молнии. Выполнение защиты от прямых ударов молнии не требуется для подстанций 20 и 35 кВ с трансформаторами единичной мощностью 1,6 МВЧА и менее независимо от числа грозовых часов в году, для всех ОРУ и подстанций 20 и 35 кВ в районах с числом грозовых часов в году не более 20, а также для ОРУ и подстанций 220 кВ и ниже на площадках с эквивалентным удельным сопротивлением земли в грозовой сезон более 2000 ОмЧм при числе грозовых часов в году не более 20.

Здания ЗРУ и закрытых подстанций защищаются от прямых ударов молнии в районах с числом грозовых часов в году более 20.

Защиту зданий ЗРУ и закрытых подстанций, имеющих металлические покрытия кровли или железобетонные несущие конструкции кровли, выполняются заземлением этих покрытий (конструкций). Для защиты зданий ЗРУ и закрытых подстанций, крыша которых не имеет металлических или железобетонных покрытий либо несущих конструкций или не может быть заземлена, устанавливаются стержневые молниеотводы или молниеприемные сетки непосредственно на крыше зданий.

Расположенные на территории подстанций здания трансформаторной башни, маслохозяйства, электролизной, синхронных компенсаторов, а также резервуары с горючими жидкостями или газами и места хранения баллонов водорода должны быть защищены от прямых ударов молнии и вторичных ее проявлений.

1014. Защита от прямых ударов молнии ОРУ 220 кВ и выше выполняется стержневыми молниеотводами, устанавливаемыми, на конструкциях ОРУ. Используются также защитное действие высоких объектов, которые являются молниеприемниками (опоры ВЛ, прожекторные мачты, радиомачты). Установка молниеотводов на порталах, расположенных вблизи трансформаторов или шунтирующих реакторов, допускается при выполнении требований пункта 1014 настоящих Правил.

На конструкциях ОРУ 110 кВ стержневые молниеотводы устанавливаются при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон до 1000 ОмЧм - независимо от площади заземляющего контура подстанции более 1000 и до 2000 ОмЧм - при площади заземляющего контура подстанции 10 000 $м^2$ и более.

От стоек конструкций ОРУ 110 кВ с молниеотводами должно быть обеспечено растекание тока молнии по магистралям заземления не менее чем в двух-трех направлениях. Кроме того, должны быть установлены один-два вертикальных электрода длиной 3-5 м на расстоянии не менее длины электрода от стойки, на которой установлен молниеотвод.

Установка молниеотводов на конструкциях ОРУ 35 кВ допускается при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон:

1) до 500 ОмЧм независимо от площади заземляющего контура подстанции;

2) более 500 и до 750 ОмЧм при площади заземляющего контура подстанции 10 000 м2 и более.

От стоек конструкций ОРУ 35 кВ с молниеотводами должно быть обеспечено растекание тока молнии по магистралям заземления в трех-четырех направлениях. Кроме того, должны быть установлены два-три вертикальных электрода длиной 3-5 м на расстоянии не менее длины электрода от стойки с молниеотводом.

Гирлянды подвесной изоляции на порталах ОРУ 35 кВ с тросовыми или стержневыми молниеотводами, а также на концевых опорах ВЛ 35 кВ в случае, если трос ВЛ не заводится на подстанцию, должны иметь на два изолятора больше требуемого для ОРУ 35 кВ, предназначенного для работы в районах с I степенью загрязненности атмосферы.

Расстояние по воздуху от конструкций ОРУ, на которых установлены молниеотводы, до токоведущих частей, должно быть не менее длины гирлянды.

1015. На трансформаторных порталах, порталах шунтирующих реакторов и конструкциях ОРУ, удаленных от трансформаторов или реакторов по магистралям заземления на расстояние менее 15 м, молниеотводы устанавливаются при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон не более 350 ОмЧм и при соблюдении следующих условий:

1) непосредственно на всех выводах обмоток 3-35 кВ трансформаторов или на расстоянии не более 5 м от них по ошиновке, включая ответвления к разрядникам, должны быть установлены вентильные разрядники;

2) должно быть обеспечено растекание тока молнии от стойки конструкции с молниеотводом по трем-четырем магистралям заземления;

3) на магистралях заземления, на расстоянии 3-5 м от стойки с молниеотводом, должно быть установлено два-три вертикальных электрода длиной 5 м.;

4) на подстанциях с высшим напряжением 20 и 35 кВ при установке молниеотвода на трансформаторном портале сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом без учета заземлителей, расположенных вне контура заземления ОРУ;

5) заземляющие проводники вентильных разрядников и трансформаторов присоединяются к заземляющему устройству подстанции поблизости один от другого или выполнять их так, чтобы место присоединения вентильного разрядника к заземляющему устройству находилось между точками присоединения заземляющих проводников портала с молниеотводом и трансформатора.

1016. Защиту от прямых ударов молнии ОРУ, на конструкциях которых установка молниеотводов не допускается или нецелесообразна по конструктивным соображениям, выполняется отдельно стоящими молниеотводами, имеющими обособленные заземлители с сопротивлением не более 80 Ом.

Расстояние $S_з$, м, между обособленным заземлителем молниеотвода и заземляющим устройством ОРУ (подстанции) должно быть равным (но не менее 3 м)

$$S_з \geq 0{,}2R_з,$$

где $R_з$ - сопротивление заземления отдельно стоящего молниеотвода, которое должно быть не более 40 Ом. При этом, грозотрос не должен заводиться на линейный портал, а первый пролет должен быть защищен отдельно стоящим молниеотводом.

Расстояние по воздуху $S_{в,о}$, м, от отдельно стоящего молниеотвода с обособленным заземлителем до токоведущих частей, заземленных конструкций и оборудования ОРУ (подстанции) должно быть равным (но не менее 5 м)

$$S_{в,о} > 0{,}12\ R_з + 0{,}1\ H,$$

где H - высота рассматриваемой точки молниеотвода над уровнем земли, м.

Заземлители отдельно стоящих молниеотводов в ОРУ присоединяются к заземляющему устройству ОРУ (подстанции) при соблюдении указанных в пункте 1013 настоящих правил условий установки молниеотводов на конструкциях ОРУ. Место присоединения заземлителя отдельно стоящего молниеотвода к заземляющему устройству подстанции должно быть удалено по магистралям заземления на расстояние не менее 15 м от места присоединения к нему трансформатора (реактора). В месте присоединения заземлителя отдельно стоящего молниеотвода к заземляющему устройству ОРУ 35-110 кВ должно быть выполнено два-три направления по магистралям заземления.

Заземлители отдельно стоящих молниеотводов, установленных на прожекторных мачтах, должны быть присоединены к заземляющему устройству подстанции. При этом, в случае несоблюдения условий, указанных в пункте 1013 настоящих Правил, дополнительно к общим требованиям присоединения заземлителей отдельно стоящих молниеотводов должны быть соблюдены следующие требования:

1) на расстоянии 5 м от молниеотвода устанавливаются три-четыре вертикальных электрода длиной 3-5 м.;

2) если расстояние по магистралям заземления от места присоединения заземлителя молниеотвода к заземляющему устройству до места присоединения к нему трансформатора (реактора) превышает 15 м, но менее 40 м, то вблизи выводов обмоток напряжением до 35 кВ трансформатора должны быть установлены вентильные разрядники.

Расстояние по воздуху $S_{в,с}$, м, от отдельно стоящего молниеотвода, заземлитель которого соединен с заземляющим устройством ОРУ (подстанции), до токоведущих частей должно составлять:

$$S_{в,с} > 0,1\ H + т,$$

где H - высота токоведущих частей над уровнем земли, м;

т - длина гирлянды изоляторов, м.

1017. Тросовые молниеотводы на подходах ВЛ 35 кВ к тем ОРУ, к которым не допускается их присоединение, должны заканчиваться на ближайшей к ОРУ опоре. От стоек конструкций ОРУ 110 и 150 кВ, к которым присоединены тросовые молниеотводы, должно быть выполнено два-три направления магистралей заземления. Первый от ОРУ бестросовый пролет этих ВЛ должен быть защищен стержневыми молниеотводами, устанавливаемыми на подстанциях, опорах ВЛ или около ВЛ.

Тросовые молниеотводы, защищающие подходы ВЛ 35 кВ, разрешается присоединять к заземленным конструкциям ОРУ при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон до 750 Ом м - независимо от площади заземляющего контура подстанции более 750 и до 1000 ОмЧм - при площади заземляющего контура подстанции 10 000 $м^2$ и более.

От стоек конструкций ОРУ 35 кВ, к которым присоединены тросовые молниеотводы, должно быть выполнено по два-три направления магистралей заземления. Кроме того, должно быть установлено два-три вертикальных электрода длиной 3-5 м на расстоянии не менее длины электрода от стойки, к которой присоединен молниеотвод.

Сопротивление заземлителя ближайшей к ОРУ опоры ВЛ 35 кВ не должно превышать 10 Ом.

1018. Место присоединения конструкции со стержневым или тросовым молниеотводом к заземляющему контуру подстанции должно быть расположено на расстоянии не менее 15 м по магистралям заземления от места присоединения к нему трансформатора (реактора).

1019. Устройство и защита подходов ВЛ к ОРУ и подстанциям должны отвечать помимо требований, приведенных в пунктах 1016, 1021-1026, 1027-1040 настоящих Правил.

Вместо вентильных и трубчатых разрядников во всех случаях применяются ограничители перенапряжений.

1020. Не допускается установка молниеотводов на конструкциях ОРУ, находящихся на расстоянии менее 15 метра от трансформаторов, к которым гибкими связями или открытыми шинопроводами присоединены вращающиеся машины, от открытых шинопроводов и от опор гибких связей, если к ним присоединены вращающиеся машины.

Порталы трансформаторов, связанных открытыми шинопроводами или гибкими связями с вращающимися машинами, должны входить в зоны защиты отдельно стоящих или установленных на других конструкциях молниеотводов.

1021. При использовании прожекторных мачт в качестве молниеотводов подводка электропитания к прожекторам на участке от точки выхода из кабельного сооружения до прожекторной мачты и далее по мачте должна быть выполнена кабелями с металлической оболочкой либо кабелями без металлической оболочки в трубах. Около молниеотвода эти кабели должны быть проложены непосредственно в земле на протяжении не менее 10 метра.

В месте ввода кабелей в кабельное сооружение металлическая оболочка кабелей, броня и металлическая труба должны быть соединены с заземляющим устройством подстанции.

1022. Защита ВЛ 35 кВ и выше от прямых ударов молнии на подходах к РУ (подстанциям) должна быть выполнена тросовыми молниеотводами. Длина защищенных тросом подходов с повышенным защитным уровнем, сопротивление заземления опор, количество и защитные углы тросовых молниеотводов должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 134 приложения к настоящим Правилам.

На каждой опоре подхода трос должен быть присоединен к заземлителю опоры.

В районах со слабой интенсивностью грозовой деятельности допускается увеличение по сравнению с приведенными в таблице 134 приложения к настоящим Правилам сопротивлений заземляющих устройств опор на подходах ВЛ 35-220 кВ к подстанциям при числе грозовых часов в году менее 20 - в 1,5 раза менее 10 - в 3 раза.

Если выполнение заземлителей с требуемыми сопротивлениями заземления оказывается невозможным, должны быть применены заземлители-противовесы.

В особо гололедных районах и в районах с эквивалентным удельным сопротивлением земли более 1000 Ом м допускается выполнение защиты подходов ВЛ к РУ (подстанциям) отдельно стоящими стержневыми молниеотводами, сопротивление заземлителей которых не нормируется.

1023. В районах, имеющих не более 60 грозовых часов в году, допускается не выполнять защиту тросом подхода ВЛ 35 кВ к подстанциям 35 кВ с двумя трансформаторами мощностью до 1,6 МВ А каждый или с одним трансформатором мощностью до 1,6 МВ А и наличием резервного питания нагрузки со стороны низшего напряжения. При этом, опоры подхода ВЛ к подстанциям на длине не менее 0,5 км должны иметь заземлители с сопротивлением, указанным в таблице 134 приложения к настоящим Правилам. При выполнении ВЛ на деревянных опорах, кроме того, требуется на подходе ВЛ длиной 0,5 км присоединять крепления изоляторов к заземлителю опор и устанавливать комплект трубчатых разрядников на первой опоре подхода со стороны ВЛ. Расстояние между вентильными разрядниками и трансформатором должно быть не более 10 м.

При отсутствии резервного питания на подстанции с одним трансформатором мощностью до 1,6 МВЧА подходы ВЛ 35 кВ к подстанции должны быть защищены тросом на длине не менее 0,5 км.

1024. На первой опоре подхода к подстанциям ВЛ 35-220 кВ, считая со стороны линии, должен быть установлен комплект трубчатых разрядников (РТ1) в следующих случаях:

1) линия по всей длине, включая подход, построена на деревянных опорах;

2) линия построена на деревянных опорах, подход линии - на металлических или железобетонных опорах;

3) на подходах ВЛ 35 кВ на деревянных опорах к подстанциям 35 кВ, защита которых выполняется упрощенно в соответствии с пунктом 1022 настоящих Правил.

Установка РТ1 в начале подходов ВЛ, построенных по всей длине на металлических или железобетонных опорах, не требуется.

Сопротивление заземляющего устройства опор с трубчатыми разрядниками должно быть не более 10 Ом при удельном сопротивлении земли не выше 1000 Ом м и не более 15 Ом при более высоком удельном сопротивлении. На деревянных опорах заземляющие спуски от РТ1 должны быть проложены по всем стойкам.

На ВЛ 35-110 кВ, которые имеют защиту тросом не по всей длине и в грозовой сезон могут быть длительно отключены с одной стороны, устанавливается комплект трубчатых разрядников (РТ2) на входных порталах или на первой от подстанции опоре того конца ВЛ, который может быть отключен. При наличии на отключенном конце ВЛ

трансформаторов напряжения вместо РТ2 должны быть установлены вентильные разрядники.

Расстояние от РТ2 до отключенного аппарата должно быть не более 60 м для ВЛ 110 кВ и не более 40 м - для ВЛ напряжением 35 кВ.

1025. На ВЛ работающих на пониженном относительно класса изоляции напряжении, на первой опоре защищенного подхода ее к подстанции считая со стороны линии, должны быть установлены трубчатые разрядники класса напряжения, соответствующего рабочему напряжению линии.

При отсутствии трубчатых разрядников на требуемые классы напряжения или значения токов КЗ допускается устанавливать защитные промежутки или шунтировать часть изоляторов в гирляндах на одной-двух смежных опорах (при отсутствии загрязнения изоляции промышленными, солончаковыми, морскими и другими уносами). Количество изоляторов в гирляндах, оставшихся незашунтированными, должно соответствовать рабочему напряжению.

На ВЛ с изоляцией, усиленной по условию загрязнения атмосферы, если начало защищенного подхода находится в зоне усиленной изоляции, на первой опоре защищенного подхода должен устанавливаться комплект трубчатых разрядников, соответствующих рабочему напряжению ВЛ. При отсутствии трубчатых разрядников на требуемые классы напряжения или значения токов КЗ допускается устанавливать защитные промежутки.

1026. Трубчатые разрядники должны быть выбраны по токам КЗ в соответствии со следующими требованиями:

1) для сетей до 35 кВ (с нейтралью, изолированной или заземленной через дугогасящий реактор) верхний предел тока, отключаемого трубчатым разрядником, должен быть не менее наибольшего возможного тока трехфазного КЗ, а нижний предел - не более наименьшего возможного установившегося тока двухфазного КЗ;

2) для сетей 110 кВ и выше с большим током замыкания на землю трубчатый разрядник выбирается по наибольшему возможному току однофазного или трехфазного КЗ и по наименьшему возможному установившемуся току однофазного или двухфазного замыкания.

При отсутствии трубчатых разрядников на требуемые значения токов КЗ допускается применять вместо них основные защитные промежутки. На ВЛ 220 кВ с деревянными опорами при отсутствии трубчатых разрядников должны быть заземлены на одной-двух опорах подвески гирлянд, при этом, число изоляторов должно быть таким же, как для металлических опор.

Размеры основных защитных промежутков приведены в таблице 135 приложения к настоящим Правилам.

1027. На ВЛ до 35 кВ с деревянными опорами в заземляющих спусках защитных промежутков выполняются дополнительные защитные промежутки, установленные на высоте не менее 2,5 м от земли. Размеры дополнительных защитных промежутков приведены в таблице 135 приложения к настоящим Правилам.

1028. В РУ 35 кВ и выше, к которым присоединены ВЛ, должны быть установлены вентильные разрядники (ограничители перенапряжения).

Вентильные разрядники (ограничители перенапряжения) выбираются с учетом координации их защитных характеристик с изоляцией защищаемого оборудования и соответствия напряжения гашения разрядников напряжению в месте их установки при замыкании на землю одной фазы сети. При увеличенных расстояниях между разрядниками и защищаемым оборудованием с целью сократить количество устанавливаемых разрядников примененяются вентильные разрядники (ограничители перенапряжения) с характеристиками выше требуемых по условиям координации изоляции.

Расстояния по шинам, включая ответвления, от разрядников до трансформаторов и аппаратов должны быть не более указанных в таблице 136 приложения к настоящим Правилам.

Определение наибольших допустимых расстояний между вентильными разрядниками (ограничителями перенапряжения) и защищаемым оборудованием производится, исходя из количества линий и вентильных разрядников (ограничители перенапряжения), включенных в нормальном режиме работы РУ (подстанции).

Количество и места установки вентильных разрядников (ограничителей перенапряжения) выбираются, исходя из принятых на расчетный период схем электрических соединений, количества ВЛ и трансформаторов. При этом, расстояния от защищаемого оборудования до вентильных разрядников (ограничителей перенапряжения) должны быть в пределах допускаемых также в пусковой период и на промежуточных этапах длительностью, равной грозовому сезону или более. Аварийные и ремонтные режимы работы при этом, не учитываются.

1029. Вентильные разрядники (ограничители перенапряжения) должны быть установлены без коммутационных аппаратов в цепи между разрядником и трансформатором (автотрансформатором, шунтирующим реактором) в случаях защиты:

1) обмоток всех напряжений силовых трансформаторов, имеющих автотрансформаторную связь;

2) обмоток 220 и 500 кВ трансформаторов;

3) обмоток 110 и 220 кВ трансформаторов, имеющих уровень изоляции.

Для защиты шунтирующих реакторов 110-500 кВ и цепей коммутируемых вакуумными выключателями до 35 кВ должны использоваться ограничители перенапряжений.

Расстояния от вентильных разрядников (ограничителей перенапряжения) до трансформаторов (автотрансформаторов, шунтирующих реакторов) и до аппаратов должны быть не более приведенных в таблице 136 и 137 приложения настоящих Правил. При превышении указанных расстояний должны быть дополнительно установлены разрядники на шинах.

1030. При присоединении трансформатора к РУ кабельной линией 110 кВ и выше в месте присоединения кабеля к шинам РУ должен быть установлен комплект вентильных разрядников (ограничителей перенапряжения). Заземляющий зажим разрядника должен быть присоединен к металлическим оболочкам кабеля.

В случае присоединения к шинам РУ нескольких кабелей, непосредственно соединенных с трансформаторами, на шинах РУ устанавливается один комплект вентильных разрядников. Место установки разрядника выбирается возможно ближе к местам присоединения кабелей.

1031. Неиспользуемые обмотки низшего и среднего напряжения силовых трансформаторов (автотрансформаторов) должны быть соединены в звезду или треугольник и защищены вентильными разрядниками (ограничителями перенапряжения), включенными между вводами каждой фазы и землей. Защита неиспользуемых обмоток низшего напряжения, расположенных первыми от магнитопровода может быть выполнена заземлением одной из вершин треугольника, одной из фаз звезды или нейтрали либо установкой вентильного разрядника соответствующего класса напряжения на каждой фазе.

Защита неиспользуемых обмоток не требуется, если к ним постоянно присоединена кабельная линия длиной не менее 30 м, имеющая заземленную оболочку или броню.

1032. Для защиты нейтралей обмоток 110-220 кВ силовых трансформаторов имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью устанавливаются вентильные разрядники (ограничители перенапряжения). В нейтрали трансформаторов, изоляция которой не допускает разземления, установка разъединителей не допускается.

1033. Шунтирующие реакторы 500 кВ должны быть защищены от грозовых и внутренних перенапряжений ограничителями перенапряжений, устанавливаемыми на присоединениях реакторов.

1034. Распределительные устройства до 20 кВ, к которым присоединены ВЛ, должны быть защищены вентильными разрядниками (ограничителями перенапряжения), установленными на шинах или у трансформатора.

В РУ до 10 кВ при выполнении связи трансформаторов с шинами при помощи кабелей расстояния от вентильных разрядников (ограничителей перенапряжения) до трансформаторов и аппаратов не ограничиваются (за исключением случаев, указанных в пункте 1014 настоящих Правил).

При применении воздушной связи трансформаторов с шинами РУ до 10 кВ расстояния от вентильных разрядников (ограничителей перенапряжения) до трансформаторов и аппаратов не должны превышать 60 м при ВЛ на деревянных опорах и 90 м при ВЛ на металлических и железобетонных опорах.

Защита подходов ВЛ до 20 кВ к подстанциям тросовыми молниеотводами не требуется.

На подходах к подстанциям ВЛ до 20 кВ с деревянными опорами на расстоянии 200-300 м от подстанции должен быть установлен комплект трубчатых разрядников (РТ1).

На ВЛ до 20 кВ, которые в грозовой сезон могут быть длительно отключены с одной стороны, устанавливается комплект трубчатых разрядников (РТ2) на конструкции, подстанции или на концевой опоре того конца ВЛ, который может быть длительно отключен. При наличии на отключенном конце ВЛ трансформаторов напряжения вместо РТ2 должны быть установлены вентильные разрядники (ограничители перенапряжения). Расстояние от разрядников до отключенного аппарата должно быть не более 15 м.

Сопротивление заземления РТ1 и РТ2 не должны превышать 10 Ом при удельном сопротивлении земли до 100 ОмЧм и 15 Ом при более высоком удельном сопротивлении.

На подходах к подстанциям ВЛ до 20 кВ с металлическими и железобетонными опорами установка трубчатых разрядников (комплектов РТ1 и РТ2) не требуется.

Защита подстанций до 20 кВ, с низшим напряжением до 1 кВ, присоединенных к ВЛ до 20 кВ, должна выполняться вентильными разрядниками (ограничителями перенапряжения), устанавливаемыми с высокой и низкой сторон подстанции.

При мощности трансформатора до 0,63 МВЧА допускается не устанавливать трубчатые разрядники на подходе ВЛ до 20 кВ с деревянными опорами.

При установке вентильного разрядника (ограничителя перенапряжения) в одной ячейке с трансформатором напряжения разрядник присоединяется до предохранителя.

1035. Кабельные вставки 35-220 кВ при их длине менее 1,5 км должны быть защищены с обеих сторон трубчатыми или вентильными разрядниками (ограничителями перенапряжения). Кабели 35—110 кВ защищаются вентильными разрядниками (ограничителями перенапряжения) типа РВС или трубчатыми разрядниками, а кабели 220 кВ - вентильными разрядниками типа РВМГ. При длине кабеля 1,5 км и более установка разрядников по концам кабеля не требуется.

В случае присоединения ВЛ до 20 кВ к подстанции при помощи кабельной вставки длиной до 50 м в месте присоединения кабеля к ВЛ должен быть установлен комплект трубчатых разрядников. Если ВЛ выполнена на деревянных опорах, на расстоянии 200-300 м от конца кабеля устанавливается второй комплект трубчатых разрядников.

При применении кабельной вставки длиной более 50 м в месте присоединения кабеля к ВЛ устанавливается комплект вентильных разрядников (ограничителей перенапряжения).

Разрядники должны быть соединены кратчайшим путем с металлическими оболочками кабеля и присоединены к заземлителю. Сопротивление заземлителя должно быть не более приведенных в пункте 1033 настоящих Правил.

1036. Защиту подстанций 35-110 кВ с трансформаторами мощностью до 40 МВЧА, присоединяемых к ответвлениям протяженностью менее требуемой длины защищаемого подхода (таблиц 134 и 136 приложения к настоящим Правилам) от действующих ВЛ с деревянными, металлическими или железобетонными опорами без троса, допускается выполнять по упрощенной схеме (рисунок 16), включающей:

1) вентильные разрядники (ограничители перенапряжения), устанавливаемые на подстанции на расстоянии не более 10 м от силового трансформатора;

2) тросовые молниеотводы подхода к подстанции на всей длине ответвления, при длине ответвления менее 150 м дополнительно защищаются тросовыми или стержневыми молниеотводами по одному пролету действующей ВЛ в обе стороны от ответвления;

3) комплекты РТ1 и РТ2 с сопротивлением заземления каждого комплекта не более 10 Ом, устанавливаемые на деревянных опорах РТ2 - на первой опоре с тросом со стороны ВЛ или на границе участка, защищаемого стержневыми молниеотводами РТ1 - на незащищенном участке ВЛ на расстоянии 150-200 м от РТ2.

При длине захода более 500 м установка РТ1 не требуется.

Защита подстанций, на которых расстояния между вентильными разрядниками (ограничителями перенапряжения) и трансформаторами превышают 10 м, выполняется в соответствии с требованиями, приведенными в пунктах 1021, 1027 настоящих Правил.

Упрощенную защиту подстанций в соответствии с указанными выше требованиями допускается выполнять и в случае присоединения подстанций к действующим ВЛ с помощью коротких заходов (рисунок 17 приложения к настоящим Правилам). При этом, трансформаторы должны быть защищены вентильными разрядниками типа РВМГ.

Выполнение грозозащиты подстанций, присоединяемых к вновь вооружаемым ВЛ, по упрощенным схемам не допускается.

1037. В районах с удельным сопротивлением земли 1000 ОмЧм и более сопротивление заземления РТ1 и РТ2 35-110 кВ, устанавливаемых для защиты тех подстанций, которые присоединяются к действующим ВЛ на ответвлениях или с помощью коротких заходов, может быть более 10, но не более 30 Ом. При этом, заземляющий контур РТ2 должен быть соединен с заземляющим контуром подстанции протяженным заземлителем.

1038. Разъединители, устанавливаемые на опорах ВЛ до 110 кВ, имеющих защиту тросом не по всей длине, защищаются трубчатыми разрядниками, устанавливаемыми на тех же опорах со стороны потребителя. Если разъединитель может иметь длительно отключенное положение, трубчатые разрядники должны быть установлены на той же опоре с каждой стороны, находящейся под напряжением.

При установке разъединителей на расстоянии до 25 м по длине ВЛ от места подключения линии к подстанции или распределительному пункту установка разрядников на опоре, не требуется. Если эти разъединители могут иметь длительно отключенное положение, со стороны ВЛ на опоре должны быть установлены разрядники.

На ВЛ до 20 кВ с железобетонными и металлическими опорами допускается не устанавливать разрядники для защиты разъединителей, имеющих изоляцию того же класса напряжения, что и ВЛ.

Установка разъединителей в тех пределах защищаемых тросом подходов ВЛ, которые указаны в пунктах 1035, 1043 и в таблице 136 приложения к настоящим Правилам, допускается на первой опоре, считая со стороны линии, а также как исключение на остальных опорах подхода при условии применения разъединителей, имеющих изоляцию не ниже изоляции на той же опоре.

1039. Сопротивление заземления трубчатых разрядников, указанных в пункте 1037 настоящих Правил, должно удовлетворять требованиям, приведенным в главе 8 настоящих Правил.

1040. Ответвление от ВЛ, выполняемое на металлических или железобетонных опорах, должно быть защищено тросом по всей длине, если оно присоединено к ВЛ, защищенной тросом по всей длине и питающей ответственные электроустановки.

При выполнении ответвления на деревянных опорах в месте его присоединения к линии должен быть установлен комплект трубчатых разрядников.

1041. Для защиты переключательных пунктов 3-10 кВ должны быть установлены трубчатые разрядники - по одному комплекту на концевой опоре каждой питающей ВЛ с деревянными опорами. При этом, разрядники присоединяются к заземляющему устройству переключательного пункта.

## Параграф 7. Защита вращающихся электрических машин от грозовых перенапряжений

1042. Воздушные линии с металлическими и железобетонными опорами допускается присоединять к генераторам (синхронным компенсаторам) мощностью до 50 МВт (до 50 МВЧ1).

Воздушные линии с деревянными опорами допускается присоединять к генераторам (синхронным компенсаторам) мощностью до 25 МВт (до 25 МВЧ1).

Присоединение ВЛ к генераторам (синхронным компенсаторам) мощностью более 50 МВт (более 50 МВЧ1) допускается только при помощи разделительного трансформатора.

1043. Для защиты генераторов и синхронных компенсаторов, а также электродвигателей мощностью более 3 МВт, присоединяемых к ВЛ, должны быть применены вентильные разрядники 1 группы и емкости не менее 0,5 мкФ на фазу. Кроме того, должна быть выполнена защита подхода ВЛ к электростанции (подстанции) с уровнем грозоупорности не менее 50 кА. Вентильные разрядники устанавливаются для защиты, генераторов (синхронных компенсаторов) мощностью более 15 МВт (более 15 МВЧ1) - на присоединении каждого генератора (синхронного компенсатор1); 15 МВт и менее (15 МВЧА и менее) - на шинах (секциях шин) генераторного напряжения; электродвигателей мощностью более 3 МВт - на шинах РУ.

При защите генераторов (синхронных компенсаторов) с выведенной нейтралью, не имеющих витковой изоляции (машины со стержневой обмоткой) мощностью 20 МВт и более (20 МВЧА и более), вместо емкостей 0,5 мкФ на фазу может быть применен вентильный разрядник в нейтрали генератора (синхронного компенсатор1) на номинальное напряжение машины. Установка защитных емкостей не требуется, если суммарная емкость присоединенных к генераторам (синхронным компенсаторам) участков кабелей длиной до 100 м составляет 0,5 мкФ и более на фазу.

1044. Если вращающиеся машины и ВЛ присоединены к общим шинам электростанции или подстанции, то подходы этих ВЛ должны быть защищены от грозовых воздействий с соблюдением следующих требований:

1) подход ВЛ с железобетонными опорами должен быть защищен тросом на протяжении не менее 300 м, в начале подхода должен быть установлен комплект трубчатых разрядников (рисунок 18). Опоры защищенного тросом подхода ВЛ должны иметь деревянные траверсы с расстоянием не менее 1 м по дереву от точки крепления гирлянды изоляторов до стойки опоры. Провода ВЛ подвешиваются на гирляндах изоляторов (на изоляторах), соответствующих классу напряжения 35 кВ. Сопротивление заземления трубчатых разрядников не должно превышать 5 Ом, а сопротивление заземления тросовых опор - 10 Ом.

Вместо трубчатых разрядников в начале подхода устанавливаются вентильные разрядники IV группы. При этом, сопротивление заземления разрядников должно быть не более 3 Ом.

На подходах ВЛ с деревянными опорами дополнительно к средствам защиты, применяемым на ВЛ с железобетонными опорами, устанавливается комплект трубчатых разрядников на расстоянии 150 м от начала тросового подхода в сторону линии. Сопротивление заземления разрядников должно быть не более 5 Ом;

2) на ВЛ, присоединенных к электростанциям и подстанциям кабельными вставками длиной до 0,5 км, защита подхода должна быть выполнена так же, как на ВЛ без кабельных вставок, и дополнительно должен быть установлен комплект вентильных разрядников IV группы в месте присоединения ВЛ к кабелю. Разрядник кратчайшим путем присоединяется к броне, металлической оболочки кабеля и к заземлителю. Сопротивление заземления разрядников не должно превышать 5 Ом;

3) если подход ВЛ на длине не менее 300 м защищен от прямых ударов молнии зданиями, деревьями или другими высокими предметами, подвеска троса на подходе ВЛ не требуется. При этом, в начале защищенного участка ВЛ (со стороны линии) должен быть установлен комплект вентильных разрядников IV группы. Сопротивление заземления разрядника не должно превышать 3 Ом;

4) при наличии реактора на присоединении ВЛ подход ВЛ на длине 100-150 м должен быть защищен от прямых ударов молнии тросовым молниеотводом (см. рисунок 18). В начале подхода, защищенного тросовым молниеотводом, должен быть установлен комплект трубчатых разрядников, а у реактора - комплект вентильных разрядников IV группы. Сопротивление заземления трубчатого разрядника должно быть не более 10 Ом;

5) При присоединении ВЛ к шинам РУ с вращающимися машинами через реактор и кабельную вставку длиной более 50 м защита подхода ВЛ от прямых ударов молнии не требуется. В месте присоединения ВЛ к кабелю должен быть установлен комплект трубчатых разрядников с сопротивлением заземления не более 5 Ом, а перед реактором - комплект вентильных разрядников IV группы;

6) на ВЛ, присоединенных к шинам электростанций (подстанций) с вращающимися машинами мощностью менее 3 МВт (менее 3 МВЧ1), подходы которых на длине не менее 0,5 км выполнены на железобетонных или металлических опорах с сопротивлением заземления не более 50 Ом, должен быть установлен комплект вентильных разрядников IV группы на расстоянии 150 м от электростанции (подстанции). Сопротивление заземления разрядников должно быть не более 3 Ом. При этом, защита подхода ВЛ тросом не требуется.

1045. При применении открытых токопроводов (открытых шинных мостов и подвесных гибких токопроводов) для соединения генераторов (синхронных компенсаторов) с трансформаторами токопроводы должны входить в зоны защиты молниеотводов и сооружений электростанций (подстанций). Место присоединения молниеотводов к заземляющему устройству электростанции (подстанции) должно быть удалено от места присоединения к нему заземляемых элементов токопровода, считая по полосам заземления, не менее чем на 20 м.

Если открытые токопроводы не входят в зоны защиты молниеотводов ОРУ, то они должны быть защищены от прямых ударов молнии отдельно стоящими молниеотводами или тросами, подвешенными на отдельных опорах с защитным углом не более 200. Заземление отдельно стоящих молниеотводов и тросовых опор должно выполняться обособленными заземлителями, не имеющими соединения с заземляющими устройствами опор токопровода, или путем присоединения к заземляющему устройству РУ в точках, удаленных от места присоединения к нему заземляемых элементов токопровода на расстояние не менее 20 м.

Расстояние от отдельно стоящих молниеотводов (тросовых опор) до токоведущих или заземленных элементов токопровода по воздуху должно быть не менее 5 м. Расстояние в земле от обособленного заземлителя и подземной части молниеотвода до заземлителя и подземной части токопровода должно быть не менее 5 м.

1046. Если подстанция промышленного предприятия присоединена открытыми токопроводами к РУ генераторного напряжения ТЭЦ, имеющей генераторы мощностью до 120 МВт, то защита токопроводов от прямых ударов молнии должна быть выполнена так, как указано в 1174 для токопроводов, не входящих в зоны защиты молниеотводов РУ.

При присоединении открытого токопровода к РУ генераторного напряжения через реактор перед реактором должен быть установлен комплект вентильных разрядников IV группы.

Для защиты генераторов от волн грозовых перенапряжений, набегающих по токопроводу, и от индуктированных перенапряжений должны быть установлены вентильные разрядники I группы и защитные конденсаторы, емкость которых на три фазы при номинальном напряжении генераторов должна составлять не менее при напряжении 6 кВ - 0,8 мкФ, при 10 кВ - 0,5 мкФ и при 13,8-20 кВ - 0,4 мкФ.

Защитные конденсаторы не требуется устанавливать, если суммарная емкость генераторов и кабельной сети на шинах генераторного напряжения имеет требуемое значение. При определении емкости кабельной сети в этом случае учитываются участки кабелей на длине до 750 м.

1047. Присоединение ВЛ к электродвигателям мощностью до 3 МВт, имеющим надежное резервирование, допускается при отсутствии защиты подходов от прямых ударов молнии. При этом, требуется установка на подходе ВЛ двух комплектов трубчатых разрядников на расстояниях 150 и 250 м от шин подстанции (рисунок 19). Сопротивление заземления разрядников должно быть не более 5 Ом.

На подходе ВЛ с железобетонными или металлическими опорами трубчатые разрядники не требуется устанавливать, если сопротивление заземления опор подхода ВЛ на длине не менее 250 м составляет не более 10 Ом.

При наличии кабельной вставки любой длины непосредственно перед кабелем должен быть установлен вентильный разрядник IV группы. Заземляющий зажим разрядника должен быть кратчайшим путем присоединен к металлическим оболочкам кабеля и к заземлителю (Рисунок 19). У электродвигателя должны быть установлены вентильные разрядники I группы и защитные емкости по 0,5 мкФ на фазу.

## Параграф 8. Защита от внутренних перенапряжений

1048. В электрических сетях 6-35 кВ, в которых требуется компенсация емкости токов однофазных замыканий на землю, выравниваются емкости фаз сети относительно земли размещением фаз линий и конденсаторов высокочастотной связи на разных фазах линий. Степень несимметрии емкостей по фазам относительно земли не должна превышать 0,75 %.

Места установки дугогасящих заземляющих реакторов должны быть выбраны с учетом конфигурации сети, возможных делений сети на части, вероятных аварийных режимов, влияний на цепи автоблокировки железных дорог и на линии связи.

Дугогасящие заземляющие реакторы не допускается подключать к трансформаторам:

1) присоединенным к шинам через предохранители;

2) имеющим соединение с сетью, емкостный ток которой компенсируется только по одной линии.

Мощность дугогасящих заземляющих реакторов выбирается по значению полного емкостного тока замыкания на землю сети с учетом ее развития в ближайшие 10 лет.

1049. В сетях 110-220 кВ, которые работают с заземленной нейтралью и имеют изоляцию и повышенный уровень изоляции обмоток 110 и 220 кВ силовых трансформаторов (автотрансформаторов), применения специальных мер для ограничения внутренних перенапряжений не требуется.

Обмотки 110 и 220 кВ трансформаторов (автотрансформаторов) с уровнем изоляции, а также обмотки 500 кВ трансформаторов (автотрансформаторов) должны быть защищены от внутренних перенапряжений ограничителями перенапряжений, устанавливаемыми в соответствии с требованиями пункта 1028 настоящих Правил.

1050. В электрических сетях до 35 кВ, в которых не применена компенсация емкостного тока однофазного замыкания на землю и отсутствуют генераторы и синхронные компенсаторы с непосредственным водяным охлаждением обмоток статора, а также в электрических схемах до 35 кВ, которые отделяются от дугогасящих заземляющих реакторов и от указанных генераторов и синхронных компенсаторов при автоматических отключениях и при оперативных переключениях в процессе отыскания места замыкания на землю, ремонтов и профилактических испытаний электрооборудования, должны быть предусмотрены средства для предотвращения самопроизвольных смещений нейтрали в цепь соединенной в разомкнутый треугольник вторичной обмотки трансформаторов напряжения до 35 кВ, используемой для контроля изоляции, должен быть включен резистор сопротивлением 25 Ом, рассчитанный на длительное прохождение тока 4 А.

В электрических схемах до 35 кВ, которые могут отделяться от электрических сетей, имеющих компенсацию емкостного тока, и от генераторов и синхронных компенсаторов с непосредственным водяным охлаждением обмоток статора, в цепь соединенной в разомкнутый треугольник вторичной обмотки трансформатора напряжения, используемой для контроля изоляции, должны быть включены резистор сопротивлением 25 Ом и устройство, обеспечивающее возможность его отключения.

Кроме того, в схемах блоков генератор - трансформатор и синхронный компенсатор - трансформатор необходимо предусматривать второй такой же резистор, который автоматически шунтирует постоянно включенный резистор при возникновении феррорезонансного процесса.

В электрических сетях и схемах соединений до 35 кВ, в которых не требуется измерения фазных напряжений относительно земли (контроль изоляции) или напряжения нулевой последовательности, применяется трансформаторы напряжения, первичные обмотки которых не имеют соединения с землей.

В электрических сетях и схемах соединений до 35 кВ, в которых имеются дугогасящие реакторы или генераторы (синхронные компенсаторы) с непосредственным водяным охлаждением обмоток статора, защита от самопроизвольных смещений нейтрали не требуется.

1051. В сети 500 кВ в зависимости от протяженности и количества линий, схемы сети, типа выключателей, мощности трансформаторов и других параметров предусматриваются меры по ограничению длительных повышений напряжения и средства для защиты от коммутационных перенапряжений. Необходимость ограничения длительных повышений напряжения и коммутационных перенапряжений, требования к средствам защиты и оценка правильности их выбора устанавливаются на основе расчета перенапряжений. Допустимые для оборудования 500 кВ повышения напряжения должны устанавливаться в зависимости от длительности их воздействия.

1052. Коммутационные перенапряжения в сети 500 кВ должны быть ограничены до расчетной кратности, равной 2,7 и 2,5 соответственно.

С целью ограничения опасных для оборудования коммутационных перенапряжений на ВЛ применяются комбинированные вентильные разрядники, электромагнитные трансформаторы напряжения или другие средства, а также сочетание их с мероприятиями по ограничению длительных повышений напряжения (установка шунтирующих реакторов, схемные мероприятия, системная автоматика). Средства защиты от перенапряжений оборудования 500 кВ выбираются на основе расчетов внутренних перенапряжений в электропередаче.

1053. Для РУ 110-500 кВ с выключателями, имеющими емкостные делители напряжения, предусматриваются мероприятия по предотвращению феррорезонансных перенапряжений, возникающих при последовательных включениях трансформаторов напряжения и емкостных делителей напряжения выключателей.

## Параграф 9. Пневматическое хозяйство

1054. Для снабжения воздухом электрических аппаратов (воздушных выключателей, пневматических приводов к масляным выключателям и разъединителям) РУ электрических станций и подстанций должна предусматриваться установка сжатого воздуха, состоящая из стационарной компрессорной установки и воздухораспределительной сети. Выход из строя или вывод в ремонт любого элемента установки сжатого воздуха не должен нарушать нормальную работу установки.

1055. Воздух, поступающий в аппараты, должен быть очищен от механических примесей и осушен. Относительная влажность осушенного воздуха должна удовлетворять требованиям конструкции аппаратов.

1056. Для получения осушенного воздуха в компрессорной установке должны предусматриваться две ступени давления:

1) компрессорное (повышенное) - для компрессоров и воздухосборников - аккумуляторов сжатого воздуха, выбираемое из условия обеспечения требуемой относительной влажности сжатого воздуха электроаппаратуры распределительного устройства;

2) рабочее (номинальное) - для воздухораспределительной сети в соответствии с номинальным давлением воздуха электроаппаратуры распределительного устройства.

Системы компрессорного и рабочего давлений должны связываться между собой перепускными клапанами.

1057. Производительность рабочих компрессоров должна быть выбрана такой, чтобы обеспечить:

1. В установках с компрессорами давлением до 5 МПа:

1) 0,5 часов непрерывной работы с двухчасовой паузой;

2) восстановление давления в воздухосборниках компрессорного давления, сниженного на вентилирование воздушных выключателей и на утечки всей системы, за 2 часа, пока компрессоры не работают, - в течение 0,5 часов.

2. В установках с компрессорами давлением 23 МПа:

1) 1,5 часов непрерывной работы с двухчасовой паузой;

2) восстановление давления в воздухосборниках (условия аналогичны изложенным в подпунктах 1), 2) настоящего пункта в течение 1,5 часов.

При любом количестве рабочих компрессоров должен быть предусмотрен один резервный.

Для питания воздухом выключателей подстанций и РУ промышленных предприятий допускается использование заводской пневматической установки при условии обеспечения ею требований настоящей главы.

На подстанциях с одним масляным выключателем, имеющим пневмопривод, должен устанавливаться один компрессор (без резерва).

1058. Пополнение воздуха в резервуарах электроаппаратов в рабочем и аварийном режимах должно осуществляться за счет запаса воздуха в воздухосборниках компрессорного давления.

Емкость воздухосборников должна обеспечивать покрытие суммарного расхода воздуха (при неработающих компрессорах):

1) в рабочем режиме - на вентилирование воздушных выключателей и на утечки всей системы - за 2 часа, пока компрессоры не работают. При этом, остаточное давление в воздухосборниках должно быть таким, чтобы обеспечивалась требуемая осушка воздуха в электроаппаратах;

2) в аварийном режиме - на восстановление давления в резервуарах воздушных выключателей (до наименьшего допустимого значения по условиям работы выключателей) при одновременном отключении наибольшего количества выключателей,

возможного по режиму работы электроустановок с учетом действия защит и АПВ. При этом наименьшее давление сжатого воздуха в воздухосборниках должно быть выше наибольшего номинального давления сжатого воздуха в аппаратах:

на 25-30 % - в установках с компрессорами до 5 МПа;

на 80 % - в установках с компрессорами 23 МПа.

1059. В расчетах принимается, что начало аварийного режима с массовым отключением выключателей совпадает с моментом периодического включения в работу компрессорной установки (когда давление в воздухосборниках снизилось до пускового давления компрессора).

1060. Воздухосборники давлением до 5 МПа должны быть снабжены: предохранительным клапаном пружинного типа, указывающим манометром с трехходовым краном; спускным вентилем отверстием с пробкой для выпуска воздуха при гидравлических испытаниях лазом или люком (для осмотра и чистки) штуцерами с фланцами для присоединения воздухопроводов поддерживающими опорами.

Должен быть предусмотрен электрический подогрев спускного вентиля воздухосборника, включаемый вручную перед спуском конденсата на время таяния льда.

Для обеспечения более высокой степени осушки сжатого воздуха предусматривается последовательное соединение воздухосборников (не менее трех).

1061. Воздухосборники давлением 23 МПа должны иметь на каждую группу из трех баллонов указывающий манометр с трехходовым краном, предохранительный клапан и конденсатосборник с автоматической продувкой. Нижняя часть воздухосборников должна размещаться в специальной теплоизоляционной камере, имеющей автоматический электрообогрев.

1062. Между конечным водомаслоотделителем в компрессорной установке и воздухосборниками должны устанавливаться обратные клапаны.

1063. Перепускные клапаны должны поддерживать в воздухопроводной распределительной сети и в резервуарах воздушных выключателей давление в заданных заводами пределах, обеспечивающее номинальную отключающую способность и надежную работу выключателей в режиме неуспешного АПВ.

Пропускная способность перепускных клапанов и воздухопроводов распределительной сети должна обеспечивать за время не более 3 минут восстановление давления воздуха (до наименьшего допустимого значения по условиям работы выключателей) в резервуарах выключателей, которые могут отключаться одновременно в цикле неуспешного АПВ.

Перепускной клапан в нормальном режиме, должен обеспечивать непрерывный перепуск небольшого количества воздуха для покрытия расхода на утечки и вентилирование в системе после клапана.

1064. Для каждого значения номинального давления электроаппаратов распределительного устройства должна выполняться своя воздухораспределительная сеть, питающаяся не менее чем двумя перепускными клапанами от компрессорной установки.

1065. Перепускные клапаны должны выполняться с электромагнитным управлением.

Управление автоматикой включения и отключения перепускными клапанами должно осуществляться независимо от режима работы компрессоров. Управление электромагнитными приводами перепускных клапанов должно осуществляться контактными манометрами, устанавливаемыми в шкафу манометров наружной установки в сети рабочего давления у ближайшего по ходу воздуха выключателя к компрессорной установке.

1066. Компрессорная установка должна быть полностью автоматизирована и должна работать без постоянного дежурства персонала.

Компрессорная установка должна быть оборудована автоматическим управлением, поддерживающим давление в воздухосборниках и в резервуарах выключателей в установленных пределах.

Схема автоматического управления компрессорной установки должна предусматривать автоматический запуск и останов рабочих и резервных компрессоров, автоматическую продувку (спуск влаги и масла) водомаслоотделителей, автоматическое управление перепускными клапанами и защиту компрессорных агрегатов при повреждениях и неполадках.

Установка сжатого воздуха должна быть оборудована сигнализацией, действующей при нарушениях нормальной ее работы.

1067. Воздухосборники должны устанавливаться на открытом воздухе на расстоянии 0,7-1 м от стены компрессорной, желательно с теневой стороны. Специальный навес над ними (для защиты от солнечных лучей) не требуется. Должна предусматриваться возможность монтажа и демонтажа любого воздухосборника без нарушения нормальной эксплуатации остальных. Допускается установка воздухосборников в отдельном помещении того здания, в котором размещается ЗРУ с воздушными выключателями.

1068. Забор воздуха компрессорами должен осуществляться из компрессорного помещения через фильтры, расположенные на компрессоре.

1069. Спускные клапаны водомаслоотделителей компрессора присоединяются к системе дренажа, выводимой наружу в специально предусмотренный для этого приямок. Дренажная труба должна иметь достаточные наклон и диаметр, чтобы исключить возможность ее засорения и повышения давления в водомаслоотделителях компрессоров при одновременной работе всех спускных клапанов.

1070. В помещении компрессорной установки должны быть предусмотрены ремонтная площадка и грузоподъемное устройство для производства монтажных и ремонтных работ.

1071. В помещении компрессорной установки должно быть обеспечено поддержание в зимнее время температуры не ниже плюс 10°С, а в летнее время - не выше плюс 35°С. Помещение компрессорной установки должно быть оборудовано электрическим отоплением и вытяжной механической вентиляцией, рассчитанной на удаление избытков теплоты. Охлаждение компрессоров должно быть воздушным с охладителями после каждой ступени сжатия.

1072. Компрессорный агрегат должен устанавливаться на фундаментах, не связанных со стенами здания.

1073. Пол в помещении компрессорной установки должен быть покрыт метлахской плиткой или равноценным материалом, стены должны быть оштукатурены и иметь панели, окрашенные масляной краской до высоты не менее 1,5 м от пола.

1074. Двери помещения компрессорной установки должны открываться наружу замки дверей должны быть самозапирающимися, а двери должны открываться изнутри без ключа с помощью рукоятки окна должны открываться наружу и должны быть оборудованы фрамугами.

1075. Воздухопроводная распределительная сеть выполняется кольцевой, разделенной на участки при помощи запорных вентилей.

Питание воздухопроводной сети должно осуществляться двумя магистралями от компрессорной установки.

1076. Для защиты распределительной сети в ней должны быть установлены предохранительные клапаны, срабатывающие при превышении давления в сети до 1,1 номинального. Предохранительные клапаны устанавливаются в обеих нитках питающей магистрали воздухораспределительной сети возле шкафа манометров, указанных в пункте 1064настоящих Правил.

1077. Линейные водоотделители устанавливаются вне помещений компрессорной установки в обеих нитках питающей магистрали воздухораспределительной сети. Линейный водоотделитель должен иметь спускной вентиль и штуцер с фланцами для присоединения подводящего и отводящего воздухопроводов.

1078. Воздухопроводы и арматура распределительной сети должны быть доступны для обслуживания.

1079. Прокладка воздухопроводов распределительной сети может выполняться открыто по конструкции и стойкам под оборудование в кабельных туннелях, каналах и лотках совместно с кабелями, а в закрытых помещениях - также по стенам и потолкам.

1080. Воздухопроводы прокладываются с уклоном 0,3 % с установкой в нижних точках спускных вентилей для продувки сети. Ответвления к аппаратам прокладываются с уклоном 0,3 % в направлении главной магистрали.

1081. Для компенсации температурных деформаций в воздухопроводной распределительной сети должны быть предусмотрены компенсаторы, выполняемые из труб того же диаметра, что и магистральный воздухопровод.

1082. Воздухопроводы компрессорной установки, распределительной сети ответвления к шкафам управления должны выполняться из стальных бесшовных труб, причем на давление 23 МПа - из нержавеющей стали, воздухопроводы от шкафов управления к резервуарам воздушных выключателей - из медных труб. Воздухопроводы между шкафами и пневматическими приводами разъединителей выполняются из стальных труб. Радиус изгиба стальных воздухопроводов должен быть не менее четырехкратного наружного диаметра трубы.

Воздухопроводы компрессорного давления, расположенные вне помещения компрессорной установки до воздухосборников и в пределах стены, через которую они проходят, должны быть покрыты теплоизоляцией.

1083. Стальные воздухопроводы должны быть соединены сваркой встык соединения с арматурой - фланцевые.

Для труб с внутренним диаметром 6-8 мм допускаются фланцевые соединения или соединения при помощи ниппелей.

1084. Внутренние детали запорных вентилей, обратных и предохранительных клапанов, устанавливаемых после фильтров выключателей, должны быть стойкими к воздействию коррозии.

1085. Внутренние поверхности воздухосборников и линейных водоотделителей должны быть очищены от ржавчины и грязи и должны иметь антикоррозийное покрытие.

1086. Наружные поверхности воздухосборников и линейных водоотделителей, устанавливаемых на открытом воздухе, должны быть окрашены устойчивой краской светлого тона.

1087. Запорный вентиль, фильтр, обратный клапан и манометр в ответвлении к воздушному выключателю должны размещаться в специальном распределительном шкафу (поставляемом с выключателем) и должны быть снабжены электроподогревом.

1088. Все элементы установки сжатого воздуха должны быть доступны для разборки и чистки.

## Парагаф 10. Масляное хозяйство

1089. Для обслуживания маслонаполненного оборудования подстанций на предприятиях сетевых районов энергосистемы должны быть предусмотрены централизованные масляные хозяйства, оборудованные резервуарами для хранения и переработки масла, насосами, установками для очистки и регенерации масел, передвижными маслоочистительными и дегазационными установками, емкостями для транспортировки масла. Местоположение и объем централизованных масляных хозяйств определяются проектом организации эксплуатации энергосистемы.

1090. На электростанциях, на подстанциях 500 кВ независимо от мощности установленных трансформаторов и на подстанциях 330 кВ с трансформаторами

мощностью 200 МВЧА и выше, расположенных в удаленных или труднодоступных районах, предусматриваются масляные хозяйства с оборудованием для обработки масла.

Склады масла таких маслохозяйств должны иметь:

1) на тепловых электростанциях - по 4 резервуара турбинного и изоляционного масла;

2) на гидроэлектростанциях - по 3 резервуара турбинного и изоляционного масла;

3) на подстанциях - 3 резервуара изоляционного масла;

4) для турбинного масла - объема масляной системы одного агрегата и доливки масла в размере 45-дневной потребности всех агрегатов для тепловых электростанций и 10 % объема агрегата для гидроэлектростанций;

5) для изоляционного масла - объема одного наиболее крупного трансформатора с запасом 10 %.

В зависимости от оснащенности энергосистемы передвижными установками по обработке масла и от транспортных связей между подстанцией и централизованным маслохозяйством энергосистемы мастерская маслохозяйства может оснащаться не всеми стационарными установками по обработке масла или совсем не сооружаться. В последнем случае необходимо предусматривать аппаратную маслохозяйства с коллектором для присоединения передвижных маслообрабатывающих установок изоляционного масла.

1091. На подстанциях 110 кВ и выше с баковыми масляными выключателями 110 кВ и выше должен сооружаться открытый склад масла из двух стационарных резервуаров изоляционного масла. Объем каждого резервуара должен быть не менее объема масла трех баков наибольшего выключателя с запасом на доливку не менее 1 % всего количества масла, залитого в аппараты и трансформаторы подстанции.

Склады масла на подстанциях с баковыми масляными выключателями не сооружаются:

1) при хороших транспортных связях между подстанциями и централизованным маслохозяйством энергосистемы;

2) при количестве масляных выключателей на подстанции не более двух;

3) на подстанциях глубокого ввода, расположенных в черте города.

1092. На подстанциях с синхронными компенсаторами должны сооружаться два стационарных резервуара турбинного масла вне зависимости от количества и объема резервуаров изоляционного масла. Объем каждого резервуара должен быть не менее 110 % объема масляной системы наибольшего синхронного компенсатора, устанавливаемого на данной подстанции.

1093. На остальных подстанциях, кроме оговоренных в пунктах 1089 и 1090 настоящих Правил, маслохозяйство и маслосклады не должны сооружаться. Доставка на них сухого масла осуществляется в передвижных резервуарах или автоцистернах с централизованных масляных хозяйств сетевых районов энергосистемы.

1094. Стационарные маслопроводы к масляным выключателям и трансформаторам всех напряжений не должны прокладываться. Слив и заливка масла должны выполняться с использованием инвентарных маслопроводов и резервуаров (автоцистерн).

Стационарные маслопроводы на электростанциях и подстанциях 330 и 500 кВ прокладываются от мастерской или аппаратной маслохозяйства к помещению для ремонта трансформаторов (к трансформаторной башне на подстанциях или к монтажной площадке машинного зала на электростанциях) и к складу масла, а также к месту слива масла из цистерн.

Стационарные маслопроводы выполняются из стальных труб, соединяемых сваркой (кроме стыков с арматурой).

1095. Резервуары для хранения масла должны быть оборудованы воздухоосушительными фильтрами, указателем уровня масла, пробно-спускным краном на сливном патрубке.

1096. Расстояния от стенок резервуаров открытых складов масла должны быть не менее:

1) до зданий и сооружений электростанций и подстанций (в том числе до трансформаторной мастерской): для складов общим объемом до 100 тонн масла - 12 м; для складов более 100 т - 18 м;

2) до жилых и общественных зданий - на 25 % больше расстояний;

3) до аппаратной маслохозяйства - 8 м;

4) до складов баллонов водорода - 20 м.

## Параграф 11. Установка силовых трансформаторов

1097. Требования пунктов 1097-1138 настоящих Правил распространяются на стационарную установку в помещениях и на открытом воздухе силовых и регулировочных трансформаторов (автотрансформаторов) и масляных реакторов (в том числе дугогасящих заземляющих) с высшим напряжением 3 кВ и выше и не распространяются на электроустановки специального назначения.

Трансформаторы и реакторы, перечисленные в настоящем параграфе, поименованы в пунктах 1097-1038 настощих Правил термином «трансформаторы».

Установка вспомогательного оборудования трансформаторов (электродвигателей системы охлаждения, контрольно-измерительной аппаратуры, устройств управления) должна отвечать требованиям соответствующих глав настоящих Правил.

Требования пунктов 1107, 1112 и 1113 настоящих Правил не относятся к установке трансформаторов, входящих в КТП с высшим напряжением 10 кВ и ниже.

1098. Для установки на открытом воздухе в макроклиматических районах с холодным климатом должны применяться трансформаторы специального исполнения (ХЛ).

1099. Выбор параметров трансформаторов должен производиться в соответствии с режимами их работы. При этом, должны быть учтены как длительные нагрузочные режимы, так и кратковременные и толчковые нагрузки, а также возможные в эксплуатации длительные перегрузки. Это требование относится ко всем обмоткам многообмоточных трансформаторов.

1100. Трансформаторы должны быть установлены так, чтобы были обеспечены удобные и безопасные условия для наблюдения за уровнем масла в маслоуказателях без снятия напряжения.

Для наблюдения за уровнем масла в маслоуказателях должно быть предусмотрено освещение маслоуказателей в темное время суток, если общее освещение недостаточно.

1101. К газовым реле трансформаторов должен быть обеспечен безопасный доступ для наблюдения и отбора проб газа без снятия напряжения. Для этого трансформаторы, имеющие высоту от уровня головки рельса до крышки бака 3 м и более, должны снабжаться стационарной лестницей.

1102. На крышках и баках трансформаторов допускается установка вентильных разрядников не выше 35 кВ, соответствующих требованиям для разрядников, устанавливаемых на крышке трансформатора.

1103. Для трансформаторов, имеющих катки, в фундаментах должны быть предусмотрены направляющие. Для закрепления трансформатора на направляющих должны быть предусмотрены упоры, устанавливаемые с обеих сторон трансформатора.

Трансформаторы массой до 2 тонн, не снабженные катками, допускается устанавливать непосредственно на фундаменте. Допускается устанавливать непосредственно на фундамент трансформаторы большей массы в районах с повышенной сейсмической опасностью при условии согласования с заводом-изготовителем.

На фундаментах трансформаторов, при необходимости, должны быть предусмотрены места для установки домкратов, применяемых для создания уклона трансформатора.

1104. Уклон масляного трансформатора, необходимый для обеспечения поступления газа к газовому реле, если он не предусмотрен конструкцией трансформатора, должен создаваться путем установки подкладок под катки.

1105. При установке расширителя на отдельной конструкции она должна располагаться так, чтобы не препятствовать выкатке трансформатора с фундамента.

В этом случае газовое реле должно располагаться вблизи трансформатора в пределах удобного и безопасного обслуживания со стационарной лестницы. Для установки расширителя может быть использован портал ячейки трансформатора.

1106. Трансформаторы должны устанавливаться так, чтобы отверстие выхлопной трубы не было направлено на близко установленное оборудование. Для выполнения этого требования допускается установка заградительного щита против отверстия трубы.

1107. Вдоль путей перекатки, а также у фундаментов трансформаторов массой более 20 тонн должны быть предусмотрены анкеры, позволяющие закреплять за них лебедки, направляющие блоки, полиспасты, используемые при перекатке трансформаторов в обоих направлениях на собственных катках. В местах изменения направления движения должны быть предусмотрены площадки для установки домкратов.

1108. Расстояние в свету между открыто установленными трансформаторами должно быть не менее 1,25 м.

Указанное расстояние принимается до наиболее выступающих частей трансформаторов, расположенных на высоте менее 1,9 м от поверхности земли.

При единичной мощности открыто установленных трансформаторов 110 кВ и выше (как трехфазных, так и однофазных) 63 МВ А и более между ними или между ними и трансформаторами любой мощности (включая регулировочные, собственных нужд) должны быть установлены разделительные перегородки, если расстояние в свету между трансформаторами принято менее 15 м для свободно стоящих трансформаторов и менее 25 м для трансформаторов, установленных вдоль наружных стен зданий электростанций на расстоянии от стен менее 40 м.

Разделительные перегородки должны иметь предел огнестойкости не менее 1,5 ч, ширину не менее ширины маслоприемника (гравийной подсыпки) и высоту не менее высоты вводов высшего напряжения. Перегородки должны устанавливаться за пределами маслоприемника. Расстояние в свету между трансформатором и перегородкой должно быть не менее 1,5 метра.

Если трансформаторы собственных нужд или регулировочные установлены с силовым трансформатором, оборудованным автоматическим стационарным устройством пожаротушения, и присоединены в зоне действия защиты от внутренних повреждений силового трансформатора, то допускается вместо разделительной перегородки выполнять автоматическую стационарную установку пожаротушения трансформатора собственных нужд или регулировочного, объединенную с установкой пожаротушения силового трансформатора.

1109. Последовательные регулировочные трансформаторы должны устанавливаться в непосредственной близости от регулируемых трансформаторов. Предусматривается возможность их перекатки по общему пути.

1110. Трансформаторы 500 кВ независимо от их мощности, а также 220 кВ мощностью 200 МВ А и более должны оборудоваться стационарными автоматическими установками пожаротушения. В первую очередь предусматриваются установки пожаротушения, основанные на методе тушения пожаров азотом, путем его интенсивного вдувания в бак трансформатора. Допускается также использование систем водяного пожаротушения.

Для вновь устанавливаемых трансформаторов выполняется система автоматического пожаротушения в сочетании с системой предотвращения взрыва и пожара трансформаторов.

1111. Автоматический пуск установки пожаротушения должен дублироваться дистанционным пуском со щита управления ручным пуском. Устройства ручного пуска должны располагаться в месте, не подверженном действию огня.

Включение установки пожаротушения трехфазной группы трансформаторов должно производиться только на поврежденные фазы.

1112. Каждый масляный трансформатор, размещаемый внутри помещений, устанавливается в отдельной камере, расположенной в первом этаже и изолированной от других помещений здания. Допускается установка масляных трансформаторов на втором этаже, а также ниже уровня пола первого этажа на 1 м в незатопляемых зонах при условии обеспечения возможности транспортирования трансформаторов наружу и удаления масла в аварийных случаях в соответствии с требованиями, приведенными в подпункте 2) пункта 979 настоящих Правил, как для трансформаторов с массой масла более 600 кг.

В случаях необходимости установки трансформаторов внутри помещений выше второго этажа или ниже уровня пола первого этажа более чем на 1 м они должны быть с негорючим заполнением или сухими в зависимости от условий окружающей среды и технологии производства. При размещении трансформаторов внутри помещений руководствоваться также пунктом 957 настоящих Правил.

Допускается установка в одной общей камере двух масляных трансформаторов мощностью не более 1 МВ А каждый, имеющих общее назначение, управление и защиту и рассматриваемых как один агрегат.

Сухие трансформаторы или имеющие негорючее заполнение устанавливаются в общей камере в количестве до 6 шт., если это не вызывает усложнения в эксплуатации при проведении ремонта.

1113. Для трансформаторов, устанавливаемых внутри помещений, расстояния в свету от наиболее выступающих частей трансформаторов, расположенных на высоте менее 1,9 м от пола, должны быть не менее:

1) до задней и боковых стен - 0,3 м для трансформаторов мощностью до 0,4 МВ А и 0,6 м для трансформаторов большей мощности;

2) со стороны входа, до полотна двери или выступающих частей стены - 0,6 м для трансформаторов мощностью до 0,4 МВЧА, 0,8 м для трансформаторов мощностью более 0,4 до 1,6 МВ А и 1 м для трансформаторов мощностью более 1,6 МВЧА.

1114. Пол камер масляных трансформаторов должен иметь уклон 2 % в сторону маслоприемника.

1115. Непосредственно за дверью камеры допускается устанавливать на высоте 1,2 м барьер (для осмотра трансформатора с порога, без захода в камеру).

1116. В камерах трансформаторов устанавливаются относящиеся к ним разъединители, предохранители и выключатели нагрузки, разрядники и дугогасящие заземляющие реакторы, а также оборудование системы охлаждения.

1117. Каждая камера масляных трансформаторов должна иметь отдельный выход наружу или в смежное помещение с несгораемым полом, стенами и перекрытием, не содержащее огнеопасных и взрывоопасных предметов, аппаратов и производств.

Камеры, из которых трансформаторы выкатываются в цех, должны соответствовать требованиям, приведенным в пунктах 982, 990, 992 и 997 настоящих Правил.

1118. Расстояние по горизонтали от дверного проема трансформаторной камеры встроенной или пристроенной подстанции до проема ближайшего окна или двери помещения должно быть не менее 1 м.

Выкатка трансформаторов мощностью более 0,1 МВЧА из камер во внутренние проезды шириной менее 5 м между зданиями не допускается. Это требование не распространяется на камеры, выходящие в проходы и проезды внутри производственных помещений.

1119. Вентиляционная система камер трансформаторов должна обеспечивать отвод выделяемой ими теплоты и не должна быть связана с другими вентиляционными системами.

Стенки вентиляционных каналов и шахт должны быть выполнены из несгораемых материалов и должны иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч.

Вентиляционные шахты и проемы должны быть расположены таким образом, чтобы в случае образования или попадания в них влаги она не могла стекать на трансформаторы, либо должны быть применены меры для защиты трансформатора от попадания влаги из шахты.

Вентиляционные проемы должны быть закрыты сетками с размером ячейки 1х1 см и защищены от попадания через них дождя и снега.

1120. Вытяжные шахты камер трансформаторов, пристроенных к зданиям с несгораемыми стенами, но имеющим кровлю из сгораемого материала, должны быть отнесены от стен здания не менее чем на 1,5 м или же конструкции кровли из сгораемого материала должны быть защищены парапетом из несгораемого материала высотой не менее 0,6 м. Вывод шахт выше кровли здания в этом случае не обязателен.

Отверстия вытяжных шахт не должны располагаться против оконных проемов зданий. При устройстве выходных вентиляционных отверстий непосредственно в стене камеры они не должны располагаться под выступающими элементами кровли из сгораемого материала или под проемами в стене здания, к которому камера примыкает.

Если над дверью или выходным вентиляционным отверстием камеры трансформатора имеется окно, то под окном устраивается козырек из несгораемого материала с вылетом не менее 0,7 м. Длина козырька должна быть больше ширины окна не менее чем на 0,8 м в каждую сторону.

1121. Трансформаторы с искусственным охлаждением должны быть снабжены устройствами для автоматического пуска и останова устройства системы охлаждения.

Автоматический пуск должен осуществляться в зависимости от температуры верхних слоев масла или температуры обмотки и независимо от этого по току нагрузки трансформатора.

1122. При применении выносных охладительных устройств или устройств охлаждения системы ДЦ они должны размещаться так, чтобы не препятствовать выкатке трансформатора с фундамента и допускать проведение их ремонта при работающем трансформаторе. Поток воздуха от вентиляторов дутья не должен быть направлен на бак трансформатора.

1123. Расположение задвижек охладительных устройств должно обеспечивать удобный доступ к ним, возможность отсоединения трансформатора от системы охлаждения или отдельного охладителя от системы и выкатки трансформатора без слива масла из охладителей.

1124. Охладительные колонки и другое оборудование в системе охлаждения Ц должны располагаться в помещении, температура в котором не снижается ниже плюс 5 °С.

В необходимых случаях должно быть предусмотрено отопление.

1125. Внешние маслопроводы систем охлаждения ДЦ и Ц должны выполняться из нержавеющей стали или материалов, устойчивых против коррозии.

1126. Расположение маслопроводов около трансформатора не должно затруднять обслуживание трансформатора и охладителей и должно обеспечивать минимальную работу при выкатке трансформатора. При необходимости должны быть предусмотрены площадки и лестницы, обеспечивающие удобный доступ к задвижкам и вентиляторам дутья.

1127. Для контроля работы маслонасосов системы ДЦ и Ц и водяных насосов у каждого насоса должен быть предусмотрен манометр. При наличии сетчатых фильтров манометры должны устанавливаться на входе масла в фильтр и выходе из фильтра.

1128. При выносной системе охлаждения, состоящей из отдельных охладителей, все размещаемые в один ряд одиночные или сдвоенные охладители должны устанавливаться на общий фундамент.

Групповые охладительные установки размещаются как непосредственно на фундаменте, так и на рельсах, уложенных на фундамент, если предусматривается выкатка этих установок на своих катках.

1129. Шкафы управления электродвигателя систем охлаждения ДЦ, Д и Ц должны устанавливаться за пределами маслоприемника. Навешивание шкафа управления на бак трансформатора допускается, если шкаф и устанавливаемое в нем оборудование рассчитаны на работу в условиях вибрации, создаваемой трансформатором.

1130. Трансформаторы с искусственным охлаждением должны быть снабжены сигнализацией о прекращении циркуляции масла, охлаждающей воды или остановке вентиляторов дутья, а также об автоматическом включении резервного охладителя или резервного источника питания.

1131. Для шкафов приводов устройств регулирования напряжения под нагрузкой должен быть предусмотрен электрический подогрев с автоматическим управлением.

1132. Адсорберы, предназначенные для очистки масла в трансформаторах и устанавливаемые в системе охлаждения Ц, должны размещаться в помещении, причем должна быть обеспечена возможность замены адсорбента на месте.

1133. Эластичные резервуары азотной защиты масла трансформатора должны быть защищены от солнечного излучения и от воздействия температуры ниже минус 35°С.

1134. Для ремонта без разборки активной части трансформаторов до 220 кВ при массе кожуха или выемной части не более 25 тонн должны быть предусмотрены совмещенные порталы либо должна быть обеспечена возможность подъема кожуха или активной части трансформатора передвижными кранами или инвентарными устройствами. При этом, должна быть обеспечена возможность откатки кожуха или активной части и установки инвентарного устройства (шатра) для закрытия активной части.

1135. Стационарные устройства для ремонта трансформаторов без разборки активной части (башни, оборудованные мостовыми кранами) должны предусматриваться:

1) на подстанциях 500 кВ и на подстанциях 220 кВ с трансформаторами 200 МВЧА и более, расположенных в труднодоступных или удаленных местах, с которых нецелесообразна отправка трансформаторов на ремонтные заводы;

2) на ОРУ электростанций при установке на них трансформаторов, если трансформаторы невозможно доставить на монтажную площадку гидроэлектростанции или ремонтную площадку машинного зала тепловой электростанции.

1136. При наличии на подстанциях до 220 кВ трансформаторов без съемного кожуха с массой выемной активной части более 25 тонн для ремонта должны быть предусмотрены стационарные или инвентарные грузоподъемные устройства, связанные с фундаментом трансформатора железнодорожным путем.

1137.При открытой установке трансформаторов вдоль машинного зала электростанции должна быть обеспечена возможность перекатки трансформатора к месту ремонта без разборки трансформатора, снятия вводов и разборки поддерживающих конструкций токопроводов, порталов, шинных мостов.

1138. Для демонтажа и монтажа узлов трансформатора и системы охлаждения должен быть обеспечен подъезд автокранов соответствующей грузоподъемности и длины стрелы или должны быть предусмотрены способы механизации монтажных работ на месте установки трансформатора.

1139. Грузоподъемность крана в трансформаторной башне должна быть рассчитана на массу кожуха трансформатора.

## 17. Преобразовательные подстанции и установки

## Параграф 1. Общие положения

1140. На преобразовательных подстанциях и установках, предназначенных для питания промышленных потребителей, должны применяться полупроводниковые преобразователи.

1141. На преобразовательных подстанциях и установках предусматриваются устройства для компенсации реактивной мощности в объеме, определяемом технико-экономическим расчетом.

Степень резервирования питания собственных нужд преобразовательных подстанций и установок должна соответствовать степени резервирования питания преобразовательных агрегатов.

Преобразовательные подстанции и установки должны быть оборудованы телефонной связью, а также пожарной сигнализацией и другими видами сигнализации, которые требуются по условиям их работы.

1142. Преобразовательные подстанции и установки должны быть оборудованы устройствами для продувки электрооборудования сухим, очищенным от пыли и свободным от масла сжатым воздухом давлением не более 0,2 МПа от передвижного компрессора или от сети сжатого воздуха, а также промышленными передвижными пылесосами.

Для монтажа, разборки и сборки преобразователей и другого оборудования предусматриваются инвентарные (применяемые стационарно или передвижные) подъемно-транспортные устройства.

На преобразовательных подстанциях и установках должны быть предусмотрены пункты питания для переносных электроинструментов, машин для уборки помещений и переносных светильников. Для питания открытых переносных светильников применяется напряжение не выше 25 В переменного тока или 60 В постоянного тока.

## Параграф 2. Защита преобразовательных агрегатов

1143. Трансформатор преобразовательного агрегата в зависимости от типовой мощности и первичного напряжения должен быть оборудован следующими устройствами защиты:

1) максимальной токовой защитой мгновенного действия от многофазных замыканий в обмотках и на выводах трансформатора и, если это возможно, от КЗ в преобразователе, действующей на отключение.

Защита должна быть отстроена по току срабатывания от толчков тока намагничивания при включении ненагруженного трансформатора и от возможных толчков тока нагрузки, защита, должна быть селективной по отношению к автоматическим выключателям на стороне выпрямленного напряжения и к предохранителям полупроводниковых преобразователей.

Должно быть обеспечено срабатывание защиты при всех предусмотренных значениях вторичного напряжения трансформатора для возможных значений коэффициента трансформации.

В установках с первичным напряжением выше 1 кВ максимальная токовая защита, должна выполняться двухфазной в трехрелейном исполнении.

В установках с первичным напряжением до 1 кВ защита трансформатора выполняется автоматическим выключателем, имеющим максимальные токовые расцепители в двух фазах при изолированной нейтрали и в трех фазах при глухозаземленной нейтрали сети первичного напряжения;

2) газовой защитой от внутренних повреждений и понижения уровня масла в трансформаторе.

Газовая защита должна устанавливаться на трансформаторах мощностью 1 МВЧА и более, а для внутрицеховых преобразовательных подстанций и установок - на трансформаторах мощностью 0,4 МВЧА и более. Газовая защита должна действовать на сигнал при слабых газообразованиях и понижении уровня масла и на отключение при интенсивном газообразовании.

В зависимости от наличия персонала или сроков его прибытия после появления сигнала, а также от конструкции газового реле может предусматриваться действие защиты на отключение при дальнейшем понижении уровня масла. Для защиты от понижения уровня масла может быть применено отдельное реле уровня в расширителе трансформатора;

3) защитой от повышения давления (реле давления) герметичных трансформаторов с действием ее на сигнал для трансформаторов мощностью до 0,63 МВЧА и с действием на отключение для трансформаторов мощностью более 0,63 МВЧА;

4) защитой от перенапряжений на стороне вторичного напряжения трансформатора при выпрямленном напряжении 600 В и выше;

5) пробивным предохранителем, установленным в нейтрали или фазе на стороне низшего напряжения трансформатора, при вторичном напряжении до 1 кВ.

Устройства защиты с действием на отключение должны действовать на выключатель, установленный на стороне первичного напряжения трансформатора, и, при необходимости, на автоматический выключатель на стороне выпрямленного тока преобразовательного агрегата.

1144. Полупроводниковый преобразователь в зависимости от мощности, значения выпрямленного напряжения, типа, назначения и режима работы дополнительно к защите по пункту 1142 настоящих Правил должен быть оборудован:

1) быстродействующими предохранителями в каждой параллельной ветви для защиты отдельных или нескольких последовательно соединенных вентилей. При перегорании двух и более предохранителей должно производиться автоматическое отключение преобразовательного агрегата. Предусматривается сигнализация, реагирующая на перегорание предохранителей;

2) быстродействующим неполяризованным автоматическим выключателем в одном полюсе на стороне выпрямленного напряжения для защиты от междуполюсных замыканий за преобразователем и для защиты от опрокидывания инвертора в реверсивных преобразовательных агрегатах при работе по схеме блок - преобразователь - потребитель.

Количество автоматических выключателей, необходимых для защиты преобразователя, определяется, кроме того, схемой силовых цепей преобразователя и потребителя;

3) защитой снятия импульсов управления или сдвига импульсов управления в сторону увеличения угла регулирования тиристорных преобразователей для предотвращения сверхтоков;

4) быстродействующим неполяризованным автоматическим выключателем в одном полюсе при работе одного или параллельной работе нескольких полупроводниковых преобразователей на общие сборные шины;

5) защитой от внутренних и внешних перенапряжений.

1145. Преобразовательный агрегат должен быть оборудован устройствами защиты, контроля и сигнализации, действующими при следующих ненормальных режимах работы:

1) превышение допустимой температуры масла или негорючей жидкости трансформатора;

2) превышение допустимой температуры воды, охлаждающей полупроводниковый преобразователь;

3) перегорание предохранителя в силовой цепи полупроводникового вентиля;

4) прекращение действия воздушного или водяного охлаждения;

5) длительная перегрузка преобразовательного агрегата;

6) отсутствие управляющих импульсов;

7) повреждение (снижение уровня) изоляции установки;

8) нарушение работы в других устройствах собственных нужд преобразовательного агрегата, препятствующих его нормальной работе.

1146. На преобразовательных подстанциях (установках) с дежурством персонала или при контроле их работы диспетчером устройства защиты, контроля и сигнализации, указанные в подпунктах 1), 5), 7) и 8) пункта 1145 настоящих Правил, должны действовать на сигнал, а указанные в подпункте 6) пункта 1145 настоящих Правил - на отключение преобразовательного агрегата.

На преобразовательных подстанциях (установках) без дежурства персонала и без передачи сигналов на диспетчерский пункт устройства защиты, контроля и сигнализации, перечисленные в пункте 1145 настоящих Правил, должны действовать на отключение преобразовательного агрегата.

В отдельных случаях, исходя из местных условий, допускается действие устройств, указанных в подпункте 1) пункта 1145 настоящих Правил на сигнал.

## Параграф 3. Размещение оборудования, защитные мероприятия

1147. Трансформатор, регулировочный автотрансформатор, уравнительные реакторы, анодные делители и фильтровые реакторы, относящиеся к одному преобразовательному агрегату, устанавливаются в общей камере.

Установка маслонаполненного оборудования должна производиться в соответствии с требованиями главы 19 настоящих Правил. На комплектные преобразовательные подстанции и установки распространяются также требования, указанные в пунктах 988, 989 настоящих Правил.

1148. Полупроводниковые преобразователи допускается устанавливать совместно с другим оборудованием электротехнических или производственных помещений, если этому не препятствуют условия окружающей среды (сильные магнитные поля, температура, влажность, запыленность).

В производственных помещениях полупроводниковые преобразователи устанавливаются в шкафах.

Двери шкафов преобразователей при выпрямленном напряжении выше 1 кВ вне зависимости от места установки шкафов (электротехническое или производственное помещение) должны быть снабжены блокировкой, отключающей преобразователь со стороны переменного и со стороны выпрямленного тока и не позволяющей включить его при открытых дверях. Двери шкафов преобразователей, устанавливаемых вне электропомещений, должны быть снабжены внутренними замками, отпираемыми специальными ключами.

1149. Открытые полупроводниковые преобразователи такие, которые имеют доступные для прикосновения части, находящиеся под напряжением, устанавливаются только в электропомещениях. При этом, преобразователи выше 1 кВ должны иметь сплошное или сетчатое ограждение высотой не менее 1,9 м. Ячейки сетки ограждения должны быть размером не более 25х25 мм. Двери ограждений должны иметь блокировку, отключающую преобразователь без выдержки времени как со стороны переменного, так и со стороны выпрямленного тока при открывании дверей.

1150. Открытые преобразователи до 1 кВ устанавливаются:

1) на участках пола, изолированных от земли. При этом, пол должен быть покрыт слоем изоляции под самим преобразователем и в зоне до 1,5 м от проекции преобразователя. Слой изоляции должен быть механически достаточно прочным и рассчитанным на 10-кратное рабочее напряжение выпрямленного тока. Стены и заземленные предметы, расположенные на расстоянии по горизонтали менее 1,5 м от

проекции преобразователя, должны быть покрыты таким же слоем изоляции на высоту 1,9 м либо должны быть защищены изолированными от земли ограждениями.

Преобразователь должен быть огражден поручнями или шнуром из изолированных материалов на изолированных стойках. Ширина прохода в свету от преобразователя до изолированных от земли ограждений, стен и других предметов должна быть не менее 1 м;

2) на неизолированном полу. При этом, преобразователи должны иметь сплошные или сетчатые индивидуальные ограждения высотой не менее 1,9 м. Двери ограждения должны иметь блокировку, аналогичную указанной в пункте 1147 настоящих Правил блокировке дверей шкафов, или запираться на замок. В последнем случае над дверями ограждения или на стене должна быть выполнена сигнализация об отключении преобразователя как со стороны переменного, так и со стороны выпрямленного напряжения.

1151. Измерительные приборы, установленные на корпусе преобразователя, должны быть расположены и смонтированы таким образом, чтобы персонал мог следить за показаниями приборов, не заходя за ограждение преобразователя.

Несколько открытых преобразователей, относящихся к одному преобразовательному агрегату, допускается ограждать одним общим ограждением.

1152. При установке открытых преобразователей до 1 кВ на неизолированном полу в электропомещениях расстояния по горизонтали должны быть не менее:

1) от частей преобразователя, находящихся под напряжением, до заземленных ограждений, стен со стороны, где не требуется обслуживание преобразователей, 50 мм;

2) от частей одного преобразователя, находящихся под напряжением, до заземленных частей другого преобразователя, заземленных ограждений, стен со стороны обслуживания 1,5 м;

3) между заземленными частями разных преобразователей, а также от заземленных частей преобразователя до заземленных ограждений, стен со стороны обслуживания 0,8 м;

4) между частями, находящимися под напряжением, разных преобразователей со стороны обслуживания 2,0 м.

Расстояния, указанные в подпунктах 2) и 4) настоящего пункта, установлены из условия обеспечения захода обслуживающего персонала внутрь ограждений без снятия напряжения с преобразователей.

1153. При установке открытых преобразователей выше 1 кВ в электропомещениях расстояния по горизонтали должны быть не менее:

1) от частей преобразователя, находящихся под напряжением, до ограждений, стен со стороны, где не требуется обслуживание преобразователей, при напряжении 3 кВ - 165 мм, 6 кВ - 190 мм, 10 кВ - 220 мм;

2) между заземленными частями разных преобразователей, а также от заземленных частей преобразователя до ограждений, стен со стороны обслуживания - 0,8 м это расстояние установлено из условия обеспечения обслуживания преобразователя при отсутствии напряжения.

1154. В установках, в которых преобразовательный агрегат состоит из двух или более преобразователей и, кроме того, требуется работа части преобразователей при отсутствии напряжения на остальных, электрические соединения отдельных элементов должны быть выполнены так, чтобы имелась возможность отключения каждого преобразователя со стороны переменного и со стороны выпрямленного напряжений.

1155. При установке шкафов с электрооборудованием преобразовательных агрегатов в один ряд ширина прохода со стороны дверей или съемных стенок должна быть не менее 1 метра при открытой на 90 0 двери шкафа допускается сужение прохода до 0,6 метра.

При двухрядном расположении шкафов ширина прохода обслуживания между шкафами должна быть не менее 1,2 метра при открытых на 900 дверях двух шкафов, расположенных один против другого, между дверями должен оставаться проход шириной не менее 0,6 метра.

При установке электрооборудования в шкафах на выдвижных тележках ширина проходов должна быть не менее:

1) при однорядном размещении шкафов - длины тележки плюс 0,6 метра;

2) при двухрядном размещении - длины тележки плюс 0,8 метра.

Во всех случаях ширина проходов должна быть не менее размера тележки по диагонали.

1156. Аноды преобразователей и их охладители должны быть окрашены в яркий цвет, отличный от цвета остальных частей преобразователя.

1157. На корпусе преобразователя должны быть нанесены предупреждающие знаки с указанием напряжения преобразователя при холостом ходе.

1158.В установках с полупроводниковыми преобразователями изоляция цепей, связанных с вентильными обмотками преобразовательных трансформаторов, цепей управления и «сеточной» защиты, а также цепей, которые могут оказаться под потенциалом вентильных обмоток при пробое изоляции, должна выдерживать в течение 1 минуты следующее испытательное напряжение переменного тока частотой 50 Гц:

| Номинальное напряжение цепей, В | До 60 | 220 | 500 | Выше 500 |
|---|---|---|---|---|
| Испытательное напряжение, кВ | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 $U_{d0}$+1 но не менее 3 |

$U_{d0}$ - выпрямленное напряжение холостого хода.

За номинальное напряжение изоляции принимается наибольшее из номинальных напряжений (действующее значение), воздействующих на изоляцию в проверяемой цепи.

1159. Первичные цепи выпрямленного тока должны иметь изоляцию, соответствующих их рабочему напряжению.

## Параграф 4. Охлаждение преобразователей

1160. Для обеспечения температурного режима преобразователей, требуемого заводом-изготовителем, должны быть предусмотрены устройства для их охлаждения. Способы охлаждения, температура охлаждающей воды или воздуха и их расход задаются заводом-изготовителем.

1161. При воздушном охлаждении преобразователей содержание пыли в воздухе не должно превышать 0,7 мг/м$^3$. При большей концентрации пыли должна быть предусмотрена очистка воздуха.

1162. При воздушном охлаждении преобразователей воздуховод каждого преобразователя должен иметь заслонку (шибер), обеспечивающую прекращение подачи воздуха к преобразователю вне зависимости от подачи воздуха к другим преобразователям.

1163. При охлаждении преобразователей водой, применяется замкнутая циркуляционная система.

Вода по своим химическим и физическим свойствам (химический состав, электропроводность, жесткость, содержание механических примесей) должна соответствовать требованиям завода-изготовителя.

1164. При охлаждении преобразователей водой по проточной и по циркуляционной системам трубопроводы, подводящие и отводящие охлаждающую воду, должны быть изолированы от охладительной системы, имеющей потенциал преобразователя.

Изоляция должна быть выполнена в виде изоляционных труб или шлангов между преобразователем и теплообменником (при циркуляционной системе) или между преобразователем и водопроводом (при проточной системе). Длина изоляционных труб и шлангов должна быть не менее задаваемой заводом-изготовителем преобразователей. При

проточной системе охлаждения изоляцию между преобразователем и сточной трубой допускается осуществлять посредством струи воды, свободно падающей в приемную воронку.

1165. При применении в качестве охлаждающей жидкости антикоррозионных растворов, имеющих высокую проводимость, оборудование охладительной установки (теплообменник, насос, подогреватели), имеющее в этом случае потенциал корпуса преобразователя, должно быть установлено на изоляторах, а трубопроводы, между охладительной установкой и преобразователем, в случае доступности их для прикосновения при работающем преобразователе должны выполняться из изоляционных труб или шлангов. Охлаждающая вода подается в теплообменник через изоляционную вставку (шланг пли трубу). Если охладительная установка находится вне ограждения преобразователя, она должна иметь сетчатое или сплошное ограждение, отвечающее требованиям подпункта 2) пункта 1150 настоящих Правил, при этом, блокировка дверей ограждения должна обеспечивать отключение насоса и подогревателя теплообменника при открывании дверей.

1166. Вентили для регулирования количества охлаждающей воды должны быть установлены в безопасном и удобном для обслуживания месте. В зависимости от места нахождения они должны быть изолированы от земли или заземлены.

1167 Степень резервирования обеспечения преобразовательной подстанции (установки) водой должна соответствовать степени резервирования питания ее электроэнергией.

1168. Для контроля за работой охлаждающих устройств должно быть установлено достаточное количество контрольно-измерительных приборов и аппаратуры (термометры, манометры, реле давления и протекания, расходомеры).

## 18. Аккумуляторные установки

### Параграф 1. Электрическая часть

1169. Выбор электронагревательных устройств, светильников, электродвигателей вентиляции и электропроводок для основных и вспомогательных помещений аккумуляторных батарей, относящихся к взрывоопасным, а также установка и монтаж указанного оборудования должны производиться в соответствии с требованиями, приведенными в главе 24 настоящих Правил.

1170 Зарядное устройство должно иметь мощность и напряжение, достаточные для заряда аккумуляторной батареи на 90 % номинальной емкости в течение не более 8 часов при предшествующем 30-минутном разряде.

1171. Аккумуляторная установка должна быть оборудована устройствами контроля и измерения напряжения и тока.

1172. НДля зарядных и подзарядных двигателей-генераторов должны предусматриваться устройства для их отключения при появлении обратного тока.

1173. В цепи аккумуляторной батареи, устанавливается автоматический выключатель, селективный по отношению к защитным аппаратам сети.

1174. Подзарядное устройство должно обеспечивать стабилизацию напряжения на шинах батареи в пределах ±2 %.

1175. Аккумуляторные установки, в которых применяется режим заряда батарей с напряжением не более 2,3 В на элемент, должны иметь устройство, не допускающее самопроизвольного повышения напряжения до уровня выше 2,3 В на элемент.

1176. Выпрямительные установки, применяемые для заряда и подзаряда аккумуляторных батарей, должны присоединяться со стороны переменного тока через разделительный трансформатор.

1177. Шины постоянного тока должны быть снабжены устройством для постоянного контроля изоляции, позволяющим оценивать значение сопротивления изоляции и действующим на сигнал при снижении сопротивления изоляции одного из полюсов до 20 кОм в сети 220 В, 10 кОм в сети 110 В, 5 кОм в сети 48 В и 3 кОм в сети 24 В.

1178. Для аккумуляторной батареи предусматривается блокировка, не допускающую проведения заряда батареи с напряжением более 2,3 В на элемент при отключенной вентиляции.

1179. В помещении аккумуляторной батареи один светильник должен быть присоединен к сети аварийного освещения.

1180. Аккумуляторы должны устанавливаться на стеллажах или на полках шкафа. Расстояния по вертикали между стеллажами или полками шкафа должны обеспечивать удобное обслуживание аккумуляторной батареи. Аккумуляторы устанавливаются в один ряд при одностороннем их обслуживании или в два ряда при двустороннем.

В случае применения сдвоенных стеклянных сосудов они рассматриваются как один аккумулятор.

1181. Стеллажи для установки аккумуляторов должны быть выполнены, испытаны и маркированы в соответствии с требованиями технических условий; они должны быть защищены от воздействия электролита стойким покрытием.

1182. Аккумуляторы должны быть изолированы от стеллажей, а стеллажи - от земли посредством изолирующих подкладок, стойких против воздействия электролита и его паров. Стеллажи для аккумуляторных батарей напряжением не выше 48 В устанавливаются без изолирующих подкладок.

1183. Проходы для обслуживания аккумуляторных батарей должны быть шириной в свету между аккумуляторами не менее 1 м при двустороннем расположении аккумуляторов и 0,8 м при одностороннем. Размещение аккумуляторных батарей должно производиться с соблюдением требований на стеллажи для стационарных установок электрических аккумуляторов.

1184. Расстояние от аккумуляторов до отопительных приборов должно быть не менее 750 мм. Это расстояние может быть уменьшено при условии установки тепловых экранов из несгораемых материалов, исключающих местный нагрев аккумуляторов.

1185. Расстояния между токоведущими частями аккумуляторов должны быть не менее 0,8 м при напряжении выше 65 В до 250 В в период нормальной работы (не заряд 1) и 1 м - при напряжении выше 250 В.

При установке аккумуляторов в два ряда без прохода между рядами напряжение между токоведущими частями соседних аккумуляторов разных рядов не должно превышать 65 В в период нормальной работы (не заряде).

Электрооборудование, а также места соединения шин и кабелей должны быть расположены на расстоянии не менее 1 м от негерметичных аккумуляторов и не менее 0,3 м ниже самой низкой точки потолка.

1186. Ошиновка аккумуляторных батарей должна выполняться медными или алюминиевыми неизолированными шинами или одножильными кабелями с кислотостойкой изоляцией.

Соединения и ответвления медных шин и кабелей должны выполняться сваркой или пайкой, алюминиевых - только сваркой. Соединение шин с проходными стержнями выводной плиты должно выполняться сваркой.

Места присоединения шин и кабелей к аккумуляторам должны обслуживаться.

Электрические соединения от выводной плиты из помещения аккумуляторной батареи до коммутационных аппаратов и распределительного щита постоянного тока должны выполняться одножильными кабелями или неизолированными шинами.

1187. Неизолированные проводники должны быть дважды окрашены кислотостойкой, не содержащей спирта краской по всей длине, за исключением мест соединения шин,

присоединения к аккумуляторам и других соединений. Неокрашенные места должны быть смазаны техническим вазелином.

1188. Расстояние между соседними неизолированными шинами определяется расчетом на динамическую стойкость. Указанное расстояние, а также расстояние от шин до частей здания и других заземленных частей должно быть в свету не менее 50 мм.

1189. Шины должны прокладываться на изоляторах и закрепляться на них шинодержателями.

Пролет между опорными точками шин определяется расчетом на динамическую стойкость (с учетом пункта 1149настоящих Правил), но должен быть не более 2 м. Изоляторы, их арматура, детали для крепления шин и поддерживающие конструкции должны быть электрически и механически стойкими против длительного воздействия паров электролита. Заземление поддерживающих конструкций не требуется.

1190. Выводная плита из помещения аккумуляторной батареи должна быть стойкой против воздействия паров электролита. Применяются плиты из пропитанного парафином асбоцемента, эбонита. Применение для плит мрамора, а также фанеры и других материалов слоистой структуры не допускается.

При установке плит в перекрытии плоскость плиты должна возвышаться над ним не менее чем на 100 мм.

1191. При выборе и расчете аккумуляторной батареи учитывается уменьшение ее емкости при температуре в помещении аккумуляторной батареи ниже +15°С.

## Параграф 2. Санитарно-техническая часть

1192. Помещения аккумуляторных батарей, в которых производится заряд аккумуляторов при напряжении более 2,3 В на элемент, должны быть оборудованы стационарной принудительной приточно-вытяжной вентиляцией.

Для помещений аккумуляторных батарей, работающих в режиме постоянного подзаряда и заряда при напряжении до 2,3 В на элемент, должно быть предусмотрено применение стационарных или инвентарных устройств принудительной приточно-вытяжной вентиляции на период формовки батарей и контрольных перезарядов.

Требуемый объем свежего воздуха V, $м^3/ч$, определяется по формуле:

$$V = 0{,}07\ I_{зар}\ n,$$

где $I_{зар}$ - наибольший зарядный ток, А; n - количество элементов аккумуляторной батареи; при этом, концентрация серной кислоты в воздухе помещения аккумуляторной батареи должна быть не более указанной в СН 245-71 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий».

Кроме того, для вентиляции помещений аккумуляторных батарей должна быть выполнена естественная вытяжная вентиляция, которая обеспечивает не менее чем однократный обмен воздуха в час. В тех случаях, когда естественная вентиляция не может обеспечить требуемую кратность обмена воздуха, должна применяться принудительная вытяжная вентиляция.

Для герметичных необслуживаемых аккумуляторных батарей, при установке их в отдельном помещении должна предусматриваться только естественная вентиляция, обеспечивающая однократный обмен воздуха в час.

1193. Вентиляционная система помещений аккумуляторной батареи должна обслуживать только аккумуляторные батареи и кислотную. Выброс газов должен производиться через шахту, возвышающуюся над крышей здания не менее чем на 1,5 м. Шахта должна быть защищена от попадания в нее атмосферных осадков. Включение вентиляции в дымоходы или в общую систему вентиляции здания не допускается.

1194. При устройстве принудительной вытяжной вентиляции вентилятор должен иметь взрывобезопасное исполнение.

1195. Отсос газов должен производиться как из верхней, так и из нижней части помещения со стороны, противоположной притоку свежего воздуха.

Если потолок имеет выступающие конструкции или наклон, то должна быть предусмотрена вытяжка воздуха соответственно из каждого отсека или из верхней части пространства под потолком.

Расстояние от верхней кромки верхних вентиляционных отверстий до потолка должно быть не более 100 мм, а от нижней кромки нижних вентиляционных отверстий до пола - не более 300 мм.

Поток воздуха из вентиляционных каналов не должен быть направлен непосредственно на поверхность электролита аккумуляторов.

Металлические вентиляционные короба не должны располагаться над открытыми аккумуляторами.

Применение инвентарных вентиляционных коробов в помещениях аккумуляторных батарей не допускается.

1196. Температура в помещениях аккумуляторных батарей в холодное время на уровне расположения аккумуляторов должна быть не ниже +10°С.

На подстанциях без постоянного дежурства персонала, если аккумуляторная батарея выбрана из расчета работы только на включение и отключение выключателей, допускается принимать указанную температуру не ниже 0°С.

1197. Отопление помещения аккумуляторной батареи осуществляется при помощи калориферного устройства, располагаемого вне этого помещения и подающего теплый воздух через вентиляционный канал. При применении электроподогрева должны быть приняты меры против заноса искр через канал.

При устройстве парового или водяного отопления оно должно выполняться в пределах помещения аккумуляторной батареи гладкими трубами, соединенными сваркой. Фланцевые соединения и установка вентилей не допускается.

1198. На электростанциях, а также на подстанциях, оборудованных водопроводом, вблизи помещения аккумуляторной батареи должны быть установлены водопроводный кран и раковина. Над раковиной должна быть надпись: «Кислоту и электролит не сливать».

## Раздел 4. Электросиловые установки

### 19. Электромашинные помещения

#### Параграф 1. Общие положения

1199. Электромашинные помещения относятся к помещениям с производством категории Г.

1200. Электромашинные помещения должны быть оборудованы телефонной связью и пожарной сигнализацией, а также другими видами сигнализации, которые требуются по условиям работы.

1201. В ЭМП допускается размещать редукторы и шестеренные клети механизмов, связанных с электродвигателями, которые установлены в данном ЭМП.

1202. Вращающиеся части установленного в ЭМП оборудования, расположенные на доступной высоте, должны быть ограждены от случайных прикосновений в соответствии с действующими требованиями безопасности.

1203. В ЭМП должны быть предусмотрены сети питания сварочных трансформаторов, переносных светильников и электроинструмента, а также машин для уборки помещений.

Для питания открытых переносных светильников должно применяться напряжение не выше 25 В переменного тока или 60 В постоянного тока.

1204. Электромашинные помещения должны быть оборудованы устройствами для продувки электрооборудования сухим, чистым, сжатым воздухом давлением не более 0,2 МПа от передвижного компрессора или от сети сжатого воздуха с фильтрами и осушителями. Электромашинные помещения должны быть также оборудованы промышленным передвижным пылесосом для сбора пыли.

1205. Для транспортировки и монтажа, разборки и сборки электрических машин, преобразователей и других работ, предусматриваются инвентарные (стационарные или передвижные) подъемные и транспортные устройства.

## Параграф 2. Размещение и установка электрооборудования

1206. Компоновка ЭМП на всех отметках должна допускать удобную транспортировку и монтаж оборудования. В подвале ЭМП при его длине более 100 м должны быть предусмотрены проезды для электрокар или транспортных тележек.

Расстояние в свету между транспортируемыми элементами оборудования и элементами здания или оборудования должно быть не менее 0,3 метра по вертикали и 0,5 метра по горизонтали.

1207. Ширина проходов между фундаментами или корпусами машин, между машинами и частями здания или оборудования должна быть не менее 1 метра в свету, допускаются местные сужения проходов между выступающими частями машин и строительными конструкциями до 0,6 метра на длине не более 0,5 метра.

1208. Расстояние в свету между корпусом машины и стеной здания или между корпусами, а также между торцами рядом стоящих машин при наличии прохода с другой стороны машин должно быть не менее 0,3 метра при высоте машин до 1 метра от уровня пола и не менее 0,6 метра при высоте машин более 1 метра.

Ширина прохода обслуживания между машинами и фасадом (лицевой стороной обслуживания) пульта управления или щита управления должна быть не менее 2 м. При установке щитов в шкафу это расстояние выбирается от машины до закрытой двери или стенки шкафа.

Указанные требования не относятся к постам местного управления приводами.

Ширина прохода между корпусом машины и торцом пульта управления или щита управления должна быть не менее 1 м.

1209. Ширина прохода обслуживания в свету между рядом шкафов с электрооборудованием напряжением до 1 кВ и частями здания или оборудования должна быть не менее 1 м, а при открытой дверце шкафа - не менее 0,6 м, при двухрядном расположении шкафов ширина прохода в свету между ними должна быть не менее 1,2 м, а между открытыми противоположными дверцами - не менее 0,6 м.

Допускается установка машин мощностью до 10 кВт и малогабаритного оборудования в проходах обслуживания за распределительными щитами, стеллажами, пультами и другими подобными элементами РУ до 1 кВ за счет местного сужения проходов в свету до значения не менее 0,6 м, при этом, расстояние от корпуса машины или аппарата до токоведущих частей щита должно быть не менее указанного в подпункте 2) пункта 885 настоящих Правил.

Размеры проходов обслуживания для РУ, щитов и другого оборудования должны удовлетворять требованиям, приведенным в подпунктах 885, 886 и 963 настоящих Правил.

В подвальном этаже ЭМП предусматривается выполнение кабельного этажа или кабельного туннеля при открытой прокладке более 350 силовых и контрольных кабелей или более 150 силовых кабелей в наиболее загруженном кабелями сечении подвала.

Ширина проходов в кабельных сооружениях должна приниматься в соответствии с пунктами 472 и 474 настоящих Правил. Ряды кабельных конструкций с кабелями в этих сооружениях не должны образовывать тупиков длиной более 7 метра. Во избежание образования тупиков допускается устройство прохода под кабелями высотой в свету не менее 1,5 метра от пола. Над таким проходом допускается уменьшенное расстояние между полками, обеспечивающее возможность демонтажа кабелей, но не менее 100 мм.

1210. Непосредственно в ЭМП допускается открыто устанавливать:

1) маслонаполненные пусковые и пускорегулирующие устройства для электрических машин до и выше 1 кВ (автотрансформаторы, реакторы, реостаты) при массе масла до 600 килограмм;

2) трансформаторы мощностью до 1,6 МВ А, автотрансформаторы, измерительные трансформаторы и другие аппараты с массой масла до 2 тонн, которые имеют повышенную прочность баков и уплотнения, исключающие течь масла, а также (для трансформаторов и автотрансформаторов) газовую защиту или реле давления, работающие на сигнал.

Допускается совместная установка группы, состоящей не более чем из двух указанных трансформаторов (аппаратов), при расстоянии между отдельными группами не менее 10 м в свету;

3) трансформаторы сухие или наполненные негорючими жидкостями без ограничения мощности и количества;

4) металлические КРУ, подстанции до 1 кВ и выше, батареи конденсаторов или отдельные конденсаторы;

5) аккумуляторные батареи закрытого типа при условии устройства вытяжного приспособления или зарядки в специальных помещениях или шкафах;

6) полупроводниковые преобразователи;

7) щиты управления, защиты, измерения, сигнализации, а также щиты блоков и станций управления с установленными на них аппаратами, имеющими на лицевой или задней стороне открытые токоведущие части;

8) неизолированные токопроводы до 1 кВ и выше;

9) оборудование охлаждения электрических машин.

1211. При расположении в ЭМП маслонаполненного электрооборудования в закрытых камерах с выкаткой внутрь ЭМП масса масла в оборудовании, установленном в одной камере или в группе смежных камер, должна быть не более 6,5 тонн, а расстояние в свету между двумя камерами или группами камер - не менее 50 м.

Если это расстояние не может быть выдержано или, если масса масла в одной камере или в группе смежных камер более 6,5 т, то маслонаполненное электрооборудование должно размещаться в камерах с выкаткой наружу или в коридор, специально предназначенный для этой цели, либо в производственное помещение с производством категорий Г или Д.

1212. Отметка верхней поверхности фундаментных плит вращающихся машин, не связанных с механическим оборудованием (преобразовательные, возбудительные, зарядные агрегаты), должна быть выше отметки чистого пола не менее чем на 50 мм. Отметка верхней поверхности фундаментных плит вращающихся машин, связанных с механическим оборудованием, определяется требованиями, предъявляемыми к его установке.

1213. Сквозной проход через ЭМП трубопроводов, содержащих взрывоопасные газы, горючие или легковоспламеняющиеся жидкости, не допускается. В ЭМП разрешается прокладывать только трубопроводы, непосредственно относящиеся к установленному в них оборудованию. Холодные трубопроводы должны иметь защиту от отпотевания. Горячие трубопроводы должны иметь тепловую несгораемую изоляцию в тех местах, где это необходимо для защиты персонала или оборудования. Трубопроводы должны иметь отличительную окраску.

1214. В случаях, когда верхняя отметка фундаментной плиты машины находится выше или ниже отметки пола ЭМП более чем на 400 мм, вокруг машины должна быть предусмотрена несгораемая площадка шириной не менее 600 мм с поручнями и лестницами. Площадки обслуживания, расположенные на высоте до 2 м над уровнем пола, должны ограждаться перилами, а на высоте более 2 м - перилами и бортовыми барьерами. Для входа на площадки должны предусматриваться ступеньки.

1215. При наличии на предприятии железнодорожной сети, связанной с железной дорогой общего пользования, и при доставке тяжеловесного оборудования по железной дороге предусматривает железнодорожную ветку нормальной колеи с тупиковым заходом в ЭМП. Длина тупикового захода должна обеспечивать возможность снятия оборудования с открытой платформы при помощи грузоподъемных устройств ЭМП.

Если доставка оборудования производится автотранспортом, предусматривается возможность заезда автотранспорта в ЭМП, в зону действия грузоподъемных устройств.

1216. Электрические машины должны быть установлены таким образом, чтобы их работа не вызвала шума и вибрации самой машины, фундамента или частей здания выше допустимых пределов.

1217. Для производства монтажных и ремонтных работ в ЭМП должны быть предусмотрены специальные площадки (монтажные площадки) или использованы свободные площадки между оборудованием, рассчитанные на наиболее тяжелую, практически возможную нагрузку от оборудования и расположенные в зоне действия грузоподъемных устройств ЭМП. Внешние контуры пола монтажной площадки должны быть обозначены краской или метлахской плиткой, отличающимися по цвету от других частей пола.

Участки ЭМП, по которым транспортируется оборудование, должны быть рассчитаны на нагрузку транспортируемого оборудования. Контуры этих участков обозначаются краской или плиткой.

Размеры монтажных площадок определяются по габариту наибольшей детали (в упаковке), для размещения которой они предназначены, с запасом в 1 м на сторону. Места установки стоек для размещения якорей крупных электрических машин на монтажных площадках должны быть рассчитаны на нагрузку от веса этих якорей и стоек и иметь отличительную окраску. На монтажных площадках должны быть нанесены надписи с указанием значения наибольшей допустимой нагрузки.

1218. Электрические светильники в ЭМП не располагаются над открытыми шинами РУ и открытыми токопроводами. Электрические светильники, обслуживаемые с пола, не располагаются над вращающимися машинами.

### Параграф 3. Смазка подшипников электрических машин

1219. Системы циркуляционной смазки электрических машин и технологических механизмов объединяются при условии, если применяемый сорт масла пригоден для тех и других и если технологические механизмы не являются источником засорения масла металлической пылью, водой или другими вредными примесями.

1220. Оборудование централизованных систем смазки, в том числе предназначенной только для электрических машин, устанавливается вне ЭМП.

1221. Система смазки электрических машин мощностью более 1 МВт должна быть снабжена указателями уровня масла и приборами контроля температуры масла и подшипников, а при наличии циркуляционной смазки, кроме того, приборами контроля протекания масла.

1222. Трубопроводы масла и воды прокладываются к подшипникам открыто или в каналах со съемными покрытиями из несгораемых материалов. В необходимых случаях допускается также скрытая прокладка трубопроводов в земле или бетоне.

1223. Соединение труб с арматурой допускается фланцами.

Диафрагмы и вентили должны устанавливаться непосредственно у мест подвода смазки к подшипникам электрических машин.

Трубы, подводящие масло к подшипникам, электрически изолированным от фундаментной плиты, должны быть электрически изолированы от подшипников и других деталей машины. Каждая труба должна иметь не менее двух изоляционных промежутков или изолирующую вставку длиной не менее 0,1 м.

1224. В необходимых случаях ЭМП должны быть оборудованы резервуарами и системой трубопроводов для спуска грязного масла из маслонаполненного электрооборудования. Спуск масла в канализацию не допускается.

## 20. Генераторы и синхронные компенсаторы

### Параграф 1. Общие положения

1225. Генераторы, синхронные компенсаторы и их вспомогательное оборудование, устанавливаемые на открытом воздухе, должны иметь специальное исполнение.

1226. Конструкция генераторов и синхронных компенсаторов должна обеспечивать их нормальную эксплуатацию в течение 20-25 лет с возможностью замены изнашивающихся и повреждаемых деталей и узлов при помощи основных грузоподъемных механизмов и средств малой механизации без полной разборки машины.

Конструкциями гидрогенератора и системы его водоснабжения должна быть предусмотрена возможность полного удаления воды и отсутствия застойных зон при ремонте в любое время года.

1227. Генераторы и синхронные компенсаторы должны быть оборудованы контрольно-измерительными приборами в соответствии с главой 6 настоящих Правил, устройствами управления, сигнализации, защиты в соответствии с пунктами 630, 646 и 668, 686 настоящих Правил, устройствами АГП, защиты ротора от перенапряжений, АРВ в соответствии с пунктами 778 и 819 настоящих Правил, а также устройствами автоматики для обеспечения автоматического пуска, работы и останова агрегата. Кроме того, турбогенераторы мощностью 100 МВт и более и синхронные компенсаторы с водородным охлаждением должны быть оборудованы устройствами дистанционного контроля вибрации подшипников. Турбо- и гидрогенераторы мощностью 300 МВт и более должны быть оборудованы также осциллографами с записью предаварийного процесса.

1228. Панели управления, релейной защиты, автоматики, возбуждения и непосредственного водяного охлаждения гидрогенератора размещаются в непосредственной близости от него.

1229. Электрические и механические параметры мощных турбо- и гидрогенераторов должны, приниматься оптимальными с точки зрения нагрузочной способности. При необходимости обеспечения устойчивости работы параметры генераторов принимаются отличными от оптимальных с точки зрения нагрузочной способности при обосновании технико-экономическими расчетами.

1230. Напряжение генераторов должно приниматься на основе технико-экономических расчетов по согласованию с заводом-изготовителем.

1231. Установка дополнительного оборудования для использования гидрогенераторов в качестве синхронных компенсаторов должна быть обоснована технико-экономическими расчетами.

1232. Для монтажа, разборки и сборки генераторов, синхронных компенсаторов и их вспомогательного оборудования должны быть предусмотрены стационарные, передвижные или инвентарные подъемно-транспортные приспособления и механизмы.

1233. При применении наружных грузоподъемных кранов гидроэлектростанций должны быть предусмотрены простые мероприятия для исключения воздействия дождя и снега на оборудование при продолжительном раскрытии помещений и монтажных площадок.

1234. Электростанции должны иметь помещения для хранения резервных стержней обмотки статора. Помещения должны быть сухими, отапливаемыми, с температурой не ниже плюс 5°С, оборудованными специальными стеллажами.

## Параграф 2. Охлаждение и смазка

1235. При питании морской или агрессивно воздействующей пресной водой газоохладители, теплообменники и маслоохладители, трубопроводы и арматура к ним должны выполняться из материалов, стойких к воздействию коррозии.

1236. Генераторы и синхронные компенсаторы с разомкнутой системой охлаждения и гидрогенераторы мощностью 1 МВт и более с частичным отбором воздуха для отопления должны быть снабжены фильтрами для очистки входящего в них извне воздуха, а также устройствами для быстрого прекращения его подачи в случае возгорания генератора или синхронного компенсатора.

1237. Для генераторов и синхронных компенсаторов с замкнутой системой воздушного охлаждения должны быть выполнены следующие мероприятия:

1) камеры холодного и горячего воздуха должны иметь плотно закрывающиеся остекленные смотровые лючки;

2) двери камер холодного и горячего воздуха должны быть стальными, плотно закрывающимися, открывающимися наружу и иметь самозапирающиеся замки, открываемые без ключа с внутренней стороны камер;

3) внутри камер холодного и горячего воздуха должно быть оборудовано освещение с выключателями, вынесенными наружу;

4) короба горячего воздуха, а также конденсаторы и водопроводы паровых турбин, если они находятся в камерах охлаждения, должны быть покрыты тепловой изоляцией во избежание подогрева холодного воздуха и конденсации влаги на поверхности труб;

5) в камерах холодного воздуха должны быть устроены кюветы для удаления сконденсировавшейся на воздухоохладителях воды. Для турбогенераторов конец трубы, выводящей воду в дренажный канал, должен снабжаться гидравлическим затвором, при этом, устанавливаются устройства сигнализации, реагирующего на появление воды в сливной трубе;

6) корпус, стыки, воздуховод и другие участки должны быть тщательно уплотнены для предотвращения присоса воздуха в замкнутую систему вентиляции. В дверях камер холодного воздуха турбогенераторов и синхронных компенсаторов должен быть выполнен организованный присос воздуха через фильтр, который устанавливается в области разрежения (после воздухоохладителя);

7) стены камер и воздушных коробов должны быть плотными, они должны быть окрашены светлой, не поддерживающей горения краской или облицованы глазурованными плитками либо пластиковым покрытием, не поддерживающим горения. Полы камер и фундаменты должны иметь покрытие, не допускающее образования пыли.

1238. Турбогенераторы и синхронные компенсаторы с водородным охлаждением должны быть оборудованы:

1) установкой централизованного снабжения водородом с механизацией погрузки и разгрузки газовых баллонов, газопроводами подпитки газом и приборами контроля за параметрами газа (давление, чистота) в генераторе и синхронном компенсаторе.

Для подачи водорода от газовых резервуаров в машинный зал предусматривается одна магистраль. Схема газопроводов выполняется кольцевой секционированной. Для синхронных компенсаторов выполняется одна магистраль.

Для предупреждения образования взрывоопасной газовой смеси на питающих водородных линиях и на линиях подачи воздуха должна быть обеспечена возможность создания видимых разрывов перед турбогенератором и синхронным компенсатором;

2) установкой централизованного снабжения инертным газом (углекислым газом или азотом) с механизацией погрузки и разгрузки газовых баллонов для вытеснения водорода или воздуха из генератора (синхронного компенсатора), для продувки и тушения пожара в главном масляном баке турбины, в опорных подшипниках генератора и в токопроводах;

3) основным, резервным, а турбогенераторы, кроме того, и аварийным источниками маслоснабжения водородных уплотнений, демпферным баком для питания торцовых уплотнений маслом в течение времени, необходимого для аварийного останова генератора со срывом вакуума турбины, для турбогенераторов мощностью 60 МВт и более. Резервный и аварийный источники маслоснабжения должны автоматически включаться в работу при откпючении рабочего источника маслоснабжения, а также при снижении давления масла;

4) автоматическими регуляторами давления масла на водородных уплотнениях турбогенераторов. В схеме маслоснабжения обходные вентили регуляторов должны быть регулировочными, а не запорными для исключения бросков давления масла при переходах с ручного регулирования на автоматическое и обратно;

5) устройствами для осушки водорода, включенными в контур циркуляции водорода в генераторе или синхронном компенсаторе;

6) предупредительной сигнализацией, действующей при неисправностях газомасляной системы водородного охлаждения и отклонении ее параметров (давления, чистоты водорода, перепада давления масло-водород) от заданных значений;

7) контрольно-измерительными приборами и реле автоматики для контроля и управления газомасляной системой водородного охлаждения, при этом, не допускается размещение газовых и электрических приборов на одной закрытой панели;

8) вентиляционными установками в местах скопления газа главного масляного бака, масляных камер на сливе, основных подшипников турбогенератора.

В фундаментах турбогенераторов и синхронных компенсаторов не должно быть замкнутых пространств, в которых возможно скопление водорода. При наличии объемов, ограниченных строительными конструкциями (балки, ригели), в которых возможно скопление водорода, из наиболее высоких точек этих объемов должен быть обеспечен свободный выход водорода вверх;

9) дренажными устройствами для слива воды и масла из корпуса. Система дренажа должна исключать возможность перетока горячего газа в отсеки холодного газа;

10) указателем появления жидкости в корпусе турбогенератора (синхронного компенсатора);

11) источником сжатого воздуха с избыточным давлением не менее 0,2 МПа с фильтром и осушителем воздуха.

1239. Генераторы и синхронные компенсаторы с водяным охлаждением обмоток должны быть оборудованы:

1) трубопроводами подачи и слива дистиллята, выполненными из материалов, стойких к воздействию коррозии;

2) основным и резервным насосами дистиллята;

3) механическими, магнитными и ионитовыми фильтрами дистиллята и устройствами для очистки дистиллята от газовых примесей. Дистиллят не должен иметь примесей солей и газов;

4) расширительным баком с защитой дистиллята от внешней среды;

5) основным и резервным теплообменниками для охлаждения дистиллята.

В качестве первичной охлаждающей воды в теплообменниках должны применяться для гидрогенераторов и синхронных компенсаторов - техническая вода, для турбогенераторов - конденсат от конденсатных насосов турбины и как резерв - техническая вода от циркуляционных насосов газоохладителей генераторов;

6) предупредительной сигнализацией и защитой, действующей при отклонениях от нормального режима работы системы водяного охлаждения;

7) контрольно-измерительными приборами и реле автоматики для контроля и управления системой водяного охлаждения;

8) устройствами обнаружения утечки водорода в тракт водяного охлаждения обмоток статора;

9) контрольными трубками с кранами, выведенными наружу из высших точек сливного и напорного коллекторов дистиллята, для удаления воздуха из системы водяного охлаждения обмотки статора во время заполнения ее дистиллятом.

1240. В каждой системе трубопроводов, подводящих воду к газоохладителям, теплообменникам и маслоохладителям, установиются фильтры, при этом, должна быть предусмотрена возможность их очистки и промывки без нарушения нормальной работы генератора и синхронного компенсатора.

1241. Каждая секция газоохладителей и теплообменников должна иметь задвижки для отключения ее от напорного и сливного коллекторов и для распределения воды по отдельным секциям.

На общем трубопроводе, отводящем воду из всех секций охладителей каждого генератора, должна быть установлена задвижка для регулирования расхода воды через все секции охладителя. Для турбогенераторов штурвальный привод этой задвижки выводится на уровень пола машинного зала.

1242. Каждая секция газоохладителей и теплообменников в самой высокой точке должна иметь краны для выпуска воздуха.

1243. В системе охлаждения газа или воздуха турбогенераторов и синхронных компенсаторов должно быть предусмотрено регулирование температуры охлаждающей воды при помощи рециркуляционных устройств.

1244. В схеме подачи охлаждающей воды должно быть предусмотрено автоматическое включение резервного насоса при отключении работающего, а также при снижении давления охлаждающей воды. У синхронных компенсаторов должно быть предусмотрено резервное питание от постоянно действующего надежного источника охлаждающей воды (система технической воды, баки).

1245. На питающих трубопроводах технического водоснабжения генераторов должны устанавливаться расходомеры.

1246. На площадке турбины, соединенной с турбогенератором, который имеет водяное или водородное охлаждение, должны быть установлены: манометры, показывающие давление охлаждающей воды в напорном коллекторе, давление водорода в корпусе турбогенератора, давление углекислого газа (азота) в газопроводе к генератору устройства сигнализации снижения давления воды в напорном коллекторе пост газового управления, щиты управления газомасляным и водяным хозяйствами.

1247. На месте установки насосов газоохладителей, теплообменников и маслоохладителей должны быть установлены манометры на напорном коллекторе и на насосах.

1248. На напорных и сливных трубопроводах газоохладителей, теплообменников и маслоохладителей должны быть встроены гильзы для ртутных термометров.

1249. Для синхронных компенсаторов, устанавливаемых на открытом воздухе, должна предусматриваться возможность слива воды из охлаждающей системы при останове агрегата.

1250. Газовая система должна удовлетворять требованиям нормальной эксплуатации водородного охлаждения и проведения операций по замене охлаждающей среды в турбогенераторе и синхронном компенсаторе.

1251. Газовая сеть должна выполняться из цельнотянутых труб с применением газоплотной арматуры. Газопроводы должны быть доступны для осмотра и ремонта и иметь защиту от механических повреждений.

1252. Трубопроводы циркуляционных систем смазки и водородных уплотнений турбогенераторов и синхронных компенсаторов с водородным охлаждением должны выполняться из цельнотянутых труб.

1253. У турбогенераторов мощностью 3 МВт и более подшипники со стороны, противоположной турбине, подшипники возбудителя и водородные уплотнения должны быть электрически изолированы от корпуса и маслопроводов.

Конструкция изолированного подшипника и водородных уплотнений должна обеспечивать проведение периодического контроля их изоляции во время работы агрегата. У синхронного компенсатора подшипники должны быть электрически изолированы от корпуса компенсатора и маслопроводов. У синхронного компенсатора с непосредственно присоединенным возбудителем допускается изолировать только один подшипник (со стороны, противоположной возбудителю).

У гидрогенераторов подпятники и подшипники, расположенные над ротором, должны быть электрически изолированы от корпуса.

1254. На каждом маслопроводе электрически изолированных подшипников турбогенераторов, синхронных компенсаторов и горизонтальных гидрогенераторов устанавливаются последовательно два электрически изолированных фланцевых соединения.

1255. Подшипники турбогенераторов, синхронных компенсаторов и их возбудителей, а также водородные уплотнения, масляные ванны подшипников и подпятников гидрогенераторов должны быть выполнены таким образом, чтобы исключалась возможность разбрызгивания масла и попадания масла и его паров на обмотки, контактные кольца и коллекторы.

Сливные патрубки подшипников с циркуляционной смазкой и водородных уплотнений должны иметь смотровые стекла для наблюдения за струей выходящего масла. Для освещения смотровых стекол должны применяться светильники, присоединенные к сети аварийного освещения.

1256. Для турбогенераторов с непосредственным водородным охлаждением обмоток должны быть установлены автоматические газоанализаторы контроля наличия водорода в картерах подшипников и закрытых токопроводах.

1257. Смешанные системы охлаждения генераторов и синхронных компенсаторов должны соответствовать требованиям настоящих Правил.

## Параграф 3. Системы возбуждения

1258. Требования, приведенные в пункте 1275 настоящих Правил, распространяются на стационарные установки систем возбуждения турбо- и гидрогенераторов и синхронных компенсаторов.

1259. Системой возбуждения называется совокупность оборудования, аппаратов и устройств, объединенных соответствующими цепями, которая обеспечивает необходимое возбуждение генераторов и синхронных компенсаторов в нормальных и аварийных режимах, предусмотренных техническими условиями.

В систему возбуждения генератора (синхронного компенсатора) входят: возбудитель (генератор постоянного тока, генератор переменного тока или трансформатор с преобразователем), автоматический регулятор возбуждения, коммутационная аппаратура,

измерительные приборы, средства защиты ротора от перенапряжений и защиты оборудования системы возбуждения от повреждений.

1260. Электрооборудование и аппаратура систем возбуждения должны соответствовать требованиям на синхронные генераторы и компенсаторы и техническим условиям на это оборудование и аппаратуру.

1261. Системы возбуждения, у которых действующее значение эксплуатационного напряжения или длительного перенапряжения

1262. Превышает 1 кВ, должны выполняться в соответствии с требованиями настоящих Правил, предъявляемыми к электроустановкам выше 1 кВ. При определении перенапряжений для вентильных систем возбуждения учитываются и коммутационные перенапряжения.

1263. Системы возбуждения должны быть оборудованы устройствами управления, защиты, сигнализации и контрольно-измерительными приборами в объеме, обеспечивающем автоматический пуск, работу во всех предусмотренных режимах, а также останов генератора и синхронного компенсатора на электростанциях и подстанциях без постоянного дежурства персонала.

1264. Пульты и панели управления, приборы контроля и аппаратура сигнализации системы охлаждения, а также силовые преобразователи тиристорных или иных полупроводниковых возбудителей должны размещаться в непосредственной близости один от другого. Допускается установка теплообменников в другом помещении, при этом, панель управления теплообменником должна устанавливаться рядом с ним.

Пульт (панель), с которого может производиться управление возбуждением, должен быть оборудован приборами контроля возбуждения.

1265. Выпрямительные установки систем возбуждения генераторов и синхронных компенсаторов должны быть оборудованы сигнализацией и защитой, действующими при повышении температуры охлаждающей среды или вентилей сверх допустимой, а также снабжены приборами для контроля температуры охлаждающей среды и силы тока установки. При наличии в выпрямительной установке нескольких групп выпрямителей должна контролироваться сила тока каждой группы.

1266. Системы возбуждения должны быть оборудованы устройствами контроля изоляции, позволяющими осуществлять измерение изоляции в процессе работы, а также сигнализировать о снижении сопротивления изоляции ниже нормы. Допускается не выполнять такую сигнализацию для бесщеточных систем возбуждения.

1267. Цепи систем возбуждения, связанные с анодами и катодами выпрямительных установок, должны выполняться с уровнем изоляции, соответствующим испытательным напряжениям анодных и катодных цепей.

Связи анодных цепей выпрямителей, катодных цепей отдельных групп, а также других цепей при наличии нескомпенсированных пульсирующих или переменных токов должны выполняться кабелем без металлических оболочек.

Цепи напряжения обмотки возбуждения генератора или синхронного компенсатора для измерения и подключения устройства АРВ должны выполняться отдельным кабелем с повышенным уровнем изоляции без захода через обычные ряды зажимов. Присоединение к обмотке возбуждения должно производиться через рубильник.

1268. При применении устройств АГП с разрывом цепи ротора, а также при использовании статических возбудителей с преобразователями обмотка ротора должна защищаться разрядником многократного действия. Допускается применение разрядника однократного действия. Разрядник должен быть подключен параллельно ротору через активное сопротивление, рассчитанное на длительную работу при пробое разрядника в режиме с напряжением возбуждения, равным 110% номинального.

1269. Разрядники, указанные в пункте 1267 настоящих Правил, должны иметь сигнализацию срабатывания.

1270. Система возбуждения генераторов и синхронных компенсаторов должна выполняться таким образом, чтобы:

1) отключение любого из коммутационных аппаратов в цепях АРВ и управления возбудителем не приводило к ложным форсировкам в процессе пуска, останова и работы генератора на холостом ходу;

2) исчезновение напряжения оперативного тока в цепях АРВ и управления возбудителем не приводило к нарушению работы генератора и синхронного компенсатора;

3) имелась возможность производить ремонтные и другие работы на выпрямителях и их вспомогательных устройствах при работе турбогенератора на резервном возбудителе. Это требование не относится к бесщеточным системам возбуждения;

4) исключалась возможность повреждения системы возбуждения при КЗ в цепях ротора и на его контактных кольцах. В случае применения статических преобразователей допускается защита их автоматическими выключателями и плавкими предохранителями.

1271. Тиристорные системы возбуждения должны предусматривать возможность гашения поля генераторов и синхронных компенсаторов переводом преобразователя в инверторный режим.

В системах возбуждения со статическими преобразователями, выполненными по схеме самовозбуждения, а также в системах возбуждения с электромашинными возбудителями должно быть применено устройство АГП.

1272. Все системы возбуждения (основные и резервные) должны иметь устройства, обеспечивающие при подаче импульса на гашение поля полное развозбуждение (гашение поля) синхронного генератора или компенсатора независимо от срабатывания АГП.

1273. Система водяного охлаждения возбудителя должна обеспечивать возможность полного спуска воды из системы, выпуска воздуха при заполнении системы водой, периодической чистки теплообменников.

Закрытие и открытие задвижек системы охлаждения на одном из возбудителей не должны приводить к изменению режима охлаждения на другом возбудителе.

1274. Пол помещений выпрямительных установок с водяной системой охлаждения должен быть выполнен таким образом, чтобы при утечках воды исключалась возможность ее попадания на токопроводы, КРУ и другое электрооборудование, расположенное ниже системы охлаждения.

1275. Электромашинные возбудители постоянного тока (основные при работе без АРВ и резервные) должны иметь релейную форсировку возбуждения.

1276. Турбогенераторы должны иметь резервное возбуждение, схема которого должна обеспечивать переключение с рабочего возбуждения на резервное и обратно без отключения генераторов от сети. Для турбогенераторов мощностью 12 МВт и менее необходимость резервного возбуждения устанавливается главным инженером энергосистемы.

На гидроэлектростанциях резервные возбудители не устанавливаются.

1277. На турбогенераторах с непосредственным охлаждением обмотки ротора переключение с рабочего возбуждения на резервное и обратно должно производиться дистанционно.

1278. Система возбуждения гидрогенератора должна обеспечивать возможность его начального возбуждения при отсутствии переменного тока в системе собственных нужд гидроэлектростанции.

1279. По требованию заказчика система возбуждения должна быть рассчитана на автоматическое управление при останове в резерв синхронных генераторов и компенсаторов и пуске находящихся в резерве.

1280. Все системы возбуждения на время выхода из строя АРВ должны иметь средства, обеспечивающие нормальное возбуждение, развозбуждение и гашение поля синхронной машины.

### Параграф 4. Размещение и установка генераторов и синхронных компенсаторов

1281. Расстояния от генераторов и синхронных компенсаторов до стен зданий, а также расстояния между ними должны определяться по технологическим условиям, однако они должны быть не менее приведенных в пунктах 1205-1207 настоящих Правил.

Размеры машинного зала должны выбираться с учетом:

1) возможности монтажа и демонтажа агрегатов без останова работающих агрегатов;

2) применения кранов со специальными, преимущественно жесткими захватными приспособлениями, позволяющими полностью использовать ход крана;

3) отказа от подъема и опускания краном отдельных длинных, но относительно легких деталей агрегата (штанги, тяги) с их монтажом специальными подъемными приспособлениями;

4) возможности размещения узлов и деталей во время монтажа и ремонта агрегата.

1282. Фундамент и конструкция генераторов и синхронных компенсаторов должны быть выполнены так, чтобы при работе оборудования вибрация оборудования, фундамента и здания не превышала значений, установленных нормами.

1283. Вблизи гидрогенераторов допускается установка воздухосборников сжатого воздуха.

1284. Турбогенераторы и синхронные компенсаторы с воздушным охлаждением и гидрогенераторы должны иметь устройства для тушения пожара водой. Допускается также применение других устройств.

1285. На гидрогенераторах автоматизированных гидростанций, а также на синхронных компенсаторах с воздушным охлаждением, установленных на подстанциях без постоянного дежурства персонала, пожаротушение должно производиться автоматически. Ввод в действие запорных устройств впуска воды в машину осуществляется либо непосредственно от дифференциальной защиты, либо при одновременном срабатывании дифференциальной защиты и специальных датчиков пожаротушения.

Подвод воды должен быть выполнен таким образом, чтобы возможность просачивания воды в генератор и синхронный компенсатор в эксплуатационных условиях была полностью исключена.

1286. Система пожаротушения гидрогенераторов должна предусматривать отвод использованной воды в дренажную систему.

1287. Для тушения пожара в турбогенераторах и синхронных компенсаторах с косвенным водородным охлаждением при работе машины на воздухе (период наладки) должна быть предусмотрена возможность использования углекислотной (азотной) установки, выполняемой в соответствии с требованиями подпункта 2) пункта 1237 настоящих Правил.

## 21. Электродвигатели и их коммутационные аппараты

### Параграф 1. Общие положения

1288. Меры по обеспечению надежности питания должны выбираться в соответствии с требованиями главы 2 настоящих Правил в зависимости от категории ответственности электроприемников. Эти меры применяются не к отдельным электродвигателям, а к питающим их трансформаторам и преобразовательным подстанциям, распределительным устройствам и пунктам.

Резервирования линии, непосредственно питающей электродвигатель, не требуется независимо от категории надежности электроснабжения.

1289. Если необходимо обеспечить непрерывность технологического процесса при выходе из строя электродвигателя, его коммутационной аппаратуры или линии, непосредственно питающей электродвигатель, резервирование осуществляется путем установки резервного технологического агрегата пли другими способами.

1290. Электродвигатели и их коммутационные аппараты должны быть выбраны и установлены таким образом и в необходимых случаях обеспечены такой системой охлаждения, чтобы температура их при работе не превышала допустимой.

1291. Электродвигатели и аппараты должны быть установлены таким образом, чтобы они были доступны для осмотра и замены, а также по возможности для ремонта на месте установки. Если электроустановка содержит электродвигатели или аппараты массой 100 кг и более, то должны быть предусмотрены приспособления для их такелажа.

1292. Вращающиеся части электродвигателей и части, соединяющие электродвигатели с механизмами (муфты, шкивы), должны иметь ограждения от случайных прикосновений.

1293. Электродвигатели и их коммутационные аппараты должны быть заземлены или занулены в соответствии с требованиями главы 7 настоящих Правил.

1294. Исполнение электродвигателей должно соответствовать условиям окружающей среды.

## Параграф 2. Выбор электродвигателей

1295. Электрические и механические параметры электродвигателей (номинальные мощность, напряжение, частота вращения, относительная продолжительность рабочего периода, пусковой, минимальный, максимальный моменты, пределы регулирования частоты вращения) должны соответствовать параметрам приводимых ими механизмов во всех режимах их работы в данной установке.

1296. Для механизмов, сохранение которых в работе после кратковременных перерывов питания или понижения напряжения, обусловленных отключением КЗ, действием АПВ или АВР, необходимо по технологическим условиям и допустимо по условиям техники безопасности, должен быть обеспечен самозапуск их электродвигателей.

Применять для механизмов с самозапуском электродвигатели и трансформаторы большей мощности, чем это требуется для их нормальной длительной работы, не требуется.

1297. Для привода механизмов, не требующих регулирования частоты вращения, независимо от их мощности применяются электродвигатели синхронные или асинхронные с короткозамкнутым ротором.

Для привода механизмов, имеющих тяжелые условия пуска или работы либо требующих изменения частоты вращения, применяются электродвигатели с наиболее простыми и экономичными методами пуска или регулирования частоты вращения, возможными в данной установке.

1298. Синхронные электродвигатели, должны иметь устройствой форсировки возбуждения или компаундирования.

1299. Синхронные электродвигатели в случаях, когда они по своей мощности обеспечивают регулирование напряжения или режима реактивной мощности в данном узле нагрузки, должны иметь АВР согласно пункта 767 настоящих Правил.

1300. Электродвигатели постоянного тока допускается применять только в тех случаях, когда электродвигатели переменного тока не обеспечивают требуемых характеристик механизма или неэкономичны.

1301. Электродвигатели, устанавливаемые в помещениях с нормальной средой, должны иметь исполнение IP00 или IP20 (International/Ingress Protection степень защиты приводится в виде IP__).

1302. Электродвигатели, устанавливаемые на открытом воздухе, должны иметь исполнение не менее IP44 или специальное, соответствующее условиям их работы (для открытых химических установок, для особо низких температур).

1303. Электродвигатели, устанавливаемые в помещениях, где возможно оседание на их обмотках пыли и других веществ, нарушающих естественное охлаждение, должны иметь исполнение не менее IP44 или продуваемое с подводом чистого воздуха. Корпус продуваемого электродвигателя, воздуховоды и все сопряжения и стыки должны быть тщательно уплотнены для предотвращения присоса воздуха в систему вентиляции.

При продуваемом исполнении электродвигателя предусматриваются задвижки для предотвращения всаса окружающего воздуха при останове электродвигателя. Подогрев наружного (холодного) воздуха не требуется.

1304. Электродвигатели, устанавливаемые в местах сырых или особо сырых, должны иметь исполнение не менее IP43 и изоляцию, рассчитанную на действие влаги и пыли (со специальной обмазкой, влагостойкую).

1305. Электродвигатели, устанавливаемые в местах с химически активными парами или газами, должны иметь исполнение не менее IP44 или продуваемое с подводом чистого воздуха при соблюдении требований, приведенных в пункте 1302 настоящих Правил. Допускается также применение электродвигателей исполнения не менее IP33, но с химически стойкой изоляцией и с закрытием открытых неизолированных токоведущих частей колпаками или другим способом.

1306. Для электродвигателей, устанавливаемых в помещениях с температурой воздуха более плюс 40°С, должны выполняться мероприятия, исключающие возможность их недопустимого нагрева (принудительная вентиляция с подводом охлаждающего воздуха, наружный обдув).

1307. При замкнутой принудительной системе вентиляции электродвигателей предусматриваются приборы контроля температуры воздуха и охлаждающей воды.

1308. Электродвигатели, снабженные заложенными в обмотки или магнитопроводы термоиндикаторами, должны иметь выводы от последних на специальные щитки, обеспечивающие удобство проведения периодических измерений. Щитовые измерительные приборы для этого, не предусматриваются.

## Параграф 3. Установка электродвигателей

1309. Электродвигатели должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы была исключена возможность попадания на их обмотки и токосъемные устройства воды, масла, эмульсии, а вибрация оборудования, фундаментов и частей здания не превышала допустимых значений.

1310. Шум, создаваемый электродвигателем совместно с приводимым им механизмом, не должен превышать допустимого уровня.

1311. Проходы обслуживания между фундаментами или корпусами электродвигателей, между электродвигателями и частями здания или оборудования должны быть не менее указанных в главе 20 настоящих Правил.

1312. Электродвигатели и аппараты, за исключением имеющих степень защиты не менее IP44, а резисторы и реостаты - всех исполнений должны быть установлены на расстоянии не менее 1 м от конструкций зданий, выполненных из сгораемых материалов.

1313. Синхронные электрические машины мощностью 1 МВт и более и машины постоянного тока мощностью 1 МВт и более должны иметь электрическую изоляцию одного из подшипников от фундаментной плиты для предотвращения образования

замкнутой цепи тока через вал и подшипники машины. При этом, у синхронных машин должны быть изолированы подшипник со стороны возбудителя и все подшипники возбудителя. Маслопроводы этих электрических машин должны быть изолированы от корпусов их подшипников.

1314. Электродвигатели выше 1 кВ разрешается устанавливать непосредственно в производственных помещениях, соблюдая следующие условия:

1) электродвигатели, имеющие выводы под статором или требующие специальных устройств для охлаждения, устанавливаются на фундаменте с камерой (фундаментной ямой);

2) фундаментная яма электродвигателя должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к камерам ЗРУ выше 1 кВ;

3) размеры фундаментной ямы должны быть не менее допускаемых для полупроходных кабельных туннелей.

1315. Кабели и провода, присоединяемые к электродвигателям, установленным на виброизолирующих основаниях, на участке между подвижной и неподвижной частями основания должны иметь гибкие медные жилы.

## Параграф 4. Коммутационные аппараты

1316. Для группы электродвигателей, служащих для привода одной машины или ряда машин, осуществляющих единый технологический процесс, применяется общий аппарат или комплект коммутационных аппаратов, если это оправдывается требованиями удобства или безопасности эксплуатации. В остальных случаях каждый электродвигатель должен иметь отдельные коммутационные аппараты.

Коммутационные аппараты в цепях электродвигателей должны отключать от сети одновременно все проводники, находящиеся под напряжением. В цепи отдельных электродвигателей допускается иметь аппарат, отключающий не все проводники, если в общей цепи группы таких электродвигателей установлен аппарат, отключающий все проводники.

1317. При наличии дистанционного или автоматического управления электродвигателем какого-либо механизма вблизи последнего должен быть установлен аппарат аварийного отключения, исключающий возможность дистанционного или автоматического пуска электродвигателя до принудительного возврата этого аппарата в исходное положение.

Не требуется устанавливать аппараты аварийного отключения у механизмов:

1) расположенных в пределах видимости с места управления;

2) доступных только квалифицированному обслуживающему персоналу (вентиляторы, устанавливаемые на крышах, вентиляторы и насосы, устанавливаемые в отдельных помещениях);

3) конструктивное исполнение которых исключает возможность случайного прикосновения к движущимся и вращающимся частям, около этих механизмов должно быть предусмотрено вывешивание плакатов, предупреждающих о возможности дистанционного или автоматического пуска;

4) имеющих аппарат местного управления с фиксацией команды на отключение.

Целесообразность установки аппаратов местного управления (пуск, останов) вблизи дистанционно или автоматически управляемых механизмов должна определяться при проектировании в зависимости от требований технологии, техники безопасности и организации управления данной установкой.

1318. Цепи управления электродвигателями допускается питать как от главных цепей, так и от других источников электроэнергии, если это вызывается технической необходимостью.

Во избежание внезапных пусков электродвигателя при восстановлении напряжения в главных цепях должна быть предусмотрена блокировочная связь, обеспечивающая автоматическое отключение главной цепи во всех случаях исчезновения напряжения в ней, если не предусматривается самозапуск.

1319. На корпусах аппаратов управления и разъединяющих аппаратах должны быть нанесены четкие знаки, позволяющие легко распознавать включенное и отключенное положения рукоятки управления аппаратом. В случаях, когда оператор не может определить по состоянию аппарата управления, включена или отключена главная цепь электродвигателя, предусматривается световая сигнализациая.

1320. Коммутационные аппараты должны без повреждений и ненормального износа коммутировать наибольшие токи нормальных режимов работы управляемого ими электродвигателя (пусковой, тормозной, реверса, рабочий). Если реверсы и торможения не имеют места в нормальном режиме, но возможны при неправильных операциях, то коммутационные аппараты в главной цепи должны коммутировать эти операции без разрушения.

1321. Коммутационные аппараты должны быть стойкими к расчетным токам КЗ.

1322. Коммутационные аппараты по своим электрическим и механическим параметрам должны соответствовать характеристикам приводимого механизма во всех режимах его работы в данной установке.

Использование втычных контактных соединителей для управления переносными электродвигателями допускается только при мощности электродвигателя не более 1 кВт.

Втычные контактные соединители, служащие для присоединения передвижных электродвигателей мощностью более 1 кВт, должны иметь блокировку, при которой отключение и включение соединения возможны только при отключенном положении пускового аппарата в главной (силовой) цепи электродвигателя.

1323. Включение обмоток магнитных пускателей, контакторов и автоматических выключателей в сети до 1 кВ с заземленной нейтралью может производиться на междуфазное или фазное напряжение.

При включении обмоток указанных выше аппаратов на фазное напряжение должно быть предусмотрено одновременное отключение всех трех фаз ответвления к электродвигателю автоматическим выключателем, а при защите предохранителями - специальными устройствами, действующими на отключение пускателя или контактора при сгорании предохранителей в одной или любых двух фазах.

При включении обмотки на фазное напряжение ее нулевой вывод должен быть надежно присоединен к нулевому рабочему проводнику питающей линии или отдельному изолированному проводнику, присоединенному к нулевой точке сети.

1324. Коммутационные аппараты электродвигателей, питаемых по схеме блока трансформатор - электродвигатель, устанавливается на вводе от сети, питающей блок, без установки их на вводе к электродвигателю.

1325. При наличии дистанционного или автоматического управления механизмами должна быть предусмотрена предварительная (перед пуском) сигнализация или звуковое оповещение о предстоящем пуске. Такую сигнализацию и такое оповещение не требуется предусматривать у механизмов, вблизи которых установка аппарата аварийного отключения не требуется.

1326. Провода и кабели, которые соединяют пусковые реостаты с фазными роторами асинхронных электродвигателей, должны выбираться по длительно допустимому току для следующих условий:

1) работа с замыканием колец электродвигателя накоротко, при пусковом статическом моменте механизма, не превышающем 50 % номинального момента электродвигателя (легкий пуск), - 35 % номинального тока ротора, в остальных случаях - 50 % номинального тока ротора;

2) работа без замыкания колец электродвигателя накоротко - 100 % номинального тока ротора.

1327. Пуск асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором и синхронных электродвигателей должен производиться, непосредственным включением в сеть (прямой пуск). При невозможности прямого пуска применяется пуск через реактор, трансформатор или автотрансформатор. В особых случаях допускается применение пуска с подъемом частоты сети с нуля.

## Параграф 5. Защита асинхронных и синхронных электродвигателей напряжением выше 1 кВ

1328. На электродвигателях должна предусматриваться защита от многофазных замыканий и в случаях, оговоренных ниже, защита от однофазных замыканий на землю, защита от токов перегрузки и защита минимального напряжения. На синхронных электродвигателях должна, кроме того, предусматриваться защита от асинхронного режима, которая может быть совмещена с защитой от токов перегрузки.

На электродвигателях с изменяемой частотой вращения устанавливается защита, действующая на сигнализацию и отключение при повышении температуры корпуса электродвигателя. На двигателях малой мощности допускается совмещение этой защиты с защитой от токов перегрузки.

На электродвигателях, имеющих принудительную смазку подшипников, устанавливается защита, действующую на сигнал и отключение электродвигателя при повышении температуры или прекращении действия смазки.

На электродвигателях, имеющих принудительную вентиляцию, устанавливается защита, действующую на сигнал и отключение электродвигателя при повышении температуры или прекращении действия вентиляции.

1329. лектродвигатели с водяным охлаждением обмоток и активной стали статора, а также с встроенными воздухоохладителями, охлаждаемыми водой, должны иметь защиту, действующую на сигнал при уменьшении потока воды ниже заданного значения и на отключение электродвигателя при его прекращении. Кроме того, должна быть предусмотрена сигнализация, действующая при появлении воды в корпусе электродвигателя.

1330. Для защиты электродвигателей от многофазных замыканий в случаях, когда не применяются предохранители, должна предусматриваться:

1) токовая однорелейная отсечка без выдержки времени, отстроенная от пусковых токов при выведенных пусковых устройствах, с реле прямого или косвенного действия, включенным на разность токов двух фаз, - для электродвигателей мощностью менее 2 МВт;

2) токовая двухрелейная отсечка без выдержки времени, отстроенная от пусковых токов при выведенных пусковых устройствах, с реле прямого или косвенного действия - для электродвигателей мощностью 2 МВт и более, имеющих действующую на отключение защиту от однофазных замыканий на землю, а также для электродвигателей мощностью менее 2 МВт, когда защита по подпункту 1 настоящего пункта не удовлетворяет требованиям чувствительности или когда двухрелейная отсечка оказывается целесообразной по исполнению комплектной защиты или применяемого привода с реле прямого действия.

При отсутствии защиты от однофазных замыканий на землю токовая отсечка электродвигателей мощностью 2 МВт и более должна выполняться трехрелейной с тремя трансформаторами тока. Допускается защита в двухфазном исполнении с дополнением защиты от двойных замыканий на землю, выполненная с помощью трансформатора тока нулевой последовательности и токового реле;

3) продольная дифференциальная токовая защита - для электродвигателей мощностью 5 МВт и более, а также менее 5 МВт, если установка токовых отсечек по подпункту 1) и 2) настоящего пункта не обеспечивает выполнения требований чувствительности: продольная дифференциальная защита электродвигателей при наличии на них защиты от замыканий на землю должна иметь двухфазное исполнение, а при отсутствии этой защиты - трехфазное, с тремя трансформаторами тока. Допускается защита в двухфазном исполнении с дополнением защиты от двойных замыканий на землю, выполненной с помощью трансформатора тока нулевой последовательности и токового реле.

Для электродвигателей мощностью 5 МВт и более, выполненных без шести выводов обмотки статора, должна предусматриваться токовая отсечка.

1331. Для блоков трансформатор (автотрансформатор) — электродвигатель должна предусматриваться общая защита от многофазных замыканий:

1) токовая отсечка без выдержки времени, отстроенная от пусковых токов при выведенных пусковых устройствах, - для электродвигателей мощностью до 2 МВт. При схеме соединения обмоток трансформатора звезда - треугольник отсечка выполняется из трех токовых реле: двух - включенных на фазные токи и одного - включенного на сумму этих токов.

При невозможности установки трех реле (при ограниченном числе реле прямого действия) допускается схема с двумя реле, включенными на соединенные треугольником вторичные обмотки трех трансформаторов тока;

2) дифференциальная отсечка в двухрелейном исполнении, отстроенная от бросков тока намагничивания трансформатора, - для электродвигателей мощностью более 2 МВт, а также 2 МВт и менее, если защита по подпункту 1) настощего пункта не удовлетворяет требованиям чувствительности при междуфазном КЗ на выводах электродвигателя;

3) продольная дифференциальная токовая защита в двухрелейном исполнении с промежуточными насыщающимися трансформаторами тока - для электродвигателей мощностью более 5 МВт, а также 5 МВт и менее, если установка отсечек по подпунктам 1) и 2) настоящего пунткта не удовлетворяет требованиям чувствительности.

Оценка чувствительности должна производиться в соответствии с пунктами 615 и 616 настоящих Правил при КЗ на выводах электродвигателя.

Защита должна действовать на отключение выключателя блока, а у синхронных электродвигателей - также на устройство АГП, если оно предусмотрено.

Для блоков с электродвигателями мощностью более 20 МВт, предусматривается защита от замыкания на землю, охватывающая не менее 85 % витков обмотки статора электродвигателя и действующая на сигнал с выдержкой времени.

Указания по выполнению остальных видов защиты трансформаторов (автотрансформаторов) и электродвигателей при работе их раздельно действительны и в том случае, когда они объединены в блок трансформатор (автотрансформатор) - электродвигатель.

1332. Защита электродвигателей мощностью до 2 МВт от однофазных замыканий на землю при отсутствии компенсации должна предусматриваться при токах замыкания на землю 10 А и более, а при наличии компенсации - если остаточный ток в нормальных условиях превышает это значение. Такая защита для электродвигателей мощностью более 2 МВт должна предусматриваться при токах 5 А и более.

Ток срабатывания защит электродвигателей от замыканий на землю должен быть не более, для электродвигателей мощностью до 2 МВт 10 А и для электродвигателей мощностью более 2 МВт 5 А.

Защита выполняется без выдержки времени (за исключением электродвигателей, для которых требуется замедление защиты по условию отстройки от переходных процессов) с использованием трансформаторов тока нулевой последовательности, установленных, РУ. В тех случаях, когда установка трансформаторов тока нулевой последовательности в РУ

невозможна или может вызвать увеличение выдержки времени защиты, допускается устанавливать их у выводов электродвигателя в фундаментной яме.

Если защита по условию отстройки от переходных процессов должна иметь выдержку времени, то для обеспечения быстродействующего отключения двойных замыканий на землю в различных точках должно устанавливаться дополнительное токовое реле с первичным током срабатывания около 50-100 А.

Защита должна действовать на отключение электродвигателя, а у синхронных электродвигателей - также на устройство АГП, если оно предусмотрено.

1333. Защита от перегрузки должна предусматриваться на электродвигателях, подверженных перегрузке по технологическим причинам, и на электродвигателях с особо тяжелыми условиями пуска и самозапуска (длительность прямого пуска непосредственно от сети 20 секунд и более), перегрузка которых возможна при чрезмерном увеличении длительности пускового периода вследствие понижения напряжения в сети.

Защита от перегрузки предусматривается в одной фазе с зависимой или независимой от тока выдержкой времени, отстроенной от длительности пуска электродвигателя в нормальных условиях и самозапуска после действия АВР и АПВ. Выдержка времени защиты от перегрузки синхронных электродвигателей во избежание излишних срабатываний при длительной форсировке возбуждения должна быть по возможности близкой к наибольшей допустимой по тепловой характеристике электродвигателя.

На электродвигателях, подверженных перегрузке по технологическим причинам, защита, выполняется с действием на сигнал и автоматическую разгрузку механизма.

Действие защиты на отключение электродвигателя допускается:

на электродвигателях механизмов, для которых отсутствует возможность своевременной разгрузки без останова, или на электродвигателях, работающих без постоянного дежурства персонала;

на электродвигателях механизмов с тяжелыми условиями пуска или самозапуска.

Для электродвигателей, которые защищаются от токов КЗ предохранителями, не имеющими вспомогательных контактов для сигнализации об их перегорании, должна предусматриваться защита от перегрузки в двух фазах.

1334. Защита синхронных электродвигателей от асинхронного режима может осуществляться при помощи реле, реагирующего на увеличение тока в обмотках статора, она должна быть отстроена по времени от пускового режима и тока при действии форсировки возбуждения.

Защита, выполняется с независимой от тока характеристикой выдержки времени. Допускается применение защиты с зависимой от тока характеристикой на электродвигателях с отношением КЗ более 1.

При выполнении схемы защиты должны приниматься меры по предотвращению отказа защиты при биениях тока асинхронного режима.

Допускается применение других способов защиты, обеспечивающих надежное действие защиты при возникновении асинхронного режима.

1335. Защита синхронных электродвигателей от асинхронного режима должна действовать с выдержкой времени на одну из схем, предусматривающих:

1) ресинхронизацию;

2) ресинхронизацию с автоматической кратковременной разгрузкой механизма до такой нагрузки, при которой обеспечивается втягивание электродвигателя в синхронизм (при допустимости кратковременной разгрузки по условиям технологического процесса);

3) отключение электродвигателя и повторный автоматический пуск;

4) отключение электродвигателя (при невозможности его разгрузки или ресинхронизации, при отсутствии необходимости автоматического повторного пуска и ресинхронизации по условиям технологического процесса).

1336. Для облегчения условий восстановления напряжения после отключения КЗ и обеспечения самозапуска электродвигателей ответственных механизмов

предусматривается отключение защитой минимального напряжения электродвигателей неответственных механизмов суммарной мощностью, определяемой возможностями источника питания и сети по обеспечению самозапуска.

Выдержки времени защиты минимального напряжения должны выбираться в пределах от 0,5 до 1,5 секунды - на ступень больше времени действия быстродействующих защит от многофазных КЗ, а уставки по напряжению должны быть, не выше 70 % номинального напряжения.

При наличии синхронных электродвигателей, если напряжение на отключенной секции затухает медленно, в целях ускорения действия АВР и АПВ может быть применено гашение поля синхронных электродвигателей ответственных механизмов с помощью защиты минимальной частоты или других способов, обеспечивающих быстрейшую фиксацию потери питания.

Эти же средства используются для отключения неответственных синхронных электродвигателей, а также для предупреждения несинхронного включения отключенных двигателей, если токи выключения превышают допустимые значения.

В электроустановках промышленных предприятий в случаях, когда не может быть осуществлен одновременный самозапуск всех электродвигателей ответственных механизмов применяется отключение части таких ответственных механизмов и их автоматический повторный пуск по окончании самозапуска первой группы электродвигателей. Включение последующих групп может быть осуществлено по току, напряжению или времени.

1337. Защита минимального напряжения с выдержкой времени не более 10 с и уставкой по напряжению, не выше 50 % номинального напряжения (кроме случаев, приведенных в пункте 1335 настоящих Правил должна устанавливаться на электродвигателях ответственных механизмов также в случаях, когда самозапуск механизмов после останова недопустим по условиям технологического процесса или по условиям безопасности и, кроме того, когда не может быть обеспечен самозапуск всех электродвигателей ответственных механизмов. Кроме указанных случаев эту защиту используют также для обеспечения надежности пуска АВР электродвигателей взаиморезервируемых механизмов.

На электродвигателях с изменяемой частотой вращения ответственных механизмов, самозапуск которых допустим и целесообразен, защиты минимального напряжения должны производить автоматическое переключение на низшую частоту вращения.

1338. На синхронных электродвигателях должно предусматриваться автоматическое гашение поля. Для электродвигателей мощностью 2 МВт и более АГП осуществляется путем введения сопротивления в цепь обмотки возбуждения. Для электродвигателей мощностью менее 2 МВт допускается осуществлять АГП путем введения сопротивления в цепь обмотки возбуждения возбудителя. Для синхронных электродвигателей менее 0,5 МВт АГП, не требуется. На синхронных электродвигателях, которые снабжены системой возбуждения, выполненной на управляемых полупроводниковых элементах, АГП, независимо от мощности двигателя, может осуществляться инвертированием, если оно обеспечивается схемой питания. В противном случае АГП должно осуществляться введением сопротивления в цепь обмотки возбуждения.

## Параграф 6. Защита электродвигателей напряжением до 1 кВ (асинхронных, синхронных и постоянного тока)

1339. Для электродвигателей переменного тока должна предусматриваться защита от многофазных замыканий, в сетях с глухозаземленной нейтралью - также от однофазных замыканий, а в случаях, предусмотренных в пунктах 1340 и 1341 настоящих Правил, - кроме того, защита от токов перегрузки и защита минимального напряжения. На

синхронных электродвигателях (при невозможности втягивания в синхронизм с полной нагрузкой) дополнительно должна предусматриваться защита от асинхронного режима согласно пункта 1342 настоящих Правил.

Для электродвигателей постоянного тока должны предусматриваться защиты от КЗ. При необходимости дополнительно устанавливаются защиты от перегрузки и от чрезмерного повышения частоты вращения.

1340. Для защиты электродвигателей от КЗ должны применяться предохранители или автоматические выключатели.

Номинальные токи плавких вставок предохранителей и расцепителей автоматических выключателей должны выбираться таким образом, чтобы обеспечивалось надежное отключение КЗ на зажимах электродвигателя и вместе с тем, чтобы электродвигатели при нормальных для данной электроустановки толчках тока (пиках технологических нагрузок, пусковых токах, токах самозапуска) не отключались этой защитой. С этой целью для электродвигателей механизмов с легкими условиями пуска отношение пускового тока электродвигателя к номинальному току плавкой вставки должно быть не более 2,5, а для электродвигателей механизмов с тяжелыми условиями пуска (большая длительность разгона, частые пуски) это отношение должно быть равным 2,0-1,6.

Для электродвигателей ответственных механизмов с целью особо надежной отстройки предохранителей от толчков тока допускается принимать это отношение равным 1,6 независимо от условий пуска электродвигателя, если кратность тока КЗ на зажимах электродвигателя составляет не менее указанной в пункте 586 настоящих Правил.

Допускается осуществление защиты от КЗ одним общим аппаратом для группы электродвигателей при условии, что эта защита обеспечивает термическую стойкость пусковых аппаратов и аппаратов защиты от перегрузок, примененных в цепи каждого электродвигателя этой группы.

На электростанциях для защиты от КЗ электродвигателей собственных нужд, связанных с основным технологическим процессом, должны применяться автоматические выключатели. При недостаточной чувствительности электромагнитных расцепителей автоматических выключателей в системе собственных нужд электростанций применяются выносные токовые реле с действием на независимый расцепитель выключателя.

Для надежного обеспечения селективности защит в питающей сети собственных нужд электростанций в качестве защиты электродвигателей от КЗ применяются электромагнитные расцепители-отсечки.

1341. Защита электродвигателей от перегрузки должна устанавливаться в случаях, когда возможна перегрузка механизма по технологическим причинам, а также когда при особо тяжелых условиях пуска или самозапуска необходимо ограничить длительность пуска при пониженном напряжении. Защита должна выполняться с выдержкой времени и может быть осуществлена тепловым реле или другими устройствами.

Защита от перегрузки должна действовать на отключение, на сигнал или на разгрузку механизма, если разгрузка возможна.

Применение защиты от перегрузки не требуется для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы.

1342. Защита минимального напряжения должна устанавливаться в следующих случаях, для:

1) электродвигателей постоянного тока, которые не допускают непосредственного включения в сеть;

2) электродвигателей механизмов, самозапуск которых после останова недопустим по условиям технологического процесса или по условиям безопасности;

3) части прочих электродвигателей в соответствии с условиями, приведенными в пункте 1335 настоящих Правил.

Для ответственных электродвигателей, для которых необходим самозапуск, если их включение производится при помощи контакторов и пускателей с удерживающей

обмоткой, должны применяться в цепи управления механические или электрические устройства выдержки времени, обеспечивающие включение электродвигателя при восстановлении напряжения в течение заданного времени. Для таких электродвигателей, если это допустимо по условиям технологического процесса и условиям безопасности, можно также вместо кнопок управления применять выключатели, с тем, чтобы цепь удерживающей обмотки оставалась замкнутой помимо вспомогательных контактов пускателя и этим обеспечивалось автоматическое обратное включение при восстановлении напряжения независимо от времени перерыва питания.

1343. Для синхронных электродвигателей защита от асинхронного режима должна, осуществляться с помощью защиты от перегрузки по току статора.

1344. Защита от КЗ в электродвигателях переменного и постоянного тока должна предусматриваться:

1) в электроустановках с заземленной нейтралью - во всех фазах или полюсах;

2) в электроустановках с изолированной нейтралью:

при защите предохранителями - во всех фазах или полюсах;

при защите автоматическими выключателями - не менее чем в двух фазах или одном полюсе, при этом, в пределах одной и той же электроустановки защита осуществляется в одних и тех же фазах или полюсах.

Защита электродвигателей переменного тока от перегрузок должна выполняться:

в двух фазах при защите электродвигателей от КЗ предохранителями;

в одной фазе при защите электродвигателей от КЗ автоматическими выключателями.

Защита электродвигателей постоянного тока от перегрузок должна выполняться в одном полюсе.

1345. Аппараты защиты электродвигателей должны удовлетворять требованиям главы 12 настоящих Правил. Все виды защиты электродвигателей от КЗ, перегрузки, минимального напряжения допускается осуществлять соответствующими разделителями, встроенными в один аппарат.

1346. Специальные виды защиты от работы на двух фазах допускается применять в порядке исключения на электродвигателях, не имеющих защиты от перегрузки, для которых существует повышенная вероятность потери одной фазы, ведущая к выходу электродвигателя из строя с тяжелыми последствиями.

## 22. Конденсаторные установки

### Параграф 1. Схема электрических соединений, выбор оборудования

1347. Конденсаторные установки присоединяются к сети через отдельный аппарат, предназначенный для включения и отключения только конденсаторов или через общий аппарат с другим электроприемником, силовым трансформатором, асинхронным электродвигателем. Эти схемы применяютя при любом напряжении конденсаторной установки.

1348. Конденсаторные батареи на напряжение выше 10 кВ, собираются из однофазных конденсаторов путем их параллельно-последовательного соединения. Число последовательных рядов конденсаторов выбирается так, чтобы в нормальных режимах работы токовая нагрузка на конденсаторы не превышала номинального значения. Число конденсаторов в ряду должно быть таким, чтобы при отключении одного из них из-за перегорания предохранителя напряжение на оставшихся конденсаторах ряда не превышало 110 % номинального.

1349. Конденсаторные батареи на напряжение 10 кВ и ниже должны собираться, из конденсаторов с номинальным напряжением, равным номинальному напряжению сети. При этом, допускается длительная работа единичных конденсаторов с напряжением не

более 110 % номинального согласно требований ТУ на соответствующий тип конденсатора.

1350. В трехфазных батареях однофазные конденсаторы соединяются в треугольник или звезду. Может применяться также последовательное или параллельно-последовательное соединение однофазных конденсаторов в каждой фазе трехфазной батареи.

1351. При выборе выключателя конденсаторной батареи должно учитываться наличие параллельно включенных конденсаторных батарей. При необходимости должны быть выполнены устройства, обеспечивающие снижение толчков тока в момент включения батареи.

1352. Разъединитель конденсаторной батареи должен иметь заземляющие ножи со стороны батареи, сблокированные со своим разъединителем. Разъединители конденсаторной батареи должны быть сблокированы с выключателем батареи.

1353. Конденсаторы должны иметь разрядные устройства.

Единичные конденсаторы для конденсаторных батарей применяются со встроенными разрядными резисторами. Допускается установка конденсаторов без встроенных разрядных резисторов, если на выводы единичного конденсатора или последовательного ряда конденсаторов постоянно подключено внешнее разрядное устройство.

В качестве разрядных устройств, если они присоединены непосредственно (без коммутационных аппаратов и предохранителей в цепи присоединения) применяются:

трансформаторы напряжения или устройства с активно-индуктивным сопротивлением - для конденсаторных установок и батарей выше 1 кВ;

устройства с активным или активно-индуктивным сопротивлением - для конденсаторных установок и батарей до 1 кВ.

1354. Для достижения наиболее экономичного режима электрических сетей, согласованного потребителем, пользователем и электросетевыми компаниями всех уровней, работающих с переменным графиком реактивной нагрузки, применяется автоматическое регулирование мощности конденсаторной установки путем включения и отключения ее в целом или отдельных ее частей.

При подключении компенсирующего устройства к индивидуальному приемнику электроэнергии через общий коммутационный аппарат, может применяться конденсаторная установка или батарея без автоматического регулирования, при этом, подбор ее по мощности должен обеспечивать согласованный уровень компенсации.

1355. Аппараты и токоведущие части в цепи конденсаторной батареи должны допускать длительное прохождение тока, составляющего 130 % номинального тока батареи.

## Параграф 2. Защита

1356. Конденсаторные установки в целом должны иметь защиту от токов КЗ, действующую на отключение без выдержки времени. Защита должна быть отстроена от токов включения установки и толчков тока при перенапряжениях.

1357. Конденсаторная установка в целом должна иметь защиту от повышения напряжения, отключающую батарею при повышении действующего значения напряжения сверх допустимого. Отключение установки производится с выдержкой времени 3-5 минут. Повторное включение конденсаторной установки допускается после снижения напряжения в сети до номинального значения, но не ранее чем через 5 минут после ее отключения. Защита не требуется, если батарея выбрана с учетом максимально возможного значения напряжения цепи, так, что при повышении напряжения к единичному конденсатору не может быть длительно приложено напряжение более 110 % номинального.

В случаях, когда возможна перегрузка конденсаторов токами высших гармоник, должна быть предусмотрена релейная защита, отключающая конденсаторную установку с выдержкой времени при действующем значении тока для единичных конденсаторов, превышающем 130 % номинального.

1358. Для конденсаторной батареи, имеющей две или более параллельные ветви, применяется защиту, срабатывающую при нарушении равенства токов ветвей.

1359. На батареях с параллельно-последовательным включением конденсаторов каждый конденсатор выше 1,05 кВ должен быть защищен внешним предохранителем, срабатывающим при пробое конденсатора. Конденсаторы 1,05 кВ и ниже должны иметь встроенные внутрь корпуса плавкие предохранители по одному на каждую секцию, срабатывающие при пробое секции.

1360. На конденсаторных установках, собранных по схеме электрических соединений с несколькими батареями, должна применяться защита каждой батареи от токов КЗ независимо от защиты конденсаторной установки в целом. Такая защита батареи необязательна, если каждый единичный конденсатор защищен отдельным внешним или встроенным предохранителем. Защита батареи должна обеспечивать ее надежное отключение при наименьших и наибольших значениях тока КЗ в данной точке сети.

1361. Схема электрических соединений конденсаторных батарей и предохранители должны выбираться такими, чтобы повреждение изоляции отдельных конденсаторов не приводило к разрушению их корпусов, повышению напряжения выше длительно допустимого на оставшихся в работе конденсаторах и отключению батареи в целом.

Для защиты конденсаторов выше 1 кВ должны применяться предохранители, ограничивающие значение тока КЗ.

Внешние предохранители конденсаторов должны иметь указатели их перегорания (срабатывания).

1362. Защита конденсаторных установок от грозовых перенапряжений должна предусматриваться в тех случаях и теми же средствами, какие предусмотрены в главе 17 настоящих Правил.

## Параграф 3. Электрические измерения

1363. Емкости фаз конденсаторной установки должны контролироваться стационарными устройствами измерения тока в каждой фазе.

Для конденсаторных установок мощностью до 400 квар допускается измерение тока только в одной фазе.

1364. Реактивная энергия, выданная в сеть конденсаторами, должна учитываться согласно требованиям главы 5 настоящих Правил.

## Параграф 4. Установка конденсаторов

1365. Конструкция конденсаторной установки должна соответствовать условиям окружающей среды.

1366. Конденсаторные установки с общей массой масла более 600 кг в каждой должны быть расположены в отдельном помещении, отвечающем требованиям огнестойкости, приведенным в пункте 954 настоящих Правил, с выходом наружу или в общее помещение.

Конденсаторные установки с общей массой масла до 600 кг в каждой, а также конденсаторные установки, состоящие из конденсаторов с негорючей жидкостью или с негорючим твердым заполнителем, или конденсаторы без заполнителя - размещаются в помещениях РУ до 1 кВ и выше или в основных и вспомогательных помещениях производств, отнесенных к категориям Г и Д.

1367. При расположении внутри помещения конденсаторной установки выше 1 кВ с общей массой масла более 600 кг под установкой должен быть устроен маслоприемник, рассчитанный на 20 % общей массы масла во всех конденсаторах и выполненный в соответствии с требованиями, приведенными в пункте 978 настоящих Правил. При наружном расположении устройство маслоприемников под конденсаторами не требуется.

1368. Конденсаторные установки, размещенные в общем помещении, должны иметь сетчатые ограждения или защитные кожухи. Должны быть также выполнены устройства, предотвращающие растекание синтетической жидкости по кабельным каналам и полу помещения при нарушении герметичности корпусов конденсаторов и обеспечивающие удаление паров жидкости из помещения.

1369. Расстояние между единичными конденсаторами должно выбираться по условиям достаточного охлаждения конденсаторов и обеспечения изоляционных расстояний согласно ТУ (паспорта) на соответствующий тип конденсатора или конденсаторной установки.

1370. Указатели перегорания внешних предохранителей конденсатора должны быть доступны для осмотра при работе батареи.

1371. Температура окружающего конденсатор воздуха не должна выходить за верхний и нижний пределы, установленные техническими условиями на конденсаторы соответствующего типа.

Помещение или шкафы конденсаторной установки должны иметь отдельную систему естественной вентиляции, если она не обеспечивает снижения температуры воздуха в помещении до наибольшей допустимой, необходимо применять искусственную вентиляцию.

1372. Для конденсаторов, устанавливаемых на открытом воздухе, должно учитываться наличие солнечного излучения. Конденсаторы на открытом воздухе устанавливается так, чтобы отрицательное воздействие на них солнечной радиации было наименьшим.

1373. Соединение выводов конденсаторов между собой и присоединение их к шинам должны выполняться гибкими перемычками, исключающими механическое разрушение выводов конденсатора.

1374. Конструкции, на которых устанавливаются конденсаторы, должны выполняться из несгораемых материалов. При выборе способа крепления конденсаторов необходимо учитывать тепловое расширение корпуса конденсатора.

1375. При наружной установке расстояние от конденсаторов, заполненных маслом, до другого оборудования, а также противопожарные расстояния от них до зданий и сооружений должны приниматься по пунктам 945 и 946настоящих Правил.

1376. При наружной установке маслонаполненные конденсаторы должны устанавливаться согласно противопожарным требованиям группами мощностью не более 30 Мвар каждая. Расстояние в свету между группами одной конденсаторной установки должно быть не менее 4 м, а между группами разных конденсаторных установок - не менее 6 м.

1377. В одном помещении с конденсаторами допускается установка относящихся к ним разрядных резисторов, разъединителей, выключателей нагрузки, малообъемных выключателей и измерительных трансформаторов.

1378. При разделении конденсаторной батареи на части располагаются таким образом, чтобы была обеспечена безопасность работ на каждой из частей при включенных остальных.

1379. На конденсаторной установке должны предусматриваться приспособления для заземления несущих металлических конструкций, которые находятся под напряжением при работе установки.

## Раздел 5. Электрооборудование специальных установок

## 23. Электроустановки во взрывоопасных зонах

### Параграф 1. Классификация взрывоопасных зон

1380. Классификация взрывоопасных зон приведена в подпунктах 130) -135) пункта 2 настоящих Правил. Класс взрывоопасной зоны, в соответствии с которым производится выбор электрооборудования, определяется технологами совместно с электриками проектной или эксплуатирующей организации.

1381. При определении взрывоопасных зон принимается, что:

1) взрывоопасная зона в помещении занимает весь объем помещения, если объем взрывоопасной смеси превышает 5 % свободного объема помещения;

2) взрывоопасной считается зона в помещении в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ, если объем взрывоопасной смеси равен или менее 5 % свободного объема помещения. Помещение за пределами взрывоопасной зоны считается невзрывоопасным, если нет других факторов, создающих в нем взрывоопасность;

3) взрывоопасная зона наружных взрывоопасных установок ограничена размерами, определяемыми в пункте 1382 настоящих Правил.

1382. Для наружных взрывоопасных установок взрывоопасная зона класса B-Iг считается в пределах до:

1) 0,5 м по горизонтали и вертикали от проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений со взрывоопасными зонами классов B-I, B-Ia, B-II;

2) 3 м по горизонтали и вертикали от закрытого технологического аппарата, содержащего горючие газы или ЛВЖ; от вытяжного вентилятора, установленного снаружи (на улице) и обслуживающего помещения со взрывоопасными зонами любого класса;

3) 5 м по горизонтали и вертикали от устройств для выброса из предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами или ЛВЖ, от расположенных на ограждающих конструкциях зданий устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений с взрывоопасными зонами любого класса;

4) 8 м по горизонтали и вертикали от резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры), при наличии обвалования - в пределах всей площади внутри обвалования;

5) 20 м по горизонтали и вертикали от места открытого слива и налива для эстакад с открытым сливом и наливом ЛВЖ.

Эстакады с закрытыми сливно-наливными устройствами, эстакады и опоры под трубопроводы для горючих газов и ЛВЖ не относятся к взрывоопасным, за исключением зон в пределах до 3 м по горизонтали и вертикали от запорной арматуры и фланцевых соединений трубопроводов, в пределах которых электрооборудование должно быть взрывозащищенным для соответствующих категории и группы взрывоопасной смеси.

1383. Зоны в помещениях и зоны наружных установок в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от аппарата, в котором присутствуют или могут возникнуть взрывоопасные смеси, но технологический процесс ведется с применением открытого огня, раскаленных частей, либо технологические аппараты имеют поверхности, нагретые до температуры самовоспламенения горючих газов, паров ЛВЖ, горючих пылей или волокон, не относятся в части их электрооборудования к взрывоопасным. Классификацию среды в помещениях или среды наружных установок за пределами указанной 5-метровой зоны определяется в зависимости от технологических процессов, применяемых в этой среде.

Зоны в помещениях и зоны наружных установок, в которых твердые, жидкие и газообразные горючие вещества сжигаются в качестве топлива или утилизируются путем сжигания, не относятся в части их электрооборудования к взрывоопасным.

1384. В помещениях отопительных котельных, встроенных в здания и предназначенных для работы на газообразном топливе или на жидком топливе с температурой вспышки 61 С и ниже, требуется предусматривать необходимый минимум взрывозащищенных светильников, включаемых перед началом работы котельной установки. Выключатели для светильников устанавливаются вне помещения котельной.

Электродвигатели вентиляторов, включаемых перед началом работы котельной установки, и их пускатели, выключатели, если они размещены внутри помещений котельных установок, должны быть взрывозащищенными и соответствовать категории и группе взрывоопасной смеси. Проводка к вентиляционному электрооборудованию и светильникам должна соответствовать классу взрывоопасной зоны.

1385. При применении для окраски материалов, которые могут образовать взрывоопасные смеси, когда окрасочные и сушильные камеры располагаются в общем технологическом потоке производства, при соблюдении требований зона относится к взрывоопасной в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от открытых проемов камер, если общая площадь этих камер не превышает 200 м$^2$ при общей площади помещения до 2000 м$^2$ или 10 %, при общей площади помещения более 2000 м$^2$.

При бескамерной окраске изделий в общем технологическом потоке на открытых площадках при условии соблюдения требований зона относится к взрывоопасной в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от края решетки и от окрашиваемых изделий, если площадь решеток не превышает 200 м$^2$ при общей площади помещения до 2000 м$^2$ или 10 %, при общей площади помещения более 2000 м$^2$.

Если общая площадь окрасочных и сушильных камер или решеток превышает 200 м$^2$ при общей площади помещения до 2000 м$^2$ или 10 % при общей площади помещения более 2000 м$^2$, размер взрывоопасной зоны определяется в зависимости от объема взрывоопасной смеси согласно пункта 1380 настоящих Правил.

Класс взрывоопасности зон определяется по подпункту 130) и 132) пункта 2 настоящих Правил.

Помещение за пределами взрывоопасной зоны считается невзрывоопасным, если нет других факторов, создающих в нем взрывоопасность.

Зоны внутри окрасочных и сушильных камер приравнивается к зонам, расположенным внутри технологических аппаратов.

Требования настоящего параграфа на эти зоны не распространяются.

1386. Зоны в помещениях вытяжных вентиляторов, обслуживающих взрывоопасные зоны любого класса, относятся к взрывоопасным зонам того же класса, что и обслуживаемые ими зоны.

Для вентиляторов, установленных за наружными ограждающими конструкциями и обслуживающих взрывоопасные зоны классов В-I, В-Iа, В-II, электродвигатели применяются как для взрывоопасной зоны класса В-Iг, а для вентиляторов, обслуживающих взрывоопасные зоны классов В-Iб и В-IIа, - согласно таблице 150 приложения к настоящим Правилам для этих классов.

1387. Зоны в помещениях приточных вентиляторов, обслуживающих взрывоопасные зоны любого класса, не относятся к взрывоопасным, если приточные воздуховоды оборудованы самозакрывающимися обратными клапанами, не допускающими проникновения взрывоопасных смесей в помещения приточных вентиляторов при прекращении подачи воздуха.

При отсутствии обратных клапанов помещения приточных вентиляторов имеют взрывоопасные зоны того же класса, что и обслуживаемые ими зоны.

1388. Взрывоопасные зоны, содержащие легкие несжиженные горючие газы или ЛВЖ, при наличии признаков класса B-I, допускается относить к классу B-Ia при условии выполнения следующих мероприятий:

1) устройства системы вентиляции с установкой нескольких вентиляционных агрегатов. При аварийной остановке одного из них остальные агрегаты должны полностью обеспечить требуемую производительность системы вентиляции, а также достаточную равномерность действия вентиляции по всему объему помещения, включая подвалы, каналы и их повороты;

2) устройства автоматической сигнализации, действующей при возникновении в любом пункте помещения концентрации горючих газов или паров ЛВЖ, не превышающей 20 % нижнего концентрационного предела воспламенения, а для вредных взрывоопасных газов - также при приближении их концентрации к предельно допустимой. Количество сигнальных приборов, их расположение, а также система их резервирования должны обеспечить безотказное действие сигнализации.

1389. В производственных помещениях без взрывоопасной зоны, отделенных стенами (с проемами или без них) от взрывоопасной зоны смежных помещений, принимается взрывоопасная зона, класс которой определяется в соответствии с таблицей 149 приложения к настоящим Правилам, размер зоны - до 5 м по горизонтали и вертикали от проема двери.

Указания таблицы 149 приложения к настоящим Правилам не распространяются на РУ, ТП, ПП и установки КИПиА, размещаемые в помещениях, смежных со взрывоопасными зонами помещений. Расположение РУ, ТП, ПП и установок КИПиА в помещениях, смежных со взрывоопасными зонами помещений, и в наружных взрывоопасных зонах предусматривается в соответствии с главой «Распределительные устройства, трансформаторные и преобразовательные подстанции».

## Параграф 2. Выбор электрооборудования для взрывоопасных зон

1390. Электрооборудование, особенно с частями, искрящими при нормальной работе, выносятся за пределы взрывоопасных зон, если это не вызывает особых затруднений при эксплуатации и не сопряжено с неоправданными затратами. В случае установки электрооборудования в пределах взрывоопасной зоны оно должно удовлетворять требованиям настоящей главы.

1391. Применение во взрывоопасных зонах переносных электроприемников (машин, аппаратов, светильников) ограничиваются случаями, когда их применение необходимо для нормальной эксплуатации.

1392. Взрывозащищенное электрооборудование, используемое в химически активных, влажных или пыльных средах, должно быть также защищено соответственно от воздействия химически активной среды, сырости и пыли.

1393. Взрывозащищенное электрооборудование, используемое в наружных установках, должно быть пригодно также и для работы на открытом воздухе или иметь устройство для защиты от атмосферных воздействий (дождя, снега, солнечного излучения).

1394. Электрические машины с защитой вида «е» допускается устанавливать только на механизмах, где они не будут подвергаться перегрузкам, частым пускам и реверсам. Эти машины должны иметь защиту от перегрузок с временем срабатывания не более времени te Здесь te- время, в течение которого электрические машины нагреваются пусковым током от температуры, обусловленной длительной работой при номинальной нагрузке, до предельной температуры согласно таблице 147 приложения к настоящим Правилам.

1395. Электрические машины и аппараты с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» в средах со взрывоопасными смесями категории IIC должны быть установлены так, чтобы взрывонепроницаемые фланцевые зазоры не примыкали вплотную в какой-либо поверхности, а находились от нее на расстоянии не менее 50 мм.

1396. Взрывозащищенное электрооборудование, выполненное для работы во взрывоопасной смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом, сохраняет свои свойства, если находится в среде с взрывоопасной смесью тех категории и группы, для которых выполнена его взрывозащита, или находится в среде с взрывоопасной смесью, отнесенной согласно таблицах 141 и 142 приложения 1 к настоящим Правилам к менее опасным категориям и группам.

1397. При установке взрывозащищенного электрооборудования с видом взрывозащиты «заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением» должна быть выполнена система вентиляции и контроля избыточного давления, температуры и других параметров, должны быть выполнены следующие требования:

1) конструкция фундаментных ям и газопроводов защитного газа должна исключать образование в них непродуваемых зон (мешков) с горючими газами или парами ЛВЖ;

2) приточные газопроводы к вентиляторам, обеспечивающим электрооборудование защитным газом, должны прокладываться вне взрывоопасных зон;

3) газопроводы для защитного газа прокладываются под полом помещений, в том числе и со взрывоопасными зонами, если приняты меры, исключающие попадание в эти газопроводы горючих жидкостей;

4) в вентиляционных системах для осуществления блокировок, контроля и сигнализации должны использоваться аппараты, приборы и другие устройства, указанные в инструкциях по монтажу и эксплуатации машины, аппарата. Замена их другими изделиями, изменение мест их установки и подключение без согласования с заводом-изготовителем машины, аппарата не допускаются.

1398. Электрические аппараты с масляным заполнением оболочки с токоведущими частями допускается применять на механизмах в местах, где отсутствуют толчки или приняты меры против выплескивания масла из аппарата.

1399. Во взрывоопасных зонах классов B-II и B-IIa применяется электрооборудование, предназначенное для взрывоопасных зон со смесями горючих пылей или волокон с воздухом.

При отсутствии такого электрооборудования допускается во взрывоопасных зонах касса B-II применять взрывозащищенное электрооборудование, предназначенное для работы в средах со взрывоопасными смесями газов и паров с воздухом, а в зонах класса B-IIa - электрооборудование общего назначения (без взрывозащиты), но имеющее соответствующую защиту оболочки от проникновения пыли.

Применение взрывозащищенного электрооборудования, предназначенного для работы в средах взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом, и электрооборудования общего назначения с соответствующей степенью защиты оболочки допускается при условии, если температура поверхности электрооборудования, на которую могут осесть горючие пыли или волокна (при работе электрооборудования с номинальной нагрузкой и без наслоения пыли), будет не менее чем на 50°C ниже температуры тления пыли для тлеющих пылей или не более двух третей температуры самовоспламенения для нетлеющих пылей.

1400. Взрывозащита электрооборудования наружных аммиачных компрессорных установок выбирается такой же, как и для аммиачных компрессорных установок, расположенных в помещениях. Электрооборудование должно быть защищено от атмосферных воздействий.

1401. Выбор электрооборудования для работы во взрывоопасных зонах должен производиться по таблицах 150 и 152 приложения к настоящим Правилам. При необходимости допускается обоснованная замена электрооборудования, указанного в

таблицах, электрооборудованием с более высоким уровнем взрывозащиты и более высокой степенью защиты оболочки. Вместо электрооборудования уровня «повышенная надежность против взрыва» может быть установлено электрооборудование уровня «взрывобезопасное» или «особовзрывобезопасное».

В зонах, взрывоопасность которых определяется горючими жидкостями, имеющими температуру вспышки выше 61°С, может применяться любое взрывозащищенное электрооборудование для любых категорий и группы с температурой нагрева поверхности, не превышающей температуру самовоспламенения данного вещества.

## Параграф 3. Электрические машины

1402. Во взрывоопасных зонах любого класса применяются электрические машины с классом напряжения до 10 кВ при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты оболочки соответствуют таблице 150 приложения к настоящим Правилам или являются более высокими.

Если отдельные части машины имеют различные уровни взрывозащиты или степени защиты оболочек, то все они должны быть не ниже указанных в таблице 150 приложения к настоящим Правилам.

1403. Для механизмов, установленных во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Iа и В-II, допускается применение электродвигателей без средств взрывозащиты при следующих условиях:

1) электродвигатели должны устанавливаться вне взрывоопасных зон. Помещение, в котором устанавливаются электродвигатели, должно отделяться от взрывоопасной зоны несгораемой стеной без проемов и несгораемым перекрытием (покрытием) с пределом огнестойкости не менее 0,75 часов, иметь эвакуационной выход и быть обеспеченным вентиляцией с пятикратным обменом воздуха в час;

2) привод механизма должен осуществляться при помощи вала, пропущенного через стену, с устройством в ней сальникового уплотнения.

## Параграф 4. Электрические аппараты и приборы

1404. Во взрывоопасных зонах применяются электрические аппараты и приборы при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты оболочки соответствуют таблице 151 приложения к настоящим Правилам или являются более высокими.

1405. Во взрывоопасных зонах любого класса электрические соединители применяются при условии, если они удовлетворяют требованиям таблицы 151 приложения к настоящим Правилам для аппаратов, искрящих при нормальной работе.

Во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-IIа допускается применять соединители в оболочке со степенью защиты IP54 при условии, что разрыв у них происходит внутри закрытых розеток.

Установка соединителей допускается только для включения периодически работающих электроприемников. Число соединителей должно быть ограничено необходимым минимумом, и они должны быть расположены в местах, где образование взрывоопасных смесей наименее вероятно.

Искробезопасные цепи могут коммутироваться соединителями общего назначения.

1406. Сборки зажимов выносятся за пределы взрывоопасной зоны. В случае технической необходимости установки сборок во взрывоопасной зоне они должны удовлетворять требованиям таблицы 151 приложения к настоящим Правилам для стационарных аппаратов, не искрящих при работе.

1407. Предохранители и выключатели осветительных цепей устанавливается вне взрывоопасных зон.

1408. При применении аппаратов и приборов с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» следует руководствоваться следующим:

1) индуктивность и емкость искробезопасных цепей, в том числе и присоединительных кабелей (емкость и индуктивность которых определяются по характеристикам, расчетом или измерением), не должны превосходить максимальных значений, оговоренных в технической документации на эти цепи. Если документацией предписываются конкретный тип кабеля (провода) и его максимальная длина, то их изменение возможно только при наличии заключения испытательной организации;

2) в искробезопасные цепи могут включаться изделия, которые предусмотрены технической документацией на систему и имеют маркировку «В комплекте». Допускается включать в эти цепи серийно выпускаемые датчики общего назначения, не имеющие собственного источника тока, индуктивности и емкости и удовлетворяющие подпункт 4) настоящего пункта. К таким датчикам относятся серийно выпускаемые общего назначения термометры сопротивления, термопары, терморезисторы, светодиоды и подобные им изделия, встроенные в защитные оболочки;

3) цепь, состоящая из серийно выпускаемых общего назначения термопары и гальванометра (милливольтметра), является искробезопасной для любой взрывоопасной среды при условии, что гальванометр не содержит других электрических цепей, в том числе подсвета шкалы;

4) в искробезопасные цепи могут включаться серийно выпускаемые общего назначения переключатели, ключи, сборки зажимов при условии, что выполняются следующие требования:

к ним не подключены другие, искроопасные цепи;

они закрыты крышкой и опломбированы;

их изоляция рассчитана на трехкратное номинальное напряжение искробезопасной цепи, но не менее чем на 500 В.

Параграф 5. Электрические грузоподъемные механизмы

1409. Электрооборудование кранов, талей, лифтов, находящихся во взрывоопасных зонах любого класса и участвующих в технологическом процессе, должно удовлетворять требованиям таблицах 150 и 151 приложения к настоящим Правилам для передвижных установок.

1410. Электрооборудование кранов, талей, лифтов, находящихся во взрывоопасных зонах и не связанных непосредственно с технологическим процессом (монтажные краны и тали), должно иметь:

1) во взрывоопасных зонах классов В-I и В-II - любой уровень взрывозащиты для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей;

2) во взрывоопасных зонах классов В-Iа и В-Iб - степень защиты оболочки не менее IP33;

3) во взрывоопасных зонах классов В-IIа и В-Iг - степень защиты оболочки не менее IP44.

Применение указанного электрооборудования допускается только при отсутствии взрывоопасных концентраций во время работы крана.

1411. Токоподводы к кранам, талям во взрывоопасных зонах любого класса должны выполняться переносным гибким кабелем с медными жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой маслобензиностойкой оболочке, не распространяющей горение.

## Параграф 6. Электрические светильники

1412. Во взрывоопасных зонах применяются электрические светильники при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты соответствуют таблице 152 приложения к настоящим Правилам или являются более высокими.

1413. В помещениях с взрывоопасными зонами любого класса со средой, для которой не имеется светильников необходимого уровня взрывозащиты, допускается выполнять освещение светильниками общего назначения (без средств взрывозащиты) одним из следующих способов:

1) через неоткрывающиеся окна без фрамуг и форточек, снаружи здания, причем при одинарном остеклении окон светильники должны иметь защитные стекла или стеклянные кожухи;

2) через специально устроенные в стене ниши с двойным остеклением и вентиляцией ниш с естественным побуждением наружным воздухом;

3) через фонари специального типа со светильниками, установленными в потолке с двойным остеклением и вентиляцией фонарей с естественным побуждением наружным воздухом;

4) в коробах, продуваемых под избыточным давлением чистым воздухом. В местах, где возможны поломки стекол, для застекления коробов применяется небьющееся стекло;

5) с помощью осветительных устройств с щелевыми световодами.

## Параграф 7. Распределительные устройства, трансформаторные и преобразовательные подстанции

1414. РУ до 1 кВ и выше, ТП и ПП с электрооборудованием общего назначения (без средств взрывозащиты) не допускается сооружать непосредственно во взрывоопасных зонах любого класса. Они должны располагаться в отдельных помещениях, удовлетворяющих требованиям пунктов 1416 и 1423 настоящих Правил, или снаружи, вне взрывоопасных зон.

Одиночные колонки и шкафы управления электродвигателями с аппаратами и приборами в исполнении, предусмотренном таблицей 151 приложения к настоящим Правилам, допускается устанавливать во взрывоопасных зонах любого класса. Количество таких колонок и шкафов необходимо ограничивать.

За пределами взрывоопасных зон одиночные аппараты, одиночные колонки и шкафы управления применяются без средств взрывозащиты.

1415. Трансформаторы устанавливаются как внутри подстанции, так и снаружи здания, в котором расположена подстанция.

1416. РУ, ТП (в том числе КТП) и ПП допускается выполнять примыкающими двумя или тремя стенами к взрывоопасным зонам с легкими горючими газами и ЛВЖ классов В-Iа и В-Iб и к взрывоопасным зонам классов В-II и В-IIа.

Не допускается их примыкание к взрывоопасной зоне класса В-I, а также к взрывоопасным зонам с тяжелыми или сжиженными горючими газами классов В-Iа и В-Iб.

1417. РУ, ТП и ПП не допускается размещать непосредственно над и под помещениями со взрывоопасными зонами любого класса.

1418. Окна РУ, ТП и ПП, примыкающих к взрывоопасной зоне, выполняются из стеклоблоков толщиной не менее 10 см.

1419. РУ, ТП (в том числе КТП) и ПП, примыкающие одной стеной к взрывоопасной зоне, выполняется при наличии взрывоопасных зон с легкими горючими газами и ЛВЖ классов В-I, В-Iа и В-Iб и при наличии взрывоопасных зон классов В-II и В-IIа.

1420. РУ, ТП (в том числе КТП) и ПП, питающие установки с тяжелыми или сжиженными горючими газами, сооружаются отдельно стоящими, на расстояниях от стен

помещений, к которым примыкают взрывоопасные зоны классов В-I и В-Iа, и от наружных взрывоопасных установок.

При технико-экономической нецелесообразности сооружения отдельно стоящих зданий для РУ, ТП и ПП допускается сооружение РУ, ТП и ПП, примыкающих одной стеной к взрывоопасной зоне. При этом, в РУ, ТП и ПП уровень пола, а также дно кабельных каналов и приямков должны быть выше уровня пола смежного помещения с взрывоопасной зоной и поверхности окружающей земли не менее чем на 0,15 м. Это требование не распространяется на маслосборные ямы под трансформаторами. Должны быть также выполнены требования пункта 1421 настоящих Правил.

1421. РУ, ТП (в том числе КТП) и ПП, примыкающие одной и более стенами к взрывоопасной зоне, должны удовлетворять следующим требованиям:

1) РУ, ТП и ПП должны иметь собственную, независимую от помещений с взрывоопасными зонами приточно-вытяжную вентиляционную систему. Вентиляционная система должна быть выполнена таким образом, чтобы через вентиляционные отверстия в РУ, ТП и ПП не проникали взрывоопасные смеси;

2) в РУ, ТП и ПП, примыкающих одной стеной к взрывоопасной зоне класса В-I, а также к взрывоопасным зонам с тяжелыми или сжиженными горючими газами классов В-Iа и В-Iб, должна быть предусмотрена приточная вентиляция с механическим побуждением с пятикратным обменом воздуха в час, обеспечивающая в РУ, ТП и ПП небольшое избыточное давление, исключающее доступ в них взрывоопасных смесей.

Приемные устройства для наружного воздуха должны размещаться в местах, где исключено образование взрывоопасных смесей;

3) стены РУ, ТП и ПП, к которым примыкают взрывоопасные зоны, должны быть выполнены из несгораемого материала и иметь предел огнестойкости не менее 0,75 часов, быть пылегазонепроницаемыми, не иметь дверей и окон;

4) в стенах РУ, ТП и ПП, к которым примыкают взрывоопасные зоны с легкими горючими газами и ЛВЖ классов В-Iа и В-Iб, а также взрывоопасные зоны классов В-II и В-IIа, допускается устраивать отверстия для ввода кабелей и труб электропроводки в РУ, ТП и ПП. Вводные отверстия должны быть плотно заделаны несгораемыми материалами.

Ввод кабелей и труб электропроводки в РУ, ТП и ПП из взрывоопасных зон класса В-I и из взрывоопасных зон с тяжелыми или сжиженными горючими газами классов В-Iа и В-Iб должен выполняться через наружные стены или через смежные стены помещений без взрывоопасных зон.

1422. В ТП и ПП, примыкающих одной и более стенами к взрывоопасной зоне, применяются трансформаторы с охлаждением негорючей жидкостью. Трансформаторы с масляным охлаждением должны размещаться в отдельных камерах. Двери камер должны быть с пределом огнестойкости не менее 0,6 часов, двери камер, оборудованных вентиляцией с механическим побуждением, должны иметь уплотнение притворов, выкатка трансформаторов должна быть предусмотрена только наружу.

Герметичные трансформаторы с усиленным баком, без расширителя, с закрытыми вводами и выводными устройствами, с охлаждением негорючей жидкостью и маслом допускается размещать в общем помещении с РУ до 1 кВ и выше, не отделяя трансформаторы от РУ перегородками.

Выкатка трансформаторов из помещений КТП и КПП должна быть предусмотрена наружу или в смежное помещение.

1423. Расстояния от наружных взрывоопасных установок и стен помещений, к которым примыкают взрывоопасные зоны всех классов, за исключением классов В-Iб и В-IIа, до отдельно стоящих РУ, ТП и ПП должны приниматься по таблице 153 приложения к настоящим Правилам. Расстояния от стен помещений, к которым примыкают взрывоопасные зоны классов В-Iб и В-IIа, до отдельно стоящих РУ, ТП и ПП принимается в соответствии в зависимости от степени огнестойкости зданий и сооружений.

1424. В отдельно стоящих РУ, ТП и ПП, питающих электроустановки с тяжелыми или сжиженными горючими газами и расположенных за пределами расстояний, указанных в таблице 153 приложения к настоящим Правилам, не требуется выполнять подъем полов и предусматривать приточную вентиляцию с механическим побуждением.

1425. Если для отдельно стоящих РУ, ТП и ПП выполнены требования пунктов 1420 и 1421 настоящих Правил, при наличии тяжелых или сжиженных горючих газов или подпункта 4) пункта 1421 настоящих Правил, при наличии легких горючих газов и ЛВЖ, то такие РУ, ТП и ПП допускается располагать на любом расстоянии от взрывоопасных установок.

1426. Прокладывать трубопроводы с пожаро- и взрывоопасными, а также с вредными и едкими веществами через РУ, ТП и ПП не допускается.

1427. К помещениям щитов и пультов управления КИПиА, примыкающим одной и более стенами к взрывоопасной зоне или отдельно стоящим, предъявляются те же требования, что и к аналогично размещаемым помещениям РУ.

Параграф 8. Электропроводки, токопроводы и кабельные линии

1428. Во взрывоопасных зонах любого класса применение неизолированных проводников, в том числе токопроводов к кранам, талям, не допускается.

1429. Во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Iа должны применяться провода и кабели с медными жилами. Во взрывоопасных зонах классов В-Iб, В-Iг, В-II и В-IIа допускается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами.

1430. Проводники силовых, осветительных и вторичных цепей в сетях до 1 кВ во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Iа, В-II и В-IIа должны быть защищены от перегрузок и КЗ, а их сечения должны выбираться в соответствии с главой 12 настоящих Правил, но быть не менее сечения, принятого по расчетному току.

Во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-Iг защита проводов и кабелей и выбор сечений должны производиться как для невзрывоопасных установок.

1431. Провода и кабели в сетях выше 1 кВ, прокладываемые во взрывоопасных зонах любого класса, должны быть проверены по нагреву током КЗ.

1432. Защита питающих линий и присоединенных к ним электроприемников выше 1 кВ должна удовлетворять требованиям глав 13 и 22 настоящих Правил. Защита от перегрузок должна выполняться во всех случаях независимо от мощности электроприемника.

В отличие от требований пунктов 1330 и 1333 настоящих Правил защита от многофазных КЗ и от перегрузки должна предусматриваться двухрелейной.

1433. Проводники ответвлений к электродвигателям с короткозамкнутым ротором до 1 кВ должны быть во всех случаях (кроме находящихся во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-I4) защищены от перегрузок, а сечения их должны допускать длительную нагрузку не менее 125 % номинального тока электродвигателя.

1434. Для электрического освещения во взрывоопасных зонах класса В-I должны применяться двухпроводные групповые линии.

1435. Во взрывоопасных зонах класса В-I в двухпроводных линиях с нулевым рабочим проводником должны быть защищены от токов КЗ фазный и нулевой рабочий проводники. Для одновременного отключения фазного и нулевого рабочего проводников должны применяться двухполюсные выключатели.

1436. Нулевые рабочие и нулевые защитные проводники должны иметь изоляцию, равноценную изоляции фазных проводников.

1437. Гибкий токопровод до 1 кВ во взрывоопасных зонах любого класса выполняется переносным гибким кабелем с медными жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой маслобензиностойкой оболочке, не распространяющей горение.

1438. Во взрывоопасных зонах любого класса применяются:

1) провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией;

2) кабели с резиновой, поливинилхлоридной и бумажной изоляцией в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках.

Применение кабелей с алюминиевой оболочкой во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Iа не допускается.

Применение проводов и кабелей с полиэтиленовой изоляцией или оболочкой не допускается во взрывоопасных зонах всех классов.

1439. Соединительные, ответвительные и проходные коробки для электропроводок должны:

1) во взрывоопасной зоне класса В-I - иметь уровень «взрывобезопасное электрооборудование» и соответствовать категории и группе взрывоопасной смеси;

2) во взрывоопасной зоне класса В-II - быть предназначенными для взрывоопасных зон со смесями горючих пылей или волокон с воздухом. Допускается применение коробок с уровнем «взрывобезопасное электрооборудование» с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка», предназначенных для газопаро-воздушных смесей любых категорий и групп;

3) во взрывоопасных зонах классов В-Iа и В-Iг - быть взрывозащищенными для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей. Для осветительных сетей допускается применение коробок в оболочке со степенью защиты IP65;

4) во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-IIа - иметь оболочку со степенью зашиты IP54. До освоения промышленностью коробок со степенью защиты оболочки IP54 применяются коробки со степенью защиты оболочки IP44.

1440. Ввод проложенных в трубе проводов в машины, аппараты, светильники должен выполняться совместно с трубой, при этом, в трубе на вводе должно быть установлено разделительное уплотнение, если в вводном устройстве машины, аппарата или светильника такое уплотнение отсутствует.

1441. При переходе труб электропроводки из помещения со взрывоопасной зоной класса В-I или В-Iа в помещение с нормальной средой, или во взрывоопасную зону другого класса, с другой категорией или группой взрывоопасной смеси, или наружу труба с проводами в местах прохода через стену должна иметь разделительное уплотнение в специально для этого предназначенной коробке.

Во взрывоопасных зонах классов В-Iб, В-II и В-IIа установка разделительных уплотнений не требуется.

Разделительные уплотнения устанавливаются:

1) в непосредственной близости от места входа трубы во взрывоопасную зону;

2) при переходе трубы из взрывоопасной зоны одного класса во взрывоопасную зону другого класса - в помещении взрывоопасной зоны более высокого класса;

3) при переходе трубы из одной взрывоопасной зоны в другую такого же класса - в помещении взрывоопасной зоны с более высокими категорией и группой взрывоопасной смеси.

Допускается установка разделительных уплотнений со стороны невзрывоопасной зоны или снаружи, если во взрывоопасной зоне установка разделительных уплотнений невозможна.

1442. Использование соединительных и ответвительных коробок для выполнения разделительных уплотнений не допускается.

1443. Разделительные уплотнения, установленные в трубах электропроводки, должны испытываться избыточным давлением воздуха 250 кПа (около 2,5 ат) в течение 3 минут. При этом, допускается падение давления не более чем до 200 кПа (около 2 ат).

1444. Кабели, прокладываемые во взрывоопасных зонах любого класса открыто (на конструкциях, стенах, в каналах, туннелях), не должны иметь наружных покровов и покрытий из горючих материалов (джут, битум, хлопчатобумажная оплетка).

1445. Длину кабелей выше 1 кВ, прокладываемых во взрывоопасных зонах любого класса, необходимо ограничивать.

1446. При прокладке кабелей во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Iа с тяжелыми или сжиженными горючими газами необходимо избегать устройства кабельных каналов. При необходимости устройства каналов они должны быть засыпаны пескам.

Допустимые длительные токи на кабели, засыпанные песком, должны приниматься по соответствующим таблицам главы 3 настоящих Правил, как для кабелей, проложенных в воздухе, с учетом поправочных коэффициентов на число работающих кабелей.

1447. Во взрывоопасных зонах любого класса не допускается устанавливать соединительные и ответвительные кабельные муфты, за исключением искробезопасных цепей.

1448. Вводы кабелей в электрические машины и аппараты должны выполняться при помощи вводных устройств. Места вводов должны быть уплотнены.

Ввод трубных электропроводок в машины и аппараты, имеющие вводы только для кабелей, не допускается.

Во взрывоопасных зонах классов В-Iа и В-IIа для машин большой мощности, не имеющих вводных муфт, допускается концевые заделки всех видов устанавливать в шкафах со степенью защиты IP54, расположенных в местах, доступных лишь для обслуживающего персонала, и изолированных от взрывоопасной зоны.

1449. Если во взрывоопасной зоне кабель проложен в стальной трубе, то при переходе трубы из этой зоны в невзрывоопасную зону или в помещение со взрывоопасной зоной другого класса либо с другими категорией или группой взрывоопасной смеси труба с кабелем в месте прохода через стену должна иметь разделительное уплотнение и удовлетворять требованиям пунктов 1440 и 1442 настоящих Правил.

Разделительное уплотнение не ставится, если:

1) труба с кабелем выходит наружу, а кабели прокладываются далее открыто;

2) труба служит для защиты кабеля в местах возможных механических воздействий и оба конца ее находятся в пределах одной взрывоопасной зоны.

1450. Отверстия в стенах и в полу для прохода кабелей и труб электропроводки должны быть плотно заделаны несгораемыми материалами.

1451. Через взрывоопасные зоны любого класса, а также на расстояниях менее 5 м по горизонтали и вертикали от взрывоопасной зоны не допускается прокладывать не относящиеся к данному технологическому процессу (производству) транзитные электропроводки и кабельные линии всех напряжений. Допускается их прокладка на расстоянии менее 5 м по горизонтали и вертикали от взрывоопасной зоны при выполнении дополнительных защитных мероприятий, (прокладка в трубах, в закрытых коробах, в полах).

1452. В осветительных сетях в помещениях со взрывоопасной зоной класса В-I прокладка групповых линий не допускается. Разрешается прокладывать только ответвления от групповых линий.

В помещениях с взрывоопасными зонами классов В-Iа, В-Iб, В-II и В-IIа групповые осветительные линии прокладываются также вне взрывоопасных зон. В случае затруднения в выполнении этой требования количество устанавливаемых во взрывоопасных зонах на этих линиях соединительных и ответвительных коробок должно быть по возможности минимальным.

1453. Электропроводки, присоединяемые к электрооборудованию с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь», должны удовлетворять следующим требованиям:

1) искробезопасные цепи должны отделяться от других цепей с соблюдением требований;

2) использование одного кабеля для искробезопасных и искроопасных цепей не допускается;

3) провода искробезопасных цепей высокой частоты не должны иметь петель;

4) изоляция проводов искробезопасных цепей должна иметь отличительный синий цвет. Допускается маркировать синим цветом только концы проводов;

5) провода искробезопасных цепей должны быть защищены от наводок, нарушающих их искробезопасность.

1454. Допустимые способы прокладки кабелей и проводов во взрывоопасных зонах приведены в таблице 154 приложения к настоящим Правилам.

1455. Применение шинопроводов во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Iг, В-II и В-IIа не допускается.

Во взрывоопасных зонах классов В-Iа и В-Iб применение шинопроводов допускается при выполнении следующих условий:

1) шины должны быть изолированы;

2) во взрывоопасных зонах класса В-Iа шины должны быть медными;

3) неразъемные соединения шин должны быть выполнены сваркой или опрессовкой;

4) болтовые соединения (в местах присоединения шин к аппаратам и между секциями) должны иметь приспособления, не допускающие самоотвинчивания;

5) шинопроводы должны быть защищены металлическими кожухами, обеспечивающими степень защиты не менее IP31. Кожухи должны открываться только при помощи специальных (торцевых) ключей.

1456. Наружную прокладку кабелей между взрывоопасными зонами выполняются открыто (на эстакадах, тросах, по стенам зданий), избегая прокладки в подземных кабельных сооружениях (каналах, блоках, туннелях) и траншеях.

1457. По эстакадам с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ помимо кабелей, предназначенных для собственных нужд (для управления задвижками трубопроводов, сигнализации, диспетчеризации), допускается прокладывать до 30 бронированных и небронированных силовых и контрольных кабелей, стальных водогазопроводных труб с изолированными проводами.

Небронированные кабели должны прокладываться в стальных водогазопроводных трубах или в стальных коробах.

Бронированные кабели применяются в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках, не распространяющих горение. Эти кабели выбираются без подушки. При этом, стальные трубы электропроводки, стальные трубы и короба с небронированными кабелями и бронированные кабели прокладываются на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов, по возможности со стороны трубопроводов с негорючими веществами.

Строительные конструкции эстакад и галерей должны соответствовать требованиям главы 10 настоящих Правил.

При числе кабелей более 30 прокладывается по кабельным эстакадам и галереям. Допускается сооружать кабельные эстакады и галереи на общих строительных конструкциях с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ при выполнении противопожарных мероприятий. Допускается прокладка небронированных кабелей.

1458. Кабельные эстакады могут пересекать эстакады с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ как сверху, так и снизу независимо от плотности по отношению к воздуху транспортируемых газов.

При количестве кабелей до 15 в месте пересечения допускается не сооружать кабельных эстакад, кабели прокладываются в трубном блоке или в плотно закрывающемся стальном коробе с толщиной стенки короба не менее 1,5 мм.

1459. Кабельные эстакады и их пересечения с эстакадами трубопроводов с горючими газами и ЛВЖ должны удовлетворять следующим требованиям:

1) все конструктивные элементы кабельных эстакад (стойки, настил, ограждения, крыша) должны сооружаться из несгораемых материалов;

2) на участке пересечения плюс до 1,5 м в обе стороны от внешних габаритов эстакады с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ кабельная эстакада должна быть

выполнена в виде закрытой галереи. Пол кабельной эстакады при прохождении ее ниже эстакады с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ должен иметь отверстия для выхода попавших внутрь нее тяжелых газов.

Ограждающие конструкции кабельных эстакад, пересекающихся с эстакадами с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ, должны быть несгораемыми и соответствовать требованиям главы 10 настоящих Правил;

3) на участке пересечения эстакады с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ не должны иметь ремонтных площадок и на трубопроводах не должно быть фланцевых соединений, компенсаторов, запорной арматуры.

4) в местах пересечения на кабелях не должны устанавливаться кабельные муфты;

5) расстояние в свету между трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ и кабельной эстакадой или трубным блоком с кабелями либо электротехническими коммуникациями должно быть не менее 0,5 м.

1460. Наружные кабельные каналы допускается сооружать на расстоянии не менее 1,5 м от стен помещений со взрывоопасными зонами всех классов. В месте входа во взрывоопасные зоны этих помещений каналы должны засыпаться песком по длине не менее 1,5 м.

1461. В кабельных каналах, проходящих во взрывоопасной зоне класса В-Iг или по территории от одной взрывоопасной зоны до другой, через каждые 100 м должны быть установлены песочные перемычки длиной не менее 1,5 м по верху.

1462. Во взрывоопасных зонах любого класса допускается прокладка кабелей в блоках. Выводные отверстия для кабелей из блоков и стыки блоков должны быть плотно заделаны несгораемыми материалами.

1463. Кабельные туннели сооружаются при выполнении следующих условий:

1) кабельные туннели прокладываются, вне взрывоопасных зон;

2) при подходе к взрывоопасным зонам кабельные туннели должны быть отделены от них несгораемой перегородкой с пределом огнестойкости 0,75 часов;

3) отверстия для кабелей и труб электропроводки, вводимых во взрывоопасную зону, должны быть плотно заделаны несгораемыми материалами;

4) в кабельных туннелях должны быть выполнены противопожарные мероприятия;

5) выходы из туннеля, а также выходы вентиляционных шахт туннеля должны находиться вне взрывоопасных зон.

1464. Открытые токопроводы до 1 кВ и выше гибкой и жесткой конструкций допускается прокладывать по территории предприятия со взрывоопасными зонами на специально для этого предназначенных эстакадах или опорах.

Прокладывать открытые токопроводы на эстакадах с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ и эстакадах КИПиА не допускается.

1465. Токопроводы до 10 кВ в оболочке со степенью защиты IP54 прокладываются по территории предприятия со взрывоопасными зонами на специальных эстакадах, эстакадах с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ и эстакадах КИПиА, если отсутствует возможность вредных наводок на цепи КИПиА от токопроводов. Токопроводы прокладываются на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов, по возможности со стороны трубопроводов с негорючими веществами.

1466. Минимально допустимые расстояния от токопроводов до помещений со взрывоопасными зонами и до наружных взрывоопасных установок приведены в таблице 155 приложения к настоящим Правилам.

1467. Допустимые расстояния от кабельных эстакад до помещений со взрывоопасными зонами и до наружных взрывоопасных установок:

1) с транзитными кабелями - таблица 155 приложения к настоящим Правилам;

2) с кабелями, предназначенными только для данного производства (здания) - не нормируются.

Торцы ответвлений от кабельных эстакад для подвода кабелей к помещениям со взрывоопасными зонами или к наружным взрывоопасным установкам примыкаются непосредственно к стенам помещений со взрывоопасными зонами и к наружным взрывоопасным установкам.

## Параграф 9. Зануление и заземление

1468. На взрывоопасные зоны любого класса в помещениях и на наружные взрывоопасные установки распространяются приведенные в подпункте 52 пункта 1 настоящих Правил требования о допустимости применения в электроустановках до 1 кВ глухозаземленной или изолированной нейтрали. При изолированной нейтрали должен быть обеспечен автоматический контроль изоляции сети с действием на сигнал и контроль исправности пробивного предохранителя.

1469. Во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Iа и В-II применяется защитное отключение. Во взрывоопасных зонах любого класса должно быть выполнено уравнивание потенциалов согласно пункта 145 настоящих Правил.

1470. Во взрывоопасных зонах любого класса подлежат занулению (заземлению) также:

1) во изменение подпункта 64) пункта 2 настоящих Правил - электроустановки при всех напряжениях переменного и постоянного тока;

2) электрооборудование, установленное на зануленных (заземленных) металлических конструкциях, которые в соответствии с подпунктом 1) пункта 146 настоящих Правил, в невзрывоопасных зонах разрешается не занулять (не заземлять). Это требование не относится к электрооборудованию, установленному внутри зануленных (заземленных) корпусов шкафов и пультов.

В качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников должны быть использованы проводники, специально предназначенные для этой цели.

1471. В электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью зануление электрооборудования должно осуществляться:

1) в силовых сетях во взрывоопасных зонах любого класса - отдельной жилой кабеля или провода;

2) в осветительных сетях во взрывоопасных зонах любого класса, кроме класса В-I, - на участке от светильника до ближайшей ответвительной коробки - отдельным проводником, присоединенным к нулевому рабочему проводнику в ответвительной коробке;

3) в осветительных сетях во взрывоопасной зоне класса В-I - отдельным проводником, проложенным от светильника до ближайшего группового щитка;

4) на участке сети от РУ и ТП, находящихся вне взрывоопасной зоны, до щита, сборки, распределительного пункта, также находящихся вне взрывоопасной зоны, от которых осуществляется питание электроприемников, расположенных во взрывоопасных зонах любого класса, допускается в качестве нулевого защитного проводника использовать алюминиевую оболочку питающих кабелей.

1472. Нулевые защитные проводники во всех звеньях сети должны быть проложены в общих оболочках, трубах, коробах, пучках с фазными проводниками.

1473. В электроустановках до 1 кВ и выше с изолированной нейтралью заземляющие проводники допускается прокладывать как в общей оболочке с фазными, так и отдельно от них.

Магистрали заземления должны быть присоединены к заземлителям в двух или более разных местах и, по возможности, с противоположных концов помещения.

1474. Использование металлических конструкций зданий, конструкций производственного назначения, стальных труб электропроводки, металлических оболочек

кабелей в качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников допускается только как дополнительное мероприятие.

1475. В электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью в целях обеспечения автоматического отключения аварийного участка проводимость нулевых защитных проводников должна быть выбрана такой, чтобы при замыкании на корпус или нулевой защитный проводник возникал ток КЗ, превышающий не менее чем в 4 раза номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя и не менее чем в 6 раз ток расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратнозависимую от тока характеристику.

При защите сетей автоматическими выключателями, имеющими только электромагнитный расцепитель (без выдержки времени), руководствоваться требованиями, касающимися кратности тока КЗ и приведенными в пункте 177 настоящих Правил.

1476. Расчетная проверка полного сопротивления петли фаза-нуль в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью должна предусматриваться для всех электроприемников, расположенных во взрывоопасных зонах классов В-I и В-II, и выборочно (но не менее 10 % общего количества) для электроприемников, расположенных во взрывоопасных зонах классов В-Iа, В-Iб, В-Iг и В-IIа и имеющих наибольшее сопротивление петли фаза-нуль.

1477. Проходы специально проложенных нулевых защитных (заземляющих) проводников через стены помещений со взрывоопасными зонами должны производиться в отрезках труб или в проемах. Отверстия труб и проемов должны быть уплотнены несгораемыми материалами. Соединение нулевых защитных (заземляющих) проводников в местах проходов не допускается.

### Параграф 10. Молниезащита и защита от статического электричества

1478. Защита зданий, сооружений и наружных установок, имеющих взрывоопасные зоны, от прямых ударов молнии и вторичных ее проявлений должна выполняться в соответствии с настоящими Правилами.

1479. Защита установок от статического электричества должна выполняться в соответствии с настоящими Правилами.

## 24. Электроустановки в пожароопасных зонах

### Параграф 1 Определения, общие требования

1480. Пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в котором они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях.

Классификация пожароопасных зон приведена в пунктах 1481-1484 настоящих Правил.

1481. Зоны класса П-I - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°С.

1482. Зоны класса П-II - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м$^3$ к объему воздуха.

1483. Зоны класса П-IIа - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества.

1484. Зоны класса П-III - расположенные вне помещения зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°С или твердые горючие вещества.

1485. Зоны в помещениях и зоны наружных установок в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от аппарата, в которых постоянно или периодически обращаются горючие вещества, но технологический процесс ведется с применением открытого огня, раскаленных частей либо технологические аппараты имеют поверхности, нагретые до температуры самовоспламенения горючих паров, пыли или волокон, не относятся в части их электрооборудования к пожароопасным. Класс среды в помещениях или среды наружных установок за пределами указанной 5-метровой зоны определяются в зависимости от технологических процессов, применяемых в этой среде.

Зоны в помещениях и зоны наружных установок, в которых твердые, жидкие и газообразные горючие вещества сжигаются в качестве топлива или утилизируются путем сжигания, не относятся в части их электрооборудования к пожароопасным.

1486. Зоны в помещениях вытяжных вентиляторов, а также в помещениях приточных вентиляторов (если приточные системы работают с применением рециркуляции воздуха), обслуживающих помещения с пожароопасными зонами класса П-II, относятся также к пожароопасным зонам класса П-II.

Зоны в помещениях вентиляторов местных отсосов относятся к пожароопасным зонам того же класса, что и обслуживаемая ими зона.

Для вентиляторов, установленных за наружными ограждающими конструкциями и обслуживающих пожароопасные зоны класса П-II и пожароопасные зоны любого класса местных отсосов, электродвигатели выбираются как для пожароопасной зоны класса П-III.

1487. Определение границ и класса пожароопасных зон должно производиться технологами совместно с электриками проектной или эксплуатационной организации.

В помещениях с производствами (и складок) категории В электрооборудование должно удовлетворять, согласно требованиям главы 24 настоящих Правил к электроустановкам в пожароопасных зонах соответствующего класса.

1488. При размещении в помещениях или наружных установках единичного пожароопасного оборудования, когда специальные меры против распространения пожара не предусмотрены, зона в пределах до 3 м по горизонтали и вертикали от этого оборудования является пожароопасной.

1489. При выборе электрооборудования, устанавливаемого в пожароопасных зонах, необходимо учитывать также условия окружающей среды (химическую активность, атмосферные осадки).

1490. Неподвижные контактные соединения в пожароопасных зонах любого класса должны выполняться сваркой, опрессовкой, пайкой, свинчиванием или иным равноценным способом. Разборные контактные соединения должны быть снабжены приспособлением для предотвращения самоотвинчивания.

1491. Защита зданий, сооружений и наружных установок, содержащих пожароопасные зоны, от прямых ударов молнии и вторичных ее проявлений, а также заземление установленного в них оборудования (металлических сосудов, трубопроводов), содержащего горючие жидкости, порошкообразные или волокнистые материалы, для предотвращения искрения, обусловленного статическим электричеством, должны выполняться в соответствии с действующими нормативами по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений и защиты установок от статического электричества.

В пожароопасных зонах любого класса должны быть предусмотрены меры для снятия статических зарядов с оборудования.

1492. Заземление электрооборудования в пожароопасных зонах должно выполняться в соответствии с главой 7 настоящих Правил.

## Параграф 2. Электрические машины

1493. В пожароопасных зонах любого класса применяются электрические машины с классами напряжения до 10 кВ при условии, что их оболочки имеют степень защиты не менее указанной в таблице 155 приложения к настоящим Правилам.

В пожароопасных зонах любого класса применяются электрические машины, продуваемые чистым воздухом с вентиляцией по замкнутому или разомкнутому циклу. При вентиляции по замкнутому циклу в системе вентиляции должно быть предусмотрено устройство для компенсации потерь воздуха и создания избыточного давления в машинах и воздуховодах.

Допускается изменять степень защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой машины устанавливаются.

До освоения электропромышленностью крупных синхронных машин, машин постоянного тока и статических преобразовательных агрегатов в оболочке со степенью защиты IP44 допускается применять в пожароопасных зонах класса П-IIа машины и агрегаты со степенью защиты оболочки не менее IP20.

1494. Воздух для вентиляции электрических машин не должен содержать паров и пыли горючих веществ. Выброс отработавшего воздуха при разомкнутом цикле вентиляции в пожароопасную зону не допускается.

1495. Электрооборудование переносного электрифицированного инструмента в пожароопасных зонах любого класса должно быть со степенью защиты оболочки не менее IP44 допускается степень защиты оболочки IP33 при условии выполнения специальных технологических требований к ремонту оборудования в пожароопасных зонах.

1496. Электрические машины с частями, нормально искрящими по условиям работы, должны располагаться на расстоянии не менее 1 м от мест размещения горючих веществ или отделяться от них несгораемым экраном.

1497. Для механизмов, установленных в пожароопасных зонах допускается применение электродвигателей с меньшей степенью защиты оболочки, чем указано в таблице 155 приложения к настоящим Правилам, при следующих условиях:

1) электродвигатели должны устанавливаться вне пожароопасных зон;

2) привод механизма должен осуществляться при помощи вала, пропущенного через стену, с устройством в ней сальникового уплотнения.

## Параграф 3. Электрические аппараты и приборы

1498. В пожароопасных зонах применяются электрические аппараты, приборы, шкафы и сборки зажимов, имеющие степень защиты оболочки не менее указанной в таблице 156 приложения к настоящим Правилам.

Допускается изменять степень зашиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой аппараты и приборы устанавливаются.

1499. Аппараты и приборы, устанавливаемые в шкафах, могут иметь меньшую степень защиты оболочки, чем указано в таблице 156 приложения к настоящим Правилам (в том числе исполнение IP00), при условии, что шкафы имеют степень защиты оболочки не ниже указанной в таблице 156 приложения для данной пожароопасной зоны.

1500. В пожароопасных зонах любого класса применяются аппараты, приборы, шкафы и сборки зажимов, продуваемые чистым воздухом под избыточным давлением.

1501. В пожароопасных зонах любого класса применяются аппараты и приборы в маслонаполненном исполнении (за исключением кислородных установок и подъемных механизмов, где применение этих аппаратов и приборов не допускается).

1502. Щитки и выключатели осветительных сетей выносятся из пожароопасных зон любого класса, если это не вызывает существенного удорожания и расхода цветных металлов.

Электроустановки запираемых складских помещений, в которых есть пожароопасные зоны любого класса, должны иметь аппараты для отключения извне силовых и осветительных сетей независимо от наличия отключающих аппаратов внутри помещений. Отключающие аппараты должны быть установлены в ящике из несгораемого материала с приспособлением для пломбирования на ограждающей конструкции из несгораемого материала, а при ее отсутствии - на отдельной опоре.

Отключающие аппараты должны быть доступны для обслуживания в любое время суток.

1503. Если в пожароопасных зонах любого класса по условиям производства необходимы электронагревательные приборы, то нагреваемые рабочие части их должны быть защищены от соприкосновения с горючими веществами, а сами приборы установлены на поверхности из негорючего материала. Для защиты от теплового излучения электронагревательных приборов необходимо устанавливать экраны из несгораемых материалов.

В пожароопасных зонах любого класса складских помещений, а также в зданиях архивов, музеев, галерей, библиотек применение электронагревательных приборов не допускается.

## Параграф 4. Электрические грузоподъемные механизмы

1504. Степень защиты оболочки электрооборудования, применяемого для кранов, талей и аналогичных им механизмов, должна соответствовать таблице 155 и 157 приложения к настоящим Правилам.

1505. Токоподвод подъемных механизмов (кранов, талей) в пожароопасных зонах классов П-I и П-II должен выполняться переносным гибким кабелем с медными жилами, с резиновой изоляцией, в оболочке, стойкой к окружающей среде. В пожароопасных зонах классов П-IIа и П-III допускается применение троллеев и троллейных шинопроводов, но они не должны быть расположены над местами размещения горючих веществ.

## Параграф 5. Распределительные устройства, трансформаторные и преобразовательные подстанции

1506. При установке РУ в пожароопасных зонах степень защиты его элементов (шкафов) должна соответствовать таблице 156 приложения к настоящим Правилам.

1507. В пожароопасных зонах любого класса, за исключением пожароопасных зон в складских помещениях, а также зданий и помещений архивов, музеев, картинных галерей, библиотек, допускается на участках, огражденных сетками, открытая установка КТП, КПП с трансформаторами сухими или с негорючим заполнением, а также комплектных конденсаторных установок (ККУ) с негорючим заполнением конденсаторов. При этом, степень защиты оболочки шкафов КТП, КПП и ККУ должна быть не менее IR41. Расстояние от КТП, КПП и ККУ до ограждения принимается в соответствии с главой 17 настоящих Правил.

В пожароопасных зонах любого класса, за исключением пожароопасных зон в складских помещениях, а также помещений архивов, музеев, картинных галерей, библиотек, размещаются встроенные или пристроенные КТП и КПП с маслонаполненными трансформаторами и подстанции с маслонаполненными

трансформаторами в закрытых камерах, сооружаемые в соответствии с требованиями главы 24 и пункта 1508 настоящих Правил.

1508. Подстанции с маслонаполненными трансформаторами могут быть встроенными или пристроенными при выполнении следующих условий:

1) двери и вентиляционные отверстия камер трансформаторов с масляным заполнением не должны выходить в пожароопасные зоны;

2) отверстия в стенах и полу в местах прохода кабелей и труб электропроводки должны быть плотно заделаны несгораемыми материалами;

3) выход из подстанции с маслонаполненными трансформаторами, установленными в камерах, в пожароопасную зону может быть выполнен только из помещения РУ до 1 кВ. При этом, дверь должна быть самозакрывающейся и иметь предел огнестойкости не менее 0,6 часов;

4) выход из помещений КТП и КПП в пожароопасную зону, а также транспортировка трансформаторов КТП и КПП через пожароопасную зону допускаются. При этом, дверь предусматривается, как указано в подпункте 3) настощего пункта, а ворота - с пределом огнестойкости не менее 0,6 часов;

Примечание. РУ, ТП, ПП считаются встроенными, если имеют две или три стены (перегородки), общие со смежными помещениями с пожароопасными зонами, и пристроенными, если имеют только одну стену (перегородку), общую с указанными помещениями.

1509. Электрооборудование с масляным заполнением (трансформаторы, батареи конденсаторов, выключатели) может устанавливаться на расстоянии не менее 0,8 метра от наружной стены здания с пожароопасными зонами при условии, что расстояние по горизонтали и вертикали от проемов в стене здания до установленного электрооборудования будет не менее 4 метра.

## Параграф 6. Электрические светильники

1510. В пожароопасных зонах должны применяться светильники, имеющие степень защиты не менее указанной в таблице 157 приложения к настоящим Правилам.

1511. Конструкция светильников с лампами ДРЛ должна исключать выпадание из них ламп. Светильники с лампами накаливания должны иметь сплошное силикатное стекло, защищающее лампу. Они не должны иметь отражателей и рассеивателей из сгораемых материалов. В пожароопасных зонах любого класса складских помещений светильники с люминесцентными лампами не должны иметь отражателей и рассеивателей из горючих материалов.

1512. Электропроводка внутри светильников с лампами накаливания и ДРЛ до места присоединения внешних проводников должна выполняться термостойкими проводами.

1513. Переносные светильники в пожароопасных зонах любого класса должны иметь степень защиты не менее IP54, стеклянный колпак светильника должен быть защищен металлической сеткой.

## Параграф 7. Электропроводки, токопроводы, воздушные и кабельные линии

1514. В пожароопасных зонах любого класса кабели и провода должны иметь покров и оболочку из материалов, не распространяющих горение. Применение кабелей с горючей полиэтиленовой изоляцией не допускается.

1515. Через пожароопасные зоны любого класса, а также на расстояниях менее 1 м по горизонтали и вертикали от пожароопасной зоны не допускается прокладывать не

относящиеся к данному технологическому процессу (производству) транзитные электропроводки и кабельные линии всех напряжений.

1516. В пожароопасных зонах любого класса применение неизолированных проводов не допускается.

1517. В пожароопасных зонах любого класса разрешаются все виды прокладок кабелей и проводов. Расстояние от кабелей и изолированных проводов, прокладываемых открыто непосредственно по конструкциям, на изоляторах, лотках, тросах до мест открыто хранимых (размещаемых) горючих веществ, должно быть не менее 1 метра.

Прокладка незащищенных изолированных проводов с алюминиевыми жилами в пожароопасных зонах любого класса должна производиться в трубах и коробах.

1518. По эстакадам с трубопроводами с горючими газами и жидкостями, проходящим по территории с пожароопасной зоной класса П-III, допускается прокладка изолированных проводов в стальных трубах, небронированных кабелей в стальных трубах и коробах, бронированных кабелей открыто. При этом, скальные трубы электропроводки, стальные трубы и короба с небронированными кабелями и бронированные кабели прокладываются на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов, по возможности, со стороны трубопроводов с негорючими веществами.

1519. Для передвижных электроприемников должны применяться переносные гибкие кабели с медными жилами, с резиновой изоляцией, в оболочке, стойкой к окружающей среде.

1520. Соединительные и ответвительные коробки, применяемые в электропроводках в пожароопасных зонах любого класса, должны иметь степень защиты оболочки не менее IP43. Они должны изготавливаться из стали или другого прочного материала, а их размеры должны обеспечивать удобство монтажа и надежность соединения проводов.

Части коробок, выполненные из металла, должны иметь внутри изолирующую выкладку или надежную окраску. Пластмассовые части, кроме применяемых в групповой сети освещения, должны быть изготовлены из трудногорючей пластмассы.

1521. В пожароопасных зонах классов П-I, П-II и П-IIа допускается применение шинопроводов до 1 кВ с медными и алюминиевыми шинами со степенью защиты IR20 и выше, при этом, в пожароопасных зонах П-I и П-II все шины, в том числе и шины ответвления, должны быть изолированными. В шинопроводах со степенью защиты IP54 и выше шины допускается не изолировать.

Неразборные контактные соединения шин должны быть выполнены сваркой, а разборные соединения - с применением приспособлений для предотвращения самоотвинчивания.

Температура всех элементов шинопроводов, включая ответвительные коробки, устанавливаемые в пожароопасных зонах класса П-I, не должна превышать 60°С.

1522. Ответвительные коробки с коммутационными и защитными аппаратами, а также разъемные контактные соединения допускается применять в пожароопасных зонах всех классов. При этом, ответвительные коробки, установленные на шинопроводах, включая места ввода кабелей (проводов) и места соприкосновения с шинопроводами, должны иметь степень защиты IP44 и выше для пожароопасных зон классов П-I и П-IIа, IP54 и выше для зон класса П-II.

Для зон классов П-I и П-II должен быть обеспечен опережающий разрыв цепи ответвления в момент коммутации разъемных контактных соединений.

В помещениях архивов, музеев, картинных галерей, библиотек, а также в пожароопасных зонах складских помещений не допускается применение разъемных контактных соединений, за исключением соединений во временных сетях при показе экспозиций.

1523. Расстояния от оси ВЛ до пожароопасных зон должны выбираться согласно пункту 561, за исключением расстояний от ВЛ до 1 кВ с неизолированными проводами из алюминия, сталеалюминия или алюминиевых сплавов до открытых наземных складов,

перечисленных в таблице 158 приложения к настоящим Правилам. Расстояние от оси ВЛ до 1 кВ до складов, перечисленных в таблице 158 приложения, должно быть не менее указанного в таблице 159 приложения, данное требование не распространяется на ВЛ наружного освещения, размещаемые на территории складов.

## 25. Электротермические установки

### Параграф 1. Общие положения

1524. Электротермические установки в отношении обеспечения надежности электроснабжения, относятся к электроприемникам II и III категорий в соответствии с подпунктами 137) и 138) пункта 2 настоящих Правил.

Категории электроприемников основного оборудования и вспомогательных механизмов, а также объем резервирования электрической части должны определяться с учетом особенностей конструкции оборудования электротермических установок и предъявляемых действующими стандартами, нормами и правилами требований к такому оборудованию, системам снабжения его водой, газами, сжатым воздухом, создания и поддержания в рабочих камерах давления или разрежения.

К III категории, относятся электроприемники электротермических установок цехов и участков несерийного производства: кузнечных, штамповочных, прессовых, механических, механосборочных и окрасочных; цехов и участков (отделений и мастерских) инструментальных, сварочных, сборного железобетона, деревообрабатывающих и деревообделочных, экспериментальных, ремонтных, а также лабораторий, испытательных станций, гаражей, депо, административных зданий.

1525. Для питания электроприемников электротермических установок от электрических сетей общего назначения в зависимости от мощности электроприемников и принятой схемы электроснабжения (радиальной или магистральной) должны использоваться жесткие или гибкие токопроводы, кабельные линии или электропроводки.

1526. Электротермические установки, в которых электрическая энергия преобразуется в тепловую на постоянном токе, переменном токе пониженной, повышенно-средней или высокой частоты, должны содержать преобразовательные агрегаты, присоединяемые к питающим электрическим сетям общего назначения непосредственно или через самостоятельные печные (силовые, преобразовательные) трансформаторы.

Печными (силовыми) трансформаторами или автотрансформаторами должны быть оборудованы также электротермические установки промышленной частоты с дуговыми печами (устройствами) прямого, косвенного и комбинированного действия (вне зависимости от их напряжения и мощности) и установки с печами (устройствами) индукционными и сопротивления прямого и косвенного действия, работающие на напряжении, отличающемся от напряжения электрической сети общего назначения, или при единичной мощности печей (устройств) индукционных и сопротивления: однофазных - 400 кВт и более, трехфазных - 1,6 МВт и более.

Преобразователи и печные (преобразовательные) трансформаторы (автотрансформаторы) должны обеспечивать вторичное напряжение в соответствии с требованиями технологического процесса, а первичное напряжение электротермической установки должно выбираться с учетом технико-экономической целесообразности.

Печные трансформаторы (автотрансформаторы) и преобразователи, должны снабжаться устройствами для регулирования напряжения в соответствии с требованиями технологического процесса. Трансформаторы (автотрансформаторы) с переключателями ступеней без нагрузки должны иметь блокировку, запрещающую выполнение переключений без снятия напряжения.

1527. Электрическую нагрузку присоединяемых к электрической сети общего назначения нескольких однофазных электроприемников электротермических установок равномерно распределяются между фазами сети. Во всех возможных эксплуатационных режимах работы таких электроприемников вызываемая их нагрузкой несимметрия напряжений не должна превышать значений, допускаемых действующим стандартом.

В случаях, когда такое условие не соблюдается и при этом, нецелесообразно (по технико-экономическим показателям) присоединять однофазные электроприемники к более мощной электрической сети (к точке сети с большей мощностью КЗ), снабжается электротермическая установка симметрирующим устройством или параметрическим источником тока либо устанавливать коммутационные аппараты, при помощи которых возможно перераспределение нагрузки однофазных электроприемников между фазами трехфазной сети (при нечастом возникновении несимметрии в процессе работы).

1528. Электрическая нагрузка электротермических установок не должна вызывать в электрических сетях общего назначения несинусоидальности формы кривой напряжения, при которой не соблюдается требование действующего стандарта. При необходимости снабжаются печные подстанции электротермических установок или питающие их цеховые (заводские) подстанции фильтрокомпенсирующими устройствами или принимать другие меры, уменьшающие искажение формы кривой напряжения электрической сети.

1529. Коэффициент мощности электротермических установок, присоединяемых к электрическим сетям общего назначения, должен быть не ниже 0,98, если энергоснабжающей организацией не установлен другой норматив.

Электротермические установки с единичной мощностью 400 кВт и более, естественный коэффициент мощности которых ниже нормируемого значения, должны иметь индивидуальные компенсирующие устройства. Электротермические установки не допускаются снабжать индивидуальными компенсирующими устройствами, если технико-экономическими расчетами выявлены явные преимущества групповой компенсации, а также при избытке реактивной мощности на предприятии (в цеха)

1530. Для тех электротермических установок, присоединяемых к электрическим сетям общего назначения, для которых в качестве компенсирующего устройства используются конденсаторные батареи, схему включения конденсаторов выбираются на основе данных технико-экономических расчетов, характера изменения индуктивной нагрузки установки и формы кривой напряжения (определяемой составом высших гармоник).

В установках с частыми и большими (по амплитуде) изменениями индуктивной нагрузки конденсаторы включаются параллельно с электротермическими электроприемниками, с печными трансформаторами (устройства поперечной компенсации).

В обоснованных случаях для уменьшения колебаний напряжения, вызываемых изменениями индуктивной нагрузки, предусматривается устройства статической и динамической компенсации реактивной мощности (УДК) с использованием методов компенсации: прямого (со ступенчатым выключением конденсаторов) или косвенного (с плавным регулированием результирующей индуктивности реактора или специального трансформатора с большим напряжением КЗ), причем во всех случаях с быстродействующими системами управления.

В установках с медленными изменениями индуктивной нагрузки допускается как параллельное, так и последовательное соединение (устройства продольной компенсации - УПК) конденсаторов как с постоянной, так и с регулируемой емкостью конденсаторных батарей и электротермических электроприемников.

При питании электротермического оборудования от блока регулировочный трансформатор (автотрансформатор) - печной понизительный трансформатор или блока главный трансформатор - последовательный дополнительный («вольтодобавочный») трансформатор конденсаторную батарею включается в цепь среднего напряжения (если при этом, обеспечивается электродинамическая стойкость оборудования).

1531. Первичная цепь каждой электротермической установки должна содержать следующие коммутационные и защитные аппараты в зависимости от напряжения питающей электросети промышленной частоты:

1) до 1 кВ - выключатель (рубильник с дугогасящими контактами, пакетный выключатель) на вводе и предохранители или блок выключатель - предохранитель либо автоматический выключатель с электромагнитными и тепловыми расцепителями;

2) выше 1 кВ - разъединитель (отделитель, разъемное контактное соединение КРУ) на вводе и выключатель оперативно-защитного назначения или разъединитель (отделитель, разъемное контактное соединение КРУ) и два выключателя - оперативный и защитный.

Для включения электротермического устройства мощностью менее 1 кВт в электрическую сеть до 1 кВ допускается использовать на вводе втычные разъемные контактные соединения, присоединяемые к линии (магистральной или радиальной), защита которой установлена в силовом (осветительном) пункте или щитке.

В первичных цепях электротермических установок до 1 кВ допускается в качестве вводных коммутационных аппаратов использовать рубильники без дугогасящих контактов при условии, что коммутация ими выполняется без нагрузки.

Выключатели выше 1 кВ оперативно-защитного назначения в электротермических установках должны выполнять операции включения и отключения электротермического оборудования (печей или устройств), обусловленные эксплуатационными особенностями его работы, и защиту от КЗ и ненормальных режимов работы.

Оперативные выключатели выше 1 кВ электротермических установок должны выполнять оперативные и часть защитных функций, объем которых определяется при конкретном проектировании, но на них не должна возлагаться защита от КЗ (кроме эксплуатационных), которую должны осуществлять защитные выключатели.

Оперативно-защитные и оперативные выключатели выше 1 кВ разрешается устанавливать как на печных подстанциях, так и в цеховых (заводских) РУ. Допускается устанавливать один или два (присоединяемых параллельно и работающих раздельно) защитных выключателя для защиты группы электротермических установок.

1532. Выключатели выше 1 кВ, используемые в электротермических установках, должны отвечать требованиям главы 4 настоящих Правил. При этом, в электрических цепях с числом коммутационных операций в среднем 5 и более циклов включение - отключение в сутки, должны применяться специальные выключатели, обладающие повышенной механической и электрической износостойкостью.

В электрических цепях 6-35 кВ с частыми коммутационными операциями в качестве оперативно-защитных и оперативных выключателей допускается применять маломасляные выключатели с повышенной механической износостойкостью при условии, что ими до 50 раз в сутки отключаются только токи, не превышающие 10 % их номинального значения, или в среднем не чаще 15 раз в сутки отключаются номинальные токи.

В качестве оперативных выключателей в цепях выше 1 кВ электротермических установок допускается применять выключатели с пониженной электродинамической стойкостью (вакуумные или бесконтактные выключатели, не способные выдерживать без повреждений воздействия, создаваемые проходящим через них током КЗ, при условии осуществления мероприятий, снижающих вероятность КЗ в электрической цепи между оперативным выключателем и печным трансформатором (автотрансформатором, преобразователем) и исключающих возникновение опасности для обслуживающего персонала, а также при условии, что повреждение выключателя не приведет к развитию аварии, взрыву или пожару в РУ. При использовании выключателей с высоким быстродействием (вакуумных, воздушных) должны предусматриваться меры по снижению коммутационных перенапряжений (за счет шунтирующих резисторов) и защите разрядниками обмоток трансформаторов и электрических цепей. Такие

выключатели устанавливаются вблизи печных трансформаторов, чтобы коммутационные перенапряжения были наименьшими.

1533. Напряжение внутрицеховых печных подстанций, количество и мощность устанавливаемых в них трансформаторов, автотрансформаторов или преобразователей, в том числе с масляным наполнением, высота (отметка) их расположения по отношению к полу первого этажа, расстояние между камерами масляных трансформаторов разных подстанций не ограничиваются.

Под оборудованием, содержащим масло, должны выполняться приямки, рассчитанные на полный объем масла, или маслоприемники согласно подпункта 2) пункта 979 настоящих Правил, с отводом масла в сборный бак. Емкость сборного бака должна быть не меньше суммарного объема оборудования, расположенного совместно в одной камере, а при присоединении к сборному баку маслоприемников нескольких камер - не меньше наибольшего суммарного объема масла оборудования одной из камер.

Камеры с электрооборудованием с масляным наполнением должны иметь стационарные устройства пожаротушения при суммарном количестве масла, превышающем 10 т для камер, расположенных на отметке первого этажа и выше 0,6 т для камер, расположенных ниже отметки первого этажа.

1534. Оборудование электротермических установок всех напряжений допускается размещать непосредственно в производственных помещениях в зонах любых классов.

Исполнение оборудования должно соответствовать условиям среды в этих помещениях, а конструкции и расположение самого оборудования и ограждений должны обеспечивать безопасность персонала и исключать возможность механического повреждения оборудования и случайных прикосновений к токоведущим и вращающимся частям.

Если длина электропечи, электронагревательного устройства или нагреваемого изделия такова, что выполнение ограждений токоведущих частей вызывает значительное усложнение конструкции или затрудняет обслуживание установки, допускается устанавливать вокруг печи или устройства в целом ограждение высотой не менее 2 м, с блокировкой, исключающей возможность открывания дверей до отключения установки.

При установке трансформаторов, преобразовательных агрегатов и другого электрооборудования электротермических установок в отдельных помещениях последние должны быть не ниже II степени огнестойкости.

1535. Силовое электрооборудование до 1 кВ и выше, относящееся к одной электротермической установке-агрегату (печные трансформаторы, статические преобразователи, реакторы, печные выключатели, разъединители, переключатели), а также вспомогательное оборудование систем охлаждения печных трансформаторов и преобразователей (насосы замкнутых систем водяного и масляно-водяного охлаждения, теплообменники, абсорберы, вентиляторы) допускается устанавливать в общей камере. Указанное электрооборудование должно иметь ограждение открытых токоведущих частей, а оперативное управление приводами коммутационных аппаратов должно быть вынесено за пределы камеры. Электрооборудование нескольких электротермических установок располагаются в общих электропомещениях, в электромашинных помещениях с соблюдением требований главы 19 настоящих Правил.

1536. Трансформаторы, преобразовательные устройства и агрегаты (двигатель-генераторные и статические-ионные и электронные, в том числе полупроводниковые устройства и ламповые генераторы) электротермических установок располагаются на минимальном расстоянии от присоединенных к ним электропечей или других электротермических устройств (аппаратов).

Минимальные расстояния в свету от наиболее выступающих частей печного трансформатора, расположенных на высоте до 1,9 метра от пола, до стенок трансформаторных камер при отсутствии в камерах другого оборудования принимаются:

1) до передней стенки камеры (со стороны печи или другого электротермического устройства) 0,4 метра для трансформаторов с габаритной мощностью менее 0,4 МВЧА, 0,6 метра от 0,4 до 12,5 МВЧА и 0,8 более 12,5 МВЧА;

2) до боковых и задней стенок камеры 0,8 м при габаритной мощности менее 0,4 МВЧА, 1,0 м от 0,4 до 12,5 МВЧА и 1,2 м более 12,5 МВЧА.

При совместной установке в общей камере печных трансформаторов и другого оборудования ширину проходов и расстояния между оборудованием, а также между оборудованием и стенками камеры принимаются на 10-20 % больше, чем указано в главах 16, 17 и 20 настоящих Правил.

1537. Электротермические установки должны быть снабжены блокировками, обеспечивающими безопасное обслуживание электрооборудования и механизмов этих установок, а также правильную последовательность оперативных переключений. Открывание дверей, расположенных вне электропомещений шкафов, а также дверей камер (помещений), имеющих доступные для прикосновения токоведущие части выше 1 кВ, должно быть возможно лишь после снятия напряжения с установки либо двери должны быть снабжены блокировкой, мгновенно действующей на снятие напряжения с установки.

1538. Электротермические установки должны быть оборудованы устройствами защиты в соответствии с главами 12 и 13 настоящих Правил. Требования к защите дуговых и руднотермических печей изложены в пункте 1556 настоящих Правил, индукционных электропечей - в пункте 1564 настоящих Правил.

1539. Электротермическое оборудование должно, иметь автоматические регуляторы мощности или режима работы (за исключением случаев, когда это нецелесообразно но технологическим или технико-экономическим причинам).

Для установок, в которых при регулировании мощности (или для защиты от перегрузки) необходимо учитывать значение переменного тока, трансформаторы тока устанавливаются на стороне низшего напряжения.

Допускается установка трансформаторов тока на стороне высшего напряжения. При этом, если печной трансформатор имеет переменный коэффициент трансформации, то используется согласующий измерительный орган.

1540. Измерительные приборы и аппараты защиты, а также аппараты управления электротермическими установками должны устанавливаться так, чтобы была исключена возможность их перегрева (от тепловых излучений).

Щиты и пульты (аппараты) управления электротермическими установками располагаются, в таких местах, в которых обеспечена возможность наблюдения за проводимыми на установках производственными операциями.

Направление движения рукоятки аппарата управления приводом наклона печей должно соответствовать направлению наклона.

Если электротермические установки имеют значительные габариты и обзор с пульта управления недостаточный, предусматриваются оптические, телевизионные или другие устройства для наблюдения за технологическим процессом.

В необходимых случаях должны устанавливаться аварийные кнопки для дистанционного отключения всей установки или отдельных ее частей.

1541. На щитах управления электротермическими установками должна предусматриваться сигнализация включенного и отключенного положений оперативных коммутационных аппаратов, в установках с единичной мощностью 0,4 МВт и более предусматривается также сигнализацию положений вводных коммутационных аппаратов.

1542. При выборе сечений токопроводов электротермических установок на токи более 1,5 кА промышленной частоты и на любые токи повышенной - средней и высокой частоты должна учитываться неравномерность распределения тока как по сечению шины (кабеля), так и между отдельными шинами (кабелями) пакета, обусловленная поверхностным эффектом и эффектом близости.

Конструкция этих токопроводов (в частности, вторичных токопроводов - «коротких сетей» электропечей) должна обеспечивать:

1) оптимальные реактивное и активное сопротивления;

2) рациональное распределение тока в проводниках;

3) симметрирование сопротивлений по фазам в соответствии с требованиями стандартов или технических условий на отдельные виды (типы) трехфазных электропечей или электротермических устройств;

4) ограничение потерь электроэнергии в металлических креплениях шин, конструкциях установок и строительных элементах зданий.

Вокруг одиночных шин и линий (в частности, при проходе их через железобетонные перегородки и перекрытия, а также при устройстве металлических опорных конструкций, защитных экранов) не должно быть замкнутых металлических контуров. Если этого избежать нельзя, применяются немагнитные и маломагнитные материалы и проверять расчетом потери в них и температуру их нагрева.

Для токопроводов переменного тока с частотой 2,4 кГц крепящие детали из магнитных материалов не применяются, а с частотой 4 кГц и более - не допускается, за исключением узлов присоединения шин к водоохлаждаемым элементам. Опорные конструкции и защитные экраны таких токопроводов (за исключением конструкции для коаксиальных токопроводов) должны изготовляться из немагнитных или маломагнитных материалов.

Температура шин и контактных соединений с учетом нагрева электрическим током и внешними тепловыми излучениями, не должна превышать 90°С, в реконструируемых установках для вторичных токоподводов допускается для шин медных температура 140°С, для алюминиевых 120°С, при этом, соединения шин выполняются сварными.

В необходимых случаях предусматривается принудительное воздушное или водяное охлаждение.

1543. В установках электропечей со спокойным режимом работы, в том числе руднотермических и ферросплавных, вакуумных дуговых и гарнисажных, индукционных, плазменных, сопротивления прямого и косвенного действия (в том числе электрошлакового переплава), электронно-лучевых и диэлектрического нагрева для жестких токопроводов вторичных токоподводов, применяются шины из алюминия или из алюминиевого сплава (прямоугольного или трубчатого сечения).

Для жестких токопроводов вторичных токоподводов установок электропечей с ударной нагрузкой, в частности, сталеплавильных и чугуноплавильных дуговых печей, применяются шины из алюминиевого сплава с повышенной механической и усталостной прочностью. Жесткий токопровод вторичного токоподвода в цепях переменного тока из многополюсных шин выполняется шихтованным с параллельными чередующимися цепями различных фаз или прямого и обратного направлений тока.

Для жестких однофазных токопроводов повышенной - средней частоты применяется шихтованные и коаксиальные шинопроводы.

В обоснованных случаях допускается изготовление жестких токопроводов - вторичных токоподводов из меди.

Гибкий токопровод к подвижным элементам электропечей выполняются гибкими медными кабелями или гибкими медными лентами.

Для гибких токопроводов на токи 6 кА и более промышленной частоты и на любые токи повышенной - средней и высокой частот применяются водоохлаждаемые гибкие кабели.

Материал шин (алюминий, его сплавы или медь) для ошиновок внутри шкафов и других комплектных устройств, предназначенных для электротермических установок, должен выбираться согласно соответствующим стандартам или техническим условиям.

1544. Допустимые длительные токи промышленной частоты токопроводов из шихтованного пакета прямоугольных шин приведены в таблице 160-163 приложения к

настоящим Правилам, однофазные токи повышенной - средней частоты токопроводов из двух прямоугольных шин - в таблице 164 и 165 приложения, токопроводов из двух концентрических труб - в таблицах 166 и 167 приложения, кабелей марки АСГ - в таблице 168 приложения.

Токи в таблицах приняты исходя из температуры окружающего воздуха 25°С, прямоугольных шин 70°С, внутренней трубы 75 °С, жил кабелей 80 °С.

Допускается плотность тока в водоохлаждаемых жестких и гибких токопроводах промышленной частоты: алюминиевых и из алюминиевых сплавов до 6 А/мм$^2$, медных до 8 А/мм$^2$. Оптимальная плотность тока в таких токопроводах, а также в аналогичных токопроводах повышенной - средней и высокой частот должна выбираться по минимуму приведенных затрат.

1545. Динамическая стойкость при токах КЗ жестких токопроводов электротермических установок на номинальный ток 10 кА и более должна быть рассчитана с учетом возможного увеличения электромагнитных сил в местах поворотов и пересечений шин. Расстояния между опорами такого токопровода должны быть проверены на возможность возникновения частичного или полного резонанса.

1546. Для токопроводов электротермических установок в качестве изолирующих опор шинных пакетов и прокладок между ними в электрических цепях постоянного тока и переменного тока промышленной, пониженной и повышенной - средней частот напряжением до 1 кВ применяются колодки или плиты (листы) из непропитанного асбестоцемента, напряжением выше 1 кВ и до 1,6 кВ - из текстолита, стеклотекстолита или термостойких пластмасс. В обоснованных случаях допускается применять эти изоляционные материалы и при напряжении до 1 кВ. При напряжении до 500 В допускается применение пропитанной (проваренной в олифе) древесины. Для электропечей с ударной резкопеременной нагрузкой опоры (сжимы, прокладки) должны быть вибростойкими (при частоте колебаний значений действующего тока 0,5-20 Гц).

В качестве металлических деталей сжима шинного пакета токопроводов на 1,5 кА и более переменного тока промышленной частоты и на любые токи повышенной - средней и высокой частот применяется гнутый профиль П-образного сечения из листовой немагнитной стали. Допускается также применение сварного профиля и силуминовых деталей (кроме сжимов для тяжелых многополосных пакетов).

Для сжима применяются болты и шпильки из немагнитных хромоникелевых, медноцинковых (латунь) и других сплавов.

Для токопроводов выше 1,6 кВ в качестве изолирующих опор должны применяться фарфоровые или стеклянные опорные изоляторы, причем при токах 1,5 кА и более промышленной частоты и при любых токах повышенной - средней и высокой частот арматура изоляторов, должна быть алюминиевой, применение изоляторов с чугунной головкой допускается при защите ее алюминиевыми экранами или при ее выполнении из маломагнитного чугуна.

Сопротивление просушенной изоляции между шинами разной полярности (разных фаз) шинных пакетов с прямоугольными или трубчатыми проводниками вторичных токоподводов электротермических установок, размещаемых в производственных помещениях, должно быть не менее приведенного в таблице 168 приложения к настоящим Правилам, если в стандартах или технических условиях на отдельные виды (типы) электропечей или электротермических устройств не указаны другие значения.

В качестве дополнительной меры по повышению надежности работы и обеспечению нормируемого значения сопротивления изоляции допускается шины вторичных токоподводов в местах сжимов дополнительно изолировать изоляционным лаком или лентой, а между компенсаторами разных фаз (разной полярности) закреплять изоляционные прокладки, стойкие к тепловому и механическому воздействиям.

1547. Расстояния в свету (электрический зазор) между шинами разной полярности (разных фаз) жесткого токопровода вторичного токоподвода переменного или

постоянного тока должны быть не менее указанных в таблице 168 приложения к настоящим Правилам.

1548. Мостовые, подвесные, консольные и другие подобные краны и тали, используемые в помещениях, где размещены установки электротермических устройств сопротивления прямого действия, а также дуговых печей комбинированного действия с перепуском самоспекающихся электродов без отключения установок, должны иметь изолирующие прокладки, исключающие возможность соединения с землей (через крюк или трос подъемно-транспортных механизмов) элементов установки, находящихся под напряжением.

1549. Канализация воды, охлаждающей оборудование, аппараты и другие элементы электротермических установок, должна быть выполнена с учетом возможности контроля за состоянием охлаждающей системы.

Устанавливаются следующие реле, давления, струйных и температуры (последних двух - на выходе воды из охлаждаемых ею элементов) с работой их на сигнал. В случае, когда прекращение протока или перегрев охлаждающей воды могут привести к аварийному повреждению, должно быть обеспечено автоматическое отключение установки.

Система водоохлаждения - разомкнутая (от сети водопровода или от сети оборотного водоснабжения предприятия) или замкнутая (двухконтурная с теплообменниками) индивидуальная или групповая - должна выбираться с учетом требований к качеству воды, указанных в стандартах или технических условиях на оборудование электротермической установки. При выборе системы исходятся из конкретных условий водоснабжения предприятия (цеха, здания) и наиболее экономически целесообразного варианта, определяемого по минимуму приведенных затрат.

Водоохлаждаемые элементы электротермических установок при разомкнутой системе охлаждения должны быть рассчитаны на максимальное давление воды 0,6 МПа (6 кгс/см$^2$) и минимальное 0,2 МПа (2 кгс/см$^2$) при качестве воды, отвечающем требованиям настоящих Правилам.

Предусматривается повторное использование охлаждающей воды на другие технологические нужды с устройством водосбора и перекачки.

В электротермических установках, для охлаждения элементов которых используется вода из сети оборотного водоснабжения, предусматриваются механические фильтры для снижения содержания в воде взвешенных частиц.

При выборе индивидуальной замкнутой системы водоохлаждения предусматривается схема вторичного контура циркуляции воды без резервного насоса, чтобы при выходе из строя работающего насоса на время, необходимое для аварийной остановки оборудования, использовалась вода из сети водопровода.

При применении групповой замкнутой системы водоохлаждения устанавливается одна или двух резервных насосов с автоматическим включением резерва.

1550. При охлаждении элементов электротермической установки, которые могут находиться под напряжением, водой по проточной или циркуляционной системе для предотвращения выноса по трубопроводам потенциала, опасного для обслуживающего персонала, должны быть предусмотрены изолирующие шланги (рукава). Если нет ограждения, то подающий и сливной концы шланга должны иметь заземленные металлические патрубки, исключающие прикосновение к ним персонала при включенной установке.

Длина изолирующих шлангов водяного охлаждения, соединяющих элементы различной полярности, должна быть не менее указанной в технической документации заводов - изготовителей оборудования, при отсутствии таких данных длина принимается равной, при:

1) номинальном напряжении до 1 кВ не менее 1,5 м;

2) внутреннем диаметре шлангов до 25 мм и 2,5 м;

3) диаметре от 25 и до 50 мм, при номинальном напряжении выше 1 кВ - 2,5 и 4 м соответственно.

Длина шлангов не нормируется, если между шлангом и сточной трубой имеется разрыв и струя воды свободно падает в воронку.

1551. Электротермические установки, оборудование которых требует оперативного обслуживания на высоте 2 м и более от отметки пола помещения, должны снабжаться рабочими площадками, огражденными перилами, с постоянными лестницами. Применение подвижных лестниц не допускается. В зоне, в которой возможно прикосновение персонала к находящимся под напряжением частям оборудования, площадки, ограждения и лестницы должны выполняться из несгораемых материалов, настил рабочей площадки должен иметь покрытие из не распространяющего горение диэлектрического материала.

1552. Насосно-аккумуляторные и маслонапорные установки систем гидропривода электротермического оборудования, содержащие 60 кг масла и более, должны располагаться в помещениях, в которых обеспечивается аварийное удаление масла.

1553. Применяемые в электротермических установках сосуды, работающие под давлением выше 70 кПа (0,7 кгс/см$^2$), устройства, использующие сжатые газы, а также компрессорные установки должны отвечать требованиям настоящих Правил.

1554. Газы из выхлопа вакуумных насосов предварительного разрежения, должны удаляться наружу, выпуск этих газов в производственные и другие подобные помещения не допускается.

## Параграф 2. Установки дуговых печей прямого, косвенного и комбинированного действия (руднотермические и ферросплавные)

1555. Печные трансформаторы дуговых сталеплавильных печей присоединяются к электрическим сетям общего назначения без выполнения специальных расчетов на колебания напряжения, если соблюдается следующее условие:

$$\sqrt{\sum_{i=1}^{n} S_{Ti}^2 / S_K} \le 0{,}01$$

где $S^{Ti}$ - номинальная мощность печного трансформатора, МВЧА, SK - мощность КЗ «в общей точке» (в месте присоединения установки дуговых печей к электрическим сетям общего назначения), МВЧА, n - число присоединяемых установок дуговых печей.

При невыполнении этого условия должно быть проверено расчетом, что вызываемые работой электропечей колебания напряжения в «общей точке» не превышают допустимых действующим стандартом значений.

Если требования стандарта не выдерживаются, присоединяются установки дуговых сталеплавильных печей к точке сети с большей мощностью КЗ или обеспечить выполнение мероприятий по снижению уровня колебаний напряжения, выбор варианта - согласно технико-экономическому обоснованию.

1556. На установках дуговых печей, где могут происходить эксплуатационные КЗ, должны приниматься меры по ограничению вызываемых ими толчков тока.

На установках дуговых сталеплавильных печей толчки тока эксплуатационных КЗ не должны превышать 3,5-кратного значения номинального тока.

При использовании для ограничения токов КЗ реакторов необходимо предусматривать возможность их шунтирования в процессе плавки, если не требуется их постоянная работа согласно принятой схеме.

1557. Для печных трансформаторов (печных трансформаторных агрегатов) установок дуговых печей должны быть предусмотрены следующие виды защиты:

1) максимальная токовая защита (от токов КЗ) мгновенного действия, отстроенная по току от эксплуатационных КЗ и бросков токов при включении установок для трансформаторов любой мощности;

2) защита от перегрузки трансформатора.

Для выполнения этой защиты должны применяться максимальные токовые реле, в установках дуговых сталеплавильных печей используются реле с ограниченно-зависимой характеристикой.

Характеристики и выдержки времени реле должны выбираться с учетом скорости действия автоматических регуляторов подъема электродов печи, чтобы эксплуатационные КЗ устранялись поднятием электродов и печной выключатель отключался только при неисправном регуляторе. Защита от перегрузки должна действовать с разными выдержками времени на сигнал и на отключение;

3) газовая защита печных трансформаторов. Она должна предусматриваться для всех установок печей с ударной нагрузкой независимо от их мощности, для установок печей со спокойной нагрузкой - при наличии на печном трансформаторе переключателя ступеней напряжения под нагрузкой, для остальных установок - согласно пункта 649 настоящих Правил;

4) защита от однофазных замыканий на землю, если это требуется по условиям работы сети с большими токами замыкания на землю;

5) температурные указатели с действием на сигнал по достижении максимально допустимой температуры и на отключение при ее превышении;

6) указатели циркуляции масла и воды в системе охлаждения печного трансформатора с действием на сигнал в случае масловодяного охлаждения печного трансформатора с принудительной циркуляцией масла и воды.

1558. Установки дуговых печей должны быть снабжены измерительными приборами для контроля активной и реактивной потребляемой электроэнергии, а также приборами для контроля за технологическим процессом.

Амперметры должны иметь соответствующие перегрузочные шкалы.

На установках дуговых руднотермических печей с однофазными печными трансформаторами должны устанавливаться приборы для измерения фазных токов трансформатора, а также приборы для измерения и регистрации токов на электродах. На установках дуговых сталеплавильных печей устанавливаются приборы, регистрирующие 30-минутный максимум нагрузки.

1559. При расположении дуговых печей на рабочих площадках выше уровня пола цеха место под площадками может быть использовано для размещения другого оборудования печных установок (в том числе печных подстанций).

1560. Для исключения возможности замыканий при перепуске электродов руднотермических и ферросплавных печей помимо изоляционного покрытия на рабочей (перепускной) площадке предусматривается установка между электродами постоянных разделительных изолирующих щитов.

## Параграф 3. Установки индукционные и диэлектрического нагрева

1561. Оборудование установок индукционных и диэлектрического нагрева с трансформаторами, двигатель-генераторными, тиристорными и ионными преобразователями или ламповыми генераторами и конденсаторами может устанавливаться в отдельных помещениях и непосредственно в цехе в технологическом потоке производства категорий Г и Д.

1562. Для улучшения использования трансформаторов и преобразователей в контурах индукторов должны устанавливаться конденсаторные батареи. Для облегчения настройки

в резонанс конденсаторные батареи в установках со стабилизируемой частотой разделяются на две части - постоянно включенную и регулируемую.

1563. Взаимное расположение элементов установок должно обеспечивать наименьшую длину токопроводов резонансных контуров в целях уменьшения активного и индуктивного сопротивлений.

1564. Применение кабелей со стальной броней и прокладка проводов в стальных трубах для цепей с повышенной - средней частотой до 10 кГц допускаются только при обязательном использовании жил одного кабеля или проводов в одной трубе для прямого и обратного направлений тока. Применение кабелей со стальной броней (за исключением специальных кабелей) и прокладка проводов в стальных трубах для цепей с частотой более 10 кГц не допускаются.

Кабели со стальной броней и провода в стальных трубах, применяемые в электрических цепях промышленной, повышенной - средней или пониженной частоты, должны прокладываться так, чтобы броня и трубы не нагревались от внешнего электромагнитного поля.

1565. Для защиты установок от повреждений при «проедании» тигля индукционных печей и при нарушении изоляции сетей повышенной - средней и высокой частот относительно корпуса (земли) используется устройство электрической защиты с действием на сигнал или отключение.

1566. Двигатель-генераторы установок частоты 8 кГц и более должны снабжаться ограничителями холостого хода, отключающими возбуждение генератора во время длительных пауз между рабочими циклами, когда останов двигатель-генераторов нецелесообразен.

Для улучшения загрузки по времени генераторов повышенной - средней и высокой частот применяется режим «ожидания» там, где это допускается по условиям технологии.

1567. Установки индукционные и диэлектрического нагрева высокой частоты должны иметь экранирующие устройства для снижения уровня напряженности электромагнитного поля на рабочих местах до значений.

1568. В сушильных камерах диэлектрического нагрева (высокочастотных сушильных установок) с применением вертикальных сетчатых электродов сетки с обеих сторон проходов должны быть заземлены.

1569. Двери блоков установок индукционных и диэлектрического нагрева высокой частоты должны быть снабжены блокировкой, при которой открывание двери возможно лишь при отключении напряжения всех силовых цепей.

1570. Ширина рабочих мест у щитов управления должна быть не менее 1,2 м, а у нагревательных устройств плавильных печей, нагревательных индукторов (при индукционном нагреве) и рабочих конденсаторов (при диэлектрическом нагреве) - не менее 0,8 м.

1571. Двигатель-генераторные преобразователи частоты, производящие шум выше 80 дБ, должны быть установлены в электромашинных помещениях, которые обеспечивают снижение шума до допускаемых уровней.

Для уменьшения вибрации двигатель-генераторов применяется виброгасящие устройства, обеспечивающие выполнение требования санитарных норм к уровню вибрации.

## Параграф 4. Установка электропечей (электротермических устройств) сопротивления прямого и косвенного действия

1572. Печные понижающие и регулировочные сухие трансформаторы (автотрансформаторы), а также трансформаторы с негорючей жидкостью и панели управления (если на них нет приборов, чувствительных к электромагнитным полям)

допускается устанавливать непосредственно на конструкциях самих электропечей (электротермических устройств) сопротивления или в непосредственной близости от них.

Установки электротермических устройств сопротивления прямого действия присоединяются к электрической сети через понижающие трансформаторы, автотрансформаторы могут использоваться в них только в качестве регулировочных, применение их в качестве понижающих автотрансформаторов не допускается.

1573. Ширина проходов вокруг электропечей (электротермических устройств) и расстояния между ними, а также от них до щитов и шкафов управления выбираются в зависимости от технологических особенностей установок и в соответствии с требованиями главы 15 настоящих Правил.

Допускается устанавливать две электропечи рядом без прохода между ними, если по условиям эксплуатации в нем нет необходимости.

1574. Электрические аппараты силовых цепей и пирометрические приборы устанавливается на раздельных щитах. На приборы не должны воздействовать вибрации и удары при работе коммутационных аппаратов.

При установке электропечей в производственных помещениях, где имеют место вибрации или толчки, пирометрические и другие измерительные приборы должны монтироваться на специальных амортизаторах или панели щитов с такими приборами должны устанавливаться в отдельных щитовых помещениях (помещениях КИПиА).

В случаях, если производственные помещения являются пыльными, влажными или сырыми устанавливаются панели щитов КИПиА в отдельных помещениях.

Не допускается установка панелей щитов с пирометрическими приборами (в частности, с электронными потенциометрами) в местах, где они могут подвергаться резким изменениям температуры.

1575. Совместная прокладка в одной трубе проводов пирометрических цепей и проводов контрольных или силовых цепей, а также объединение указанных цепей в одном контрольном кабеле не допускаются.

1576. Провода пирометрических цепей присоединяется к приборам непосредственно, не заводя их на сборки зажимов щитов управления.

Компенсационные провода пирометрических цепей от термопар к электрическим приборам (в том числе к милливольтметрам) должны быть экранированы от индукционных наводок и заземлены, а экранирующее устройство по всей длине надежно соединено в стыках.

1577. Оконцевание проводов и кабелей, присоединяемых непосредственно к нагревателям электропечей, выполняется опрессовкой наконечников, зажимными контактными соединениями, сваркой или пайкой твердым припоем.

1578. В установках электропечей сопротивления мощностью 100 кВт и более устанавливается амперметры по одному на каждую зону нагрева. Для электропечей с керамическими нагревателями устанавливаются амперметры на каждую фазу.

1579. Для установок электропечей сопротивления мощностью 100 кВт и более предусматривается установка счетчиков активной энергии (по одному на электропечь).

1580. В установках электропечей сопротивления косвенного действия с ручной загрузкой электропечей, если их конструкция не исключает возможности случайного прикосновения обслуживающего персонала к нагревателям, находящимся под напряжением выше 42 В, применяется блокировка, при которой открывание загрузочных окон возможно лишь при отключенной электропечи.

1581. В установках прямого нагрева, работающих при напряжении выше 42 В переменного тока или выше 110 В постоянного тока, рабочая площадка, на которой находятся оборудование установки и обслуживающий персонал, должна быть изолирована от земли. Для установок непрерывного действия, где под напряжением находятся сматывающие и наматывающие устройства, по границам изолированной от земли рабочей площадки должны быть поставлены защитные сетки или стенки,

исключающие возможность выброса разматываемой ленты или проволоки за пределы площадки. Кроме того, такие установки должны снабжаться устройством контроля изоляции с действием на сигнал.

1582. При применении в установках прямого нагрева жидкостных контактов, выделяющих токсичные или резкопахнущие пары или возгоны, должны быть обеспече ны герметичность контактных узлов и надежное улавливание паров и возгонов.

1583. Ток утечки в установках прямого нагрева должен составлять не более 0,2 % номинального тока установки.

## Параграф 5. Электронно-лучевые установки

1584. Преобразовательные агрегаты электронно-лучевых установок, присоединяемые к электрической сети до 1 кВ, должны иметь защиту от пробоев изоляции цепей низшего напряжения и электрической сети, вызванных наведенными зарядами в первичных обмотках повысительных трансформаторов, а также защиту от КЗ во вторичной обмотке.

1585. Электронно-лучевые установки должны иметь защиту от рентгеновского излучения, обеспечивающую полную радиационную безопасность, при которой уровень излучения на рабочих местах не должен превышать значений, допускаемых действующими нормативными документами для лиц, не работающих с источниками ионизирующих излучений.

Для защиты от коммутационных перенапряжений преобразовательные агрегаты должны оборудоваться разрядниками, устанавливаемыми на стороне высшего напряжения.

Приложение
к Правилам устройства электроустановок

### Допустимая кратковременная перегрузка для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией

Таблица 1

| Коэффициент предварительной нагрузки | Вид прокладки | Допустимая перегрузка по отношению к номинальной в течение, ч. | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 0,5 | 1,0 | 3,0 |
| 0,6 | В земле | 1,35 | 1,30 | 1,15 |
| | В воздухе | 1,25 | 1,15 | 1,10 |
| | В трубах (в земле) | 1,20 | 1,10 | 1,0 |
| 0,8 | В земле | 1,20 | 1,15 | 1,10 |
| | В воздухе | 1,15 | 1,10 | 1,05 |
| | В трубах (в земле) | 1,10 | 1,05 | 1,00 |

### Допустимая на период ликвидации послеаварийного режима перегрузка для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией

Таблица 2

| Коэффициент предварительной нагрузки | Вид прокладки | Допустимая перегрузка по отношению к номинальной при длительности максимума, ч | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 3 | 6 |
| 0,6 | В земле | 1,5 | 1,35 | 1,25 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | В воздухе | 1,35 | 1,25 | 1,25 |
| | В трубах (в земле) | 1,30 | 1,20 | 1,15 |
| 0,8 | В земле | 1,35 | 1,25 | 1,20 |
| | В воздухе | 1,30 | 1,25 | 1,25 |
| | В трубах (в земле) | 1,20 | 1,15 | 1,10 |

**Поправочные коэффициенты на токи для кабелей, неизолированных и изолированных проводов и шин в зависимости от температуры земли и воздуха**

Таблица 3

| Условная температура среды, °С | Нормированная температура жил, °С | Поправочные коэффициенты на токи при расчетной температуре среды, °С | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | - 5 и ниже | 0 | + 5 | + 10 | + 15 | + 20 | + 25 | + 30 | + 35 | + 40 | + 45 | + 50 |
| 15 | 80 | 1,14 | 1,11 | 1,08 | 1,04 | 1,00 | 0,96 | 0,92 | 0,88 | 0,83 | 0,78 | 0,73 | 0,68 |
| 25 | 80 | 1,24 | 1,20 | 1,17 | 1,13 | 1,09 | 1,04 | 1,00 | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,74 |
| 25 | 70 | 1,29 | 1,24 | 1,20 | 1,15 | 1,11 | 1,05 | 1,00 | 0,94 | 0,88 | 0,81 | 0,74 | 0,67 |
| 15 | 65 | 1,18 | 1,14 | 1,10 | 1,05 | 1,00 | 0,95 | 0,89 | 0,84 | 0,77 | 0,71 | 0,63 | 0,55 |
| 25 | 65 | 1,32 | 1,27 | 1,22 | 1,17 | 1,12 | 1,06 | 1,00 | 0,94 | 0,87 | 0,79 | 0,71 | 0,61 |
| 15 | 60 | 1,20 | 1,15 | 1,12 | 1,06 | 1,00 | 0,94 | 0,88 | 0,82 | 0,75 | 0,67 | 0,57 | 0,47 |
| 25 | 60 | 1,36 | 1,31 | 1,25 | 1,20 | 1,13 | 1,07 | 1,00 | 0,93 | 0,85 | 0,76 | 0,66 | 0,54 |
| 15 | 55 | 1,22 | 1,17 | 1,12 | 1,07 | 1,00 | 0,93 | 0,86 | 0,79 | 0,71 | 0,61 | 0,50 | 0,36 |
| 25 | 55 | 1,41 | 1,35 | 1,29 | 1,23 | 1,15 | 1,08 | 1,00 | 0,91 | 0,82 | 0,71 | 0,58 | 0,41 |
| 15 | 50 | 1,25 | 1,20 | 1,14 | 1,07 | 1,00 | 0,93 | 0,84 | 0,76 | 0,66 | 0,54 | 0,37 | - |
| 25 | 50 | 1,48 | 1,41 | 1,34 | 1,26 | 1,18 | 1,09 | 1,00 | 0,89 | 0,78 | 0,63 | 0,45 | - |

**Допустимый длительный ток для проводов и шнуров с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами**

Таблица 4

| Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток, А, для проводов, проложенных | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | открыто | в одной трубе | | | | |
| | | двух одножильных | трех одножильных | четырех одножильных | одного двухжильного | одного трехжильного |
| 0,5 | 11 | - | - | - | - | - |
| 0,75 | 15 | - | - | - | - | - |
| 1 | 17 | 16 | 15 | 14 | 15 | 14 |
| 1,2 | 20 | 18 | 16 | 15 | 16 | 14,5 |
| 1,5 | 23 | 19 | 17 | 16 | 18 | 15 |
| 2 | 26 | 24 | 22 | 20 | 23 | 19 |
| 2,5 | 30 | 27 | 25 | 25 | 25 | 21 |
| 3 | 34 | 32 | 28 | 26 | 28 | 24 |
| 4 | 41 | 38 | 35 | 30 | 32 | 27 |
| 5 | 46 | 42 | 39 | 34 | 37 | 31 |
| 6 | 50 | 46 | 42 | 40 | 40 | 34 |
| 8 | 62 | 54 | 51 | 46 | 48 | 43 |
| 10 | 80 | 770 | 60 | 50 | 55 | 50 |
| 16 | 100 | 85 | 80 | 75 | 80 | 70 |
| 25 | 140 | 115 | 100 | 90 | 100 | 85 |
| 35 | 170 | 135 | 125 | 115 | 125 | 100 |
| 50 | 215 | 185 | 170 | 150 | 160 | 135 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 70 | 270 | 225 | 210 | 185 | 195 | 1775 |
| 95 | 330 | 275 | 255 | 225 | 245 | 215 |
| 120 | 385 | 315 | 290 | 260 | 295 | 250 |
| 150 | 440 | 360 | 330 | - | - | - |
| 185 | 510 | - | - | - | - | - |
| 240 | 605 | - | - | - | - | - |
| 300 | 695 | - | - | - | - | - |
| 400 | 830 | - | - | - | - | - |

**Допустимый длительный ток для проводов с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами**

Таблица 5

| Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток, А, для проводов, проложенных | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | открыто | в одной трубе | | | | |
| | | двух одножильных | трех одножильных | четырех одножильных | одного двух жильного | одного трехжильного |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2 | 21 | 19 | 18 | 15 | 17 | 14 |
| 2,5 | 24 | 20 | 19 | 19 | 19 | 16 |
| 3 | 27 | 24 | 22 | 21 | 22 | 18 |
| 4 | 32 | 28 | 28 | 23 | 25 | 21 |
| 5 | 36 | 32 | 30 | 27 | 28 | 24 |
| 6 | 39 | 36 | 32 | 30 | 31 | 26 |
| 8 | 46 | 43 | 40 | 37 | 38 | 32 |
| 10 | 60 | 50 | 47 | 39 | 42 | 38 |
| 16 | 75 | 60 | 60 | 55 | 60 | 55 |
| 25 | 105 | 85 | 80 | 70 | 75 | 65 |
| 35 | 130 | 100 | 95 | 85 | 95 | 75 |
| 50 | 165 | 140 | 130 | 120 | 125 | 105 |
| 70 | 210 | 175 | 165 | 140 | 150 | 135 |
| 95 | 255 | 215 | 200 | 175 | 190 | 165 |
| 120 | 295 | 245 | 220 | 200 | 230 | 190 |
| 150 | 340 | 275 | 255 | - | - | - |
| 185 | 390 | - | - | - | - | - |
| 240 | 465 | - | - | - | - | - |
| 300 | 535 | - | - | - | - | - |
| 400 | 645 | - | - | - | - | - |

**Допустимый длительный ток для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках и кабелей с медными жилами с резиновой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной, найритовой или резиновой оболочке, бронированных и небронированных**

Таблица 6

| Сечение токопро-водящей жилы, мм$^2$ | Ток *, А, для проводов и кабелей | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | одно-жильных | двухжильных | | трехжильных | |
| | при прокладке | | | | |
| | в воздухе | в воздухе | в земле | в воздухе | в земле |
| 1,5 | 23 | 19 | 33 | 19 | 27 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2,5 | 30 | 27 | 44 | 25 | 38 |
| 4 | 41 | 38 | 55 | 35 | 49 |
| 6 | 50 | 50 | 70 | 42 | 60 |
| 10 | 80 | 70 | 105 | 55 | 90 |
| 16 | 100 | 90 | 135 | 75 | 115 |
| 25 | 140 | 115 | 175 | 95 | 150 |
| 35 | 170 | 140 | 210 | 120 | 180 |
| 50 | 215 | 175 | 265 | 145 | 225 |
| 70 | 270 | 215 | 320 | 180 | 275 |
| 95 | 325 | 216 | 385 | 220 | 330 |
| 120 | 385 | 300 | 445 | 2260 | 385 |
| 150 | 440 | 350 | 505 | 305 | 435 |
| 185 | 510 | 405 | 570 | 350 | 500 |
| 240 | 605 | - | - | - | - |

* Токи относятся к проводам и кабелям как с нулевой жилой, так и без нее.

**Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных и небронированных**

Таблица 7

| Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток *, А, для кабелей | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Одножильных | двухжильных | | трехжильных | |
| | при прокладке | | | | |
| | в воздухе | в воздухе | в земле | в воздухе | в земле |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2,5 | 23 | 21 | 34 | 19 | 29 |
| 4 | 31 | 29 | 42 | 27 | 38 |
| 6 | 38 | 38 | 55 | 32 | 46 |
| 10 | 60 | 55 | 80 | 42 | 70 |
| 16 | 75 | 70 | 105 | 60 | 90 |
| 25 | 105 | 90 | 135 | 75 | 115 |
| 35 | 130 | 105 | 160 | 90 | 140 |
| 50 | 165 | 135 | 2205 | 110 | 175 |
| 70 | 210 | 165 | 245 | 140 | 2210 |
| 95 | 250 | 200 | 295 | 170 | 255 |
| 120 | 295 | 230 | 340 | 200 | 295 |
| 150 | 340 | 270 | 390 | 235 | 335 |
| 185 | 390 | 310 | 440 | 270 | 385 |
| 240 | 465 | - | - | - | - |

* Токи относятся к проводам и кабелям как с нулевой жилой, так и без нее.

Примечание. Допустимые длительные токи для четырехжильных кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 1 кВ могут выбираться по таблице 7, как для трехжильных кабелей, но с коэффициентом 0,92.

**Допустимый длительный ток для переносных шланговых легких и средних шнуров, переносных шланговых тяжелых кабелей, шахтных гибких шланговых, прожекторных кабелей и переносных проводов с медными жилами**

Таблица 8

| Сечение | Ток *, А, для шнуров, проводов и кабелей |
|---|---|

| токопроводящей жилы, мм$^2$ | Одножильных | Двухжильных | трехжильных |
|---|---|---|---|
| 0,5 | - | 12 | - |
| 0,75 | - | 16 | 14 |
| 1,0 | - | 18 | 16 |
| 1,5 | - | 23 | 20 |
| 2,5 | 40 | 33 | 28 |
| 4 | 50 | 43 | 36 |
| 6 | 65 | 55 | 45 |
| 10 | 90 | 75 | 60 |
| 16 | 120 | 95 | 80 |
| 25 | 160 | 125 | 105 |
| 35 | 190 | 150 | 130 |
| 50 | 235 | 185 | 160 |
| 70 | 290 | 235 | 200 |

* Токи относятся к шнурам, проводам и кабелям с нулевой жилой и без нее.

**Допустимый длительный ток для переносных шланговых с медными жилами с резиновой изоляцией кабелей для торфопредприятий**

Таблица 9

| Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток *, А, для кабелей напряжением, кВ | | |
|---|---|---|---|
| | 0,5 | 3 | 6 |
| 6 | 44 | 45 | 47 |
| 10 | 60 | 60 | 65 |
| 16 | 80 | 80 | 85 |
| 25 | 100 | 105 | 105 |
| 35 | 125 | 125 | 130 |
| 50 | 155 | 155 | 160 |
| 70 | 190 | 195 | - |

* Токи относятся к кабелям с нулевой жилой и без нее.

**Допустимый длительный ток для шланговых с медными жилами с резиновой изоляцией кабелей для передвижных электроприемников**

Таблица 10

| Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток *, А, для кабелей напряжением, кВ | | Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток *, А, для кабелей напряжением, кВ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | 6 | | 3 | 6 |
| 16 | 85 | 90 | 70 | 215 | 220 |
| 25 | 115 | 1220 | 95 | 260 | 265 |
| 35 | 140 | 145 | 120 | 305 | 310 |
| 50 | 175 | 180 | 150 | 345 | 350 |

* Токи относятся к кабелям с нулевой жилой и без нее.

**Допустимый длительный ток для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией для электрифицированного транспорта 1,3 и 4 кВ**

Таблица 11

| Сечение | Ток, А | Сечение | Ток, А | Сечение | Ток, А |
|---|---|---|---|---|---|

| токопроводящей жилы, мм$^2$ | | токопроводящей жилы, мм$^2$ | | токопроводящей жилы, мм$^2$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20 | 16 | 115 | 120 | 390 |
| 1,5 | 25 | 25 | 150 | 150 | 445 |
| 2,5 | 40 | 35 | 185 | 185 | 505 |
| 4 | 50 | 50 | 230 | 240 | 590 |
| 6 | 65 | 70 | 285 | 300 | 670 |
| 10 | 90 | 95 | 340 | 350 | 745 |

**Снижающий коэффициент для проводов и кабелей, прокладываемых в коробах**

Таблица 12

| Способ Прокладки | Количество проложенных проводов и кабелей | | Снижающий коэффициент для проводов и кабелей, питающих | |
|---|---|---|---|---|
| | одножильных | много-жильных | отдельные электро-приемники с коэффициентом использования до 0,7 | группы электроприемников и отдельные приемники с коэффициентом использования более 0,7 |
| Многослойно и пучками | -<br>2<br>3 - 9<br>10 - 11<br>12 - 14<br>15 - 18 | до 4<br>5 - 6<br>7 - 9<br>10 - 11<br>12 - 14<br>15 - 18 | 1,0<br>0,85<br>0,75<br>0,7<br>0,65<br>0,6 | -<br>-<br>-<br>-<br>-<br>- |
| Однослойно | 2 - 4<br>5 | 2 - 4<br>5 | -<br>- | 0,67<br>0,6 |

При выборе снижающих коэффициентов контрольные и резервные провода и кабели не учитываются.

**Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в земле**

Таблица 13

| Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток, А, для кабелей | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | одно-жильных до 1 кВ | двух-жильных до 1 кВ | трехжильных напряжением, кВ | | | четырех-жильных до 1 кВ |
| | | | до 3 | 6 | 10 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 6 | - | 80 | 70 | - | - | - |
| 10 | 140 | 105 | 95 | 80 | - | 85 |
| 16 | 175 | 140 | 120 | 105 | 95 | 115 |
| 25 | 235 | 185 | 160 | 135 | 120 | 150 |
| 35 | 285 | 225 | 190 | 160 | 150 | 175 |
| 50 | 360 | 270 | 235 | 200 | 180 | 215 |
| 770 | 440 | 325 | 285 | 245 | 215 | 265 |
| 95 | 520 | 380 | 340 | 295 | 265 | 310 |
| 120 | 595 | 435 | 390 | 340 | 310 | 350 |
| 150 | 675 | 500 | 435 | 390 | 355 | 395 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 185 | 755 | - | 490 | 440 | 400 | 450 |
| 240 | 880 | - | 570 | 510 | 460 | - |
| 300 | 1000 | - | - | - | - | - |
| 400 | 1220 | - | - | - | - | - |
| 500 | 1400 | - | - | - | - | - |
| 625 | 1520 | - | - | - | - | - |
| 800 | 1700 | - | - | - | - | - |

**Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воде**

Таблица 14

| Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток, А, для кабелей | | | |
|---|---|---|---|---|
| | трехжильных напряжением, кВ | | | четырехжильных до 1 кВ |
| | до 3 | 6 | 10 | |
| 16 | - | 135 | 120 | - |
| 25 | 210 | 170 | 150 | 195 |
| 35 | 250 | 205 | 180 | 230 |
| 50 | 305 | 255 | 220 | 285 |
| 70 | 375 | 310 | 275 | 350 |
| 95 | 440 | 375 | 340 | 410 |
| 120 | 505 | 430 | 395 | 470 |
| 150 | 565 | 500 | 450 | - |
| 185 | 615 | 545 | 510 | - |
| 240 | 715 | 625 | 585 | - |

**Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воздухе**

Таблица 15

| Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток, А, для кабелей | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | одножильных до 1 кВ | двухжильных до 1 кВ | трехжильных напряжением, кВ | | | четырехжильных до 1 кВ |
| | | | до 3 | 6 | 10 | |
| 6 | - | 55 | 45 | - | - | - |
| 10 | 95 | 75 | 60 | 55 | - | 60 |
| 16 | 120 | 95 | 80 | 65 | 60 | 80 |
| 25 | 160 | 130 | 105 | 90 | 85 | 100 |
| 35 | 200 | 150 | 125 | 110 | 105 | 120 |
| 50 | 245 | 185 | 155 | 145 | 135 | 145 |
| 70 | 305 | 225 | 200 | 175 | 165 | 185 |
| 95 | 360 | 275 | 245 | 215 | 200 | 215 |
| 120 | 415 | 320 | 285 | 250 | 240 | 260 |
| 150 | 470 | 375 | 330 | 290 | 270 | 300 |
| 185 | 525 | - | 375 | 325 | 305 | 340 |
| 240 | 610 | - | 430 | 375 | 350 | - |
| 300 | 720 | - | - | - | - | - |
| 400 | 880 | - | - | - | - | - |
| 500 | 1020 | - | - | - | - | - |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 625 | 1180 | - | - | - | - | - |
| 800 | 1400 | - | - | - | - | - |

**Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке,прокладываемых в земле**

Таблица 16

| Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток, А, для кабелей | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | одножильных до 1 кВ | двухжильных до 1 кВ | трехжильных напряжением, кВ | | | четырехжильных до 1 кВ |
| | | | до 3 | 6 | 10 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 6 | - | 60 | 55 | - | - | - |
| 10 | 110 | 80 | 75 | 60 | - | 65 |
| 16 | 135 | 110 | 90 | 80 | 75 | 90 |
| 25 | 180 | 140 | 125 | 105 | 90 | 115 |
| 35 | 220 | 175 | 145 | 125 | 115 | 135 |
| 50 | 275 | 210 | 180 | 155 | 140 | 165 |
| 70 | 340 | 250 | 220 | 190 | 165 | 200 |
| 95 | 400 | 290 | 260 | 225 | 205 | 240 |
| 120 | 460 | 335 | 300 | 260 | 240 | 270 |
| 150 | 520 | 385 | 335 | 300 | 275 | 305 |
| 185 | 580 | - | 380 | 340 | 310 | 345 |
| 240 | 675 | - | 440 | 390 | 355 | - |
| 300 | 770 | - | - | - | - | - |
| 400 | 940 | - | - | - | - | - |
| 500 | 1080 | - | - | - | - | - |
| 625 | 1170 | - | - | - | - | - |
| 800 | 1310 | - | - | - | - | - |

**Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воде**

Таблица 17

| Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток, А, для кабелей | | | |
|---|---|---|---|---|
| | трехжильных напряжением, кВ | | | четырехжильных до 1 кВ |
| | до 3 | 6 | 10 | |
| 16 | - | 105 | 90 | - |
| 225 | 160 | 130 | 115 | 150 |
| 35 | 190 | 160 | 140 | 175 |
| 50 | 235 | 195 | 170 | 220 |
| 70 | 290 | 240 | 210 | 2770 |
| 95 | 340 | 290 | 260 | 315 |
| 120 | 390 | 330 | 305 | 360 |
| 150 | 435 | 385 | 345 | - |
| 185 | 475 | 420 | 390 | - |
| 240 | 550 | 480 | 450 | - |

**Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке,прокладываемых в воздухе**

Таблица 18

| Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток, А, для кабелей | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | одножильных до 1 кВ | двухжильных до 1 кВ | трехжильных напряжением, кВ | | | четырехжильных до 1 кВ |
| | | | до 3 | 6 | 10 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 6 | - | 42 | 35 | - | - | - |
| 10 | 75 | 55 | 46 | 42 | - | 45 |
| 16 | 90 | 75 | 60 | 50 | 46 | 60 |
| 25 | 125 | 100 | 80 | 70 | 65 | 75 |
| 35 | 155 | 115 | 95 | 85 | 80 | 95 |
| 50 | 190 | 140 | 120 | 110 | 105 | 110 |
| 70 | 235 | 175 | 155 | 135 | 130 | 140 |
| 95 | 275 | 210 | 190 | 165 | 155 | 165 |
| 120 | 320 | 245 | 220 | 190 | 185 | 200 |
| 150 | 360 | 290 | 255 | 225 | 210 | 230 |
| 185 | 405 | - | 290 | 250 | 235 | 260 |
| 240 | 470 | - | 330 | 290 | 270 | - |
| 300 | 555 | - | - | - | - | - |
| 400 | 675 | - | - | - | - | - |
| 500 | 785 | - | - | - | - | - |
| 625 | 910 | - | - | - | - | - |
| 800 | 1080 | - | - | - | - | - |

**Допустимый длительный ток для трехжильных кабелей напряжением 6 кВ с медными жилами с обедненнопропитанной изоляцией в общей свинцовой оболочке, прокладываемых в земле и воздухе**

Таблица 19

| Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток, А, для кабелей проложенных | | Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток, А, для кабелей проложенных | |
|---|---|---|---|---|---|
| | в земле | в воздухе | | в земле | в воздухе |
| 16 | 90 | 65 | 70 | 220 | 170 |
| 25 | 120 | 90 | 95 | 265 | 210 |
| 35 | 145 | 110 | 120 | 310 | 245 |
| 50 | 180 | 140 | 150 | 355 | 290 |

**Допустимый длительный ток для трехжильных кабелей напряжением 6 кВ с алюминиевыми жилами с обедненнопропитанной изоляцией в общей свинцовой оболочке, прокладываемых в земле и воздухе**

Таблица 20

| Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток, А, для кабелей проложенных | | Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток, А, для кабелей проложенных | |
|---|---|---|---|---|---|
| | в земле | в воздухе | | в земле | в воздухе |
| 16 | 770 | 50 | 70 | 170 | 130 |
| 25 | 90 | 70 | 95 | 205 | 160 |
| 35 | 110 | 85 | 120 | 240 | 190 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 50 | 140 | 110 | 150 | 275 | 225 |

**Допустимый длительный ток для кабелей с отдельно освинцованными медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией, прокладываемых в земле, воде, воздухе**

Таблица 21

| Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток, А, для трехжильных кабелей напряжением, кВ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20 | | | 35 | | |
| | при прокладке | | | | | |
| | в земле | в воде | в воздухе | в земле | в воде | в воздухе |
| 25 | 110 | 120 | 85 | - | - | - |
| 35 | 135 | 145 | 100 | - | - | - |
| 50 | 165 | 180 | 120 | - | - | - |
| 70 | 200 | 225 | 150 | - | - | - |
| 95 | 240 | 275 | 180 | - | - | - |
| 120 | 275 | 315 | 205 | 270 | 290 | 205 |
| 150 | 315 | 350 | 230 | 310 | - | 230 |
| 185 | 355 | 390 | 265 | - | - | - |

**Допустимый длительный ток для кабелей с отдельно освинцованными алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией, прокладываемых в земле, воде, воздухе**

Таблица 22

| Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток, А, для трехжильных кабелей напряжением, кВ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20 | | | 35 | | |
| | при прокладке | | | | | |
| | в земле | в воде | в воздухе | в земле | в воде | в воздухе |
| 25 | 85 | 90 | 65 | - | - | - |
| 35 | 105 | 110 | 75 | - | - | - |
| 50 | 125 | 140 | 90 | - | - | - |
| 70 | 155 | 175 | 115 | - | - | - |
| 95 | 185 | 210 | 140 | - | - | - |
| 120 | 210 | 245 | 160 | 210 | 225 | 160 |
| 150 | 240 | 270 | 175 | 240 | - | 175 |
| 185 | 275 | 300 | 205 | - | - | - |

**Поправочный коэффициент на допустимый длительный ток для кабелей, проложенных в земле, в зависимости от удельного сопротивления земли**

Таблица 23

| Характеристика земли | Удельное сопротивление см К/Вт | Поправочный коэффициент |
|---|---|---|
| Песок влажностью более 9 %, песчано-глинистая почва влажностью более 1 % | 80<br>120 | 1,05<br>1,00 |
| Нормальные почва и песок влажностью 7 - 9 %, песчано-глинистая почва влажностью 12 - 14 % | 200<br>300 | 0,87<br>0,75 |
| Песок влажностью более 4 и менее 7 %, песчано-глинистая почва влажностью 8 - 12 % | | |

| | | |
|---|---|---|
| Песок влажностью до 4 %, каменистая почва | | |

**Допустимый длительный ток для одножильных кабелей с медной жилой с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке небронированных, прокладываемых в воздухе**

Таблица 24

| Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток *, А, для кабелей напряжением, кВ | | |
|---|---|---|---|
| | до 3 | 20 | 35 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10 | 85/- | - | - |
| 16 | 120/- | - | - |
| 25 | 145/- | 105/110 | - |
| 35 | 170/- | 125/135 | - |
| 50 | 215/- | 155/165 | - |
| 70 | 260/- | 185/205 | - |
| 95 | 305/- | 220/255 | - |
| 120 | 330/- | 245/290 | 240/265 |
| 150 | 360/- | 270/330 | 265/300 |
| 185 | 385/- | 290/360 | 285/335 |
| 240 | 435/- | 320/395 | 315/380 |
| 300 | 460/- | 350/425 | 340/420 |
| 400 | 485/- | 370/450 | - |
| 500 | 505/- | - | - |
| 625 | 525/- | - | - |
| 800 | 550/- | - | - |

* В числителе указаны токи для кабелей, расположенных в одной плоскости с расстоянием 35-125 мм, в знаменателе - для кабелей, расположенных вплотную треугольником.

**Допустимый длительный ток для одножильных кабелей с алюминиевой жилой с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, небронированных, прокладываемых в воздухе**

Таблица 25

| Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Ток *, А, для кабелей напряжением, кВ | | |
|---|---|---|---|
| | до 3 | 20 | 35 |
| 10 | 65/- | - | - |
| 16 | 90/- | - | - |
| 25 | 110/- | 80/85 | - |
| 35 | 130/- | 95/105 | - |
| 50 | 165/- | 120/130 | - |
| 70 | 200/- | 140/160 | - |
| 95 | 235/- | 170/195 | - |
| 120 | 255/- | 190/225 | 185/205 |
| 150 | 275/- | 210/255 | 205/230 |
| 185 | 295/- | 225/275 | 220/255 |
| 240 | 335/- | 245/305 | 245/290 |
| 300 | 355/- | 270/330 | 260/330 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 400 | 375/- | 285/350 | - |
| 500 | 390/- | - | - |
| 625 | 405/- | - | - |
| 800 | 425/- | - | - |

* В числителе указаны токи для кабелей, расположенных в одной плоскости с расстоянием в свету 35 - 125 мм, в знаменателе - для кабелей, расположенных вплотную треугольником.

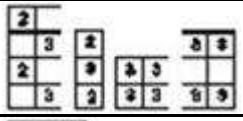
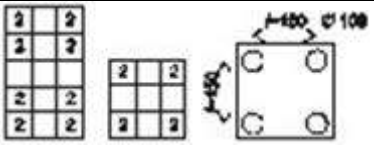
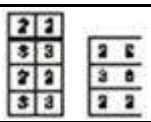
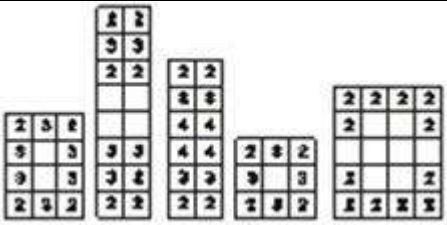
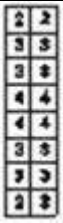
**Поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле (в трубах или без труб)**

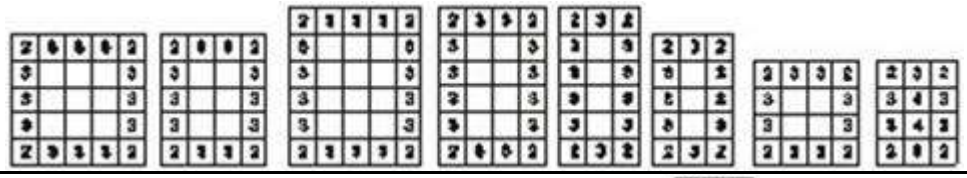
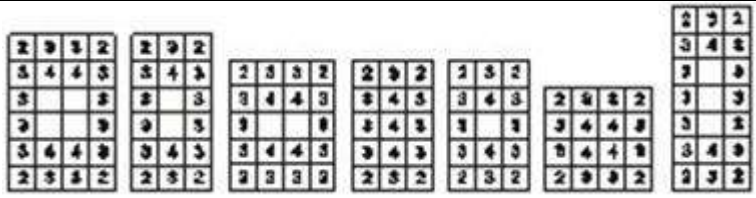
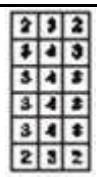
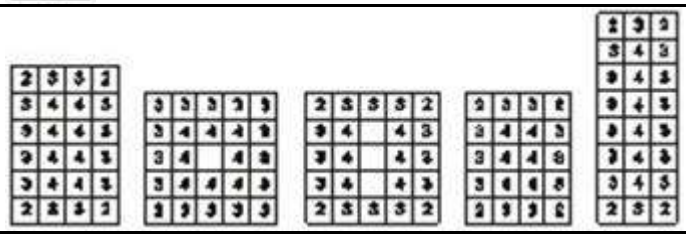
Таблица 26

| Расстояние между кабелями в свету, мм | Коэффициент при количестве кабелей | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 100 | 1,00 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,78 | 0,75 |
| 200 | 1,00 | 0,92 | 0,87 | 0,84 | 0,82 | 0,81 |
| 300 | 1,00 | 0,93 | 0,90 | 0,87 | 0,86 | 0,85 |

**Допустимый длительный ток для кабелей 10 кВ с медными или алюминиевыми жилами сечением 95 мм$^2$, прокладываемых в блоках**

Таблица 27

| Группа | Конфигурация блоков | № канала | Ток /, А для кабелей | |
|---|---|---|---|---|
| | | | медных | алюминиев |
| I | | 1 | 191 | 147 |
| II |  | 2 | 173 | 133 |
| | | 3 | 167 | 129 |
| III |  | 2 | 154 | 119 |
| IV |  | 2 | 147 | 113 |
| | | 3 | 138 | 106 |
| V |  | 2 | 143 | 110 |
| | | 3 | 135 | 104 |
| | | 4 | 131 | 101 |
| VI | | 2 | 140 | 103 |
| | | 3 | 132 | 102 |
| | | 4 | 118 | 91 |
| VII |  | 2 | 136 | 105 |
| | | 3 | 132 | 102 |
| | | 4 | 119 | 92 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| VIII |  | 2 | 135 | 104 |
| | | 3 | 124 | 96 |
| | | 4 | 104 | 80 |
| IX |  | 2 | 135 | 104 |
| | | 3 | 118 | 91 |
| | | 4 | 100 | 77 |
| X |  | 2 | 133 | 102 |
| | | 3 | 116 | 90 |
| | | 4 | 81 | 62 |
| XI |  | 2 | 129 | 99 |
| | | 3 | 114 | 88 |
| | | 4 | 79 | 55 |

**Поправочный коэффициент на сечение кабеля**

Таблица 28

| Сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Коэффициент для номера канала в блоке | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 25 | 0,44 | 0,46 | 0,47 | 0,51 |
| 35 | 0,54 | 0,57 | 0,57 | 0,60 |
| 50 | 0,67 | 0,69 | 0,69 | 0,71 |
| 70 | 0,81 | 0,84 | 0,84 | 0,85 |
| 95 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 120 | 1,14 | 1,13 | 1,13 | 1,12 |
| 150 | 1,33 | 1,30 | 1,29 | 1,26 |
| 185 | 1,50 | 1,46 | 1,45 | 1,38 |
| 240 | 1,78 | 1,70 | 1,68 | 1,55 |

**Допустимый длительный ток для неизолированных проводов по ГОСТ 839-80**

Таблица 29

| Номинальное сечение,мм$^2$ | Сечение(алюминий / сталь), мм$^2$ | Ток, А, для проводов марок | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | АС, АСКС, АСК, АСКП | | М | А и АКП | М | А и АКП |
| | | вне помещений | внутри помещений | вне помещений | | внутри помещений | |
| 10 | 10/1,8 | 84 | 53 | 95 | - | 60 | - |
| 16 | 16/2,7 | 111 | 79 | 133 | 105 | 102 | 75 |
| 25 | 25/4,2 | 142 | 109 | 183 | 136 | 137 | 106 |
| 35 | 35/6,2 | 175 | 135 | 223 | 170 | 173 | 130 |
| 50 | 50/8 | 210 | 165 | 275 | 215 | 219 | 165 |
| 70 | 70/11 | 265 | 210 | 337 | 265 | 268 | 210 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 95 | 95/16 | 330 | 260 | 422 | 320 | 341 | 255 |
| 120 | 120/19<br>120/27 | 390<br>375 | 313<br>- | 485 | 375 | 395 | 300 |
| 150 | 150/19<br>150/24<br>150/34 | 450<br>450<br>450 | 365<br>365<br>- | 570 | 440 | 465 | 355 |
| 185 | 185/24<br>185/29<br>185/43 | 520<br>510<br>515 | 430<br>425<br>- | 650 | 500 | 540 | 410 |
| 240 | 240/32<br>240/39<br>240/56 | 605<br>610<br>610 | 505<br>505<br>- | 760 | 590 | 685 | 490 |
| 300 | 300/39<br>300/48<br>300/66 | 710<br>690<br>680 | 600<br>585<br>- | 880 | 680 | 740 | 570 |
| 330 | 330/27 | 730 | - | - | - | - | - |
| 400 | 400/22<br>400/51<br>400/64 | 830<br>825<br>860 | 713<br>705<br>- | 1050 | 815 | 895 | 690 |
| 500 | 500/27<br>500/64 | 960<br>945 | 830<br>815 | - | 980 | - | 820 |
| 600 | 600/72 | 1050 | 920 | - | 1100 | - | 955 |
| 700 | 700/86 | 1180 | 1040 | - | - | - | - |

**Допустимый длительный ток для шин круглого и трубчатого сечений**

Таблица 30

| метр, мм | Круглые шины | | Медные трубы | | Алюминиивые трубы | | Стальные трубы | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ток *, А | | Внутренний и наружный диаметры, мм | Ток, А | Внутренний и наружный диаметры, мм | Ток, А | Условный проход, мм | Толщина стенки, мм | Наружный диаметр, мм | Перем |
| | медные | алюминивые | | | | | | | | без раз реза |
| 6 | 155/155 | 120/120 | 12/15 | 340 | 13/16 | 295 | 8 | 2,8 | 13,5 | 75 |
| 7 | 195/195 | 150/150 | 14/18 | 460 | 17/20 | 345 | 10 | 2,8 | 17,0 | 90 |
| 8 | 235/235 | 180/180 | 16/20 | 505 | 18/22 | 425 | 15 | 3,2 | 21,3 | 118 |
| 10 | 320/320 | 245/245 | 18/22 | 555 | 27/30 | 500 | 20 | 3,2 | 26,8 | 145 |
| 12 | 415/415 | 320/320 | 20/24 | 600 | 26/30 | 575 | 25 | 4,0 | 33,5 | 180 |
| 14 | 505/505 | 390/390 | 22/26 | 650 | 25/30 | 640 | 32 | 4,0 | 42,3 | 220 |
| 15 | 565/565 | 435/435 | 25/30 | 830 | 36/40 | 765 | 40 | 4,0 | 48,0 | 255 |
| 16 | 610/615 | 475/475 | 29/34 | 925 | 35/40 | 850 | 50 | 4,5 | 60,0 | 320 |
| 18 | 720/725 | 560/560 | 35/40 | 1100 | 40/45 | 935 | 65 | 4,5 | 75,5 | 390 |
| 19 | 780/785 | 605/610 | 40/45 | 1200 | 45/50 | 1040 | 80 | 4,5 | 88,5 | 455 |
| 20 | 835/840 | 650/655 | 45/50 | 1330 | 50/55 | 1150 | 100 | 5,0 | 114 | 670 |
| 21 | 900/905 | 695/700 | 49/55 | 1580 | 54/60 | 1340 | 125 | 5,5 | 140 | 800 |
| 22 | 955/965 | 740/745 | 53/60 | 1860 | 64/70 | 1545 | 150 | 5,5 | 165 | 900 |
| 25 | 1140/1165 | 885/900 | 62/70 | 2295 | 74/80 | 1770 | - | - | - | - |
| 27 | 1270/1290 | 980/1000 | 72/80 | 2610 | 72/80 | 2035 | - | - | - | - |
| 28 | 1325/1360 | 1025/1050 | 75/85 | 3070 | 75/85 | 2400 | - | - | - | - |
| 30 | 1450/1490 | 1120/1155 | 90/95 | 2460 | 90/95 | 1925 | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 35 | 1770/1865 | 1370/1450 | 95/100 | 3060 | 90/100 | 2840 | - | - | - | - |
| 38 | 1960/2100 | 1510/1620 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 40 | 2080/2260 | 1610/1750 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 42 | 2200/2430 | 17700/1870 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 45 | 2380/2670 | 1850/2060 | - | - | - | - | - | - | - | - |

* В числителе приведены нагрузки при переменном токе, в знаменателе - при постоянном.

**Допустимый длительный ток для шин прямоугольного сечения**

Таблица 31

| Размеры, мм | Медные шины | | | | Алюминиевые шины | | | | Стальные шины | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ток *, А при количестве полос на полюс или фазу | | | | | | | | Размеры, мм | Ток*, А |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| 15 x 3 | 210 | - | - | - | 165 | - | - | - | 16 x 2,5 | 55/70 |
| 20 x 3 | 275 | - | - | - | 215 | - | - | - | 20 x 2,5 | 60/90 |
| 25 x 3 | 340 | - | - | - | 265 | - | - | - | 25 x 2,5 | 75/110 |
| 30 x 4 | 475 | - | - | - | 365/370 | - | - | - | 20 x 3 | 65/100 |
| 40 x 4 | 625 | -/1090 | - | - | 480 | -/855 | - | - | 25 x 3 | 80/120 |
| 40 x 5 | 700/705 | -/1250 | - | - | 540/545 | -/965 | - | - | 30 x 3 | 95/140 |
| 50 x 5 | 860/870 | -/1525 | -/1895 | - | 665/670 | -/1180 | -/1470 | - | 40 x 3 | 125/190 |
| 50 x 6 | 955/960 | -/1700 | -/2145 | - | 740/745 | -/1315 | -/1655 | - | 50 x 3 | 155/230 |
| 60 x 6 | 1125/1145 | 1740/1990 | 2240/2495 | - | 870/880 | 1350/1555 | 1720/1940 | - | 60 x 3 | 185/280 |
| 80 x 6 | 1480/1510 | 2110/2630 | 2720/3220 | - | 1150/1170 | 1630/2055 | 2100/2460 | - | 70 x 3 | 215/320 |
| 100 x 6 | 1810/1875 | 2470/3245 | 3170/3940 | - | 1425/1455 | 1935/2515 | 2500/3040 | - | 75 x 3 | 230/345 |
| 60 x 8 | 1320/1345 | 2160/2485 | 2790/3020 | - | 1025/1040 | 1680/1840 | 2180/2330 | - | 80 x 3 | 245/365 |
| 80 x 8 | 1690/1755 | 2620/3095 | 3370/3850 | - | 1320/1355 | 2040/2400 | 2620/2975 | - | 90 x 3 | 275/410 |
| 100 x 8 | 2080/2180 | 3060/3810 | 3930/4690 | - | 1625/1690 | 2390/2945 | 3050/3620 | - | 100 x 3 | 305/460 |
| 120 x 8 | 2400/2600 | 3400/4400 | 4340/5600 | - | 1900/2040 | 2650/3350 | 3380/4250 | - | 20 x 4 | 70/115 |

* В числителе приведены значения переменного тока, в знаменателе - постоянного.

**Допустимый длительный ток для неизолированных бронзовых и сталебронзовых проводов**

Таблица 32

| Провод | Марка провода | Ток *, А |
|---|---|---|
| Бронзовый | Б-50 | 215 |
| | Б-70 | 265 |
| | Б-95 | 330 |
| | Б-120 | 380 |
| | Б-150 | 430 |
| | Б-185 | 500 |
| | Б-240 | 600 |
| | Б-300 | 700 |
| Сталебронзовый | БС-185 | 515 |
| | БС-240 | 640 |
| | БС-300 | 750 |
| | БС-400 | 890 |
| | БС-500 | 980 |

* Токи даны для бронзы с удельным сопротивлением $P_{20} = 0{,}03$ Ом·мм$^2$/м

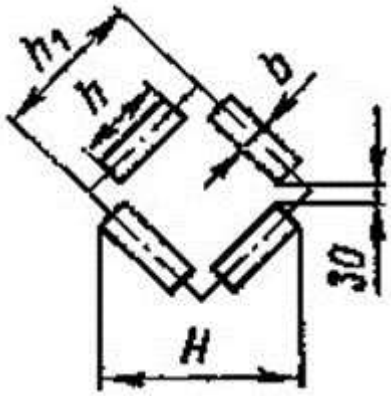
**Допустимый длительный ток для неизолированных стальных проводов**

Таблица 33

| Марка провода | Ток, А | Марка провода | Ток, А |
|---|---|---|---|
| ПСО-3 | 23 | ПС-25 | 60 |
| ПСО-3,5 | 26 | ПС-35 | 75 |
| ПСО-4 | 30 | ПС-50 | 90 |
| ПСО-5 | 35 | ПС-70 | 125 |
| | | ПС-95 | 135 |

**Допустимый длительный ток для четырехполосных шин с расположением полос по сторонам квадрата («полый пакет»)**

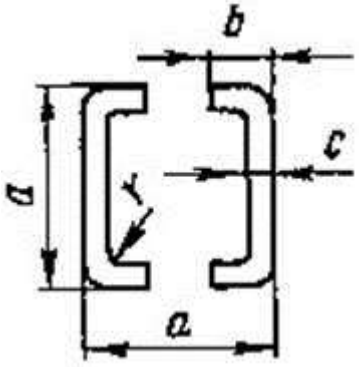
Таблица 34




| Размеры, мм | | | | Поперечное сечение четырехполосной шины, мм$^2$ | Ток, А, на пакет шин | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| h | B | $h_1$ | H | | медных | алюминиевых |
| 80 | 8 | 140 | 157 | 2560 | 5750 | 4550 |
| 80 | 10 | 144 | 160 | 3200 | 6400 | 5100 |
| 100 | 8 | 160 | 185 | 3200 | 7000 | 5550 |
| 100 | 10 | 164 | 188 | 4000 | 7700 | 6200 |
| 120 | 10 | 184 | 216 | 4800 | 9050 | 7300 |

**Допустимый длительный ток для шин коробчатого сечения**

Таблица 35



| Размеры, мм | | | | Поперечное сечение одной шины, мм$^2$ | Ток, А, на две шины | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | c | r | | медные | алюминиевые |
| 75 | 35 | 4 | 6 | 520 | 2730 | - |
| 75 | 35 | 5,5 | 6 | 695 | 3250 | 2670 |
| 100 | 45 | 4,5 | 8 | 775 | 3620 | 2820 |
| 100 | 45 | 6 | 8 | 1010 | 4300 | 3500 |
| 125 | 55 | 6,5 | 10 | 1370 | 5500 | 4640 |
| 150 | 65 | 7 | 10 | 1785 | 7000 | 5650 |
| 175 | 80 | 8 | 12 | 2440 | 8550 | 6430 |
| 200 | 90 | 10 | 14 | 3435 | 9900 | 7550 |
| 200 | 90 | 12 | 16 | 4040 | 10500 | 8830 |
| 225 | 105 | 12,5 | 16 | 4880 | 12500 | 10300 |
| 250 | 115 | 12,5 | 16 | 5450 | - | 10800 |

## Экономическая плотность тока

Таблица 36

| Проводники | Экономическая плотность тока, А/мм$^2$, при числе часов использования максимума нагрузки в год | | |
|---|---|---|---|
| | более 1000 до 3000 | более 3000 до 5000 | более 5000 |
| Неизолированные провода и шины:<br>медные<br>алюминиевые | 2,5<br>1,3 | 2,1<br>1,1 | 1,8<br>1,0 |
| Кабели с бумажной и провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с жилами:<br>медными<br>алюминиевыми | 3,0<br>1,6 | 2,5<br>1,4 | 2,0<br>1,2 |
| Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами:<br>медными<br>алюминиевыми | 3,5<br>1,9 | 3,1<br>1,7 | 2,7<br>1,6 |

## Класс точности счетчиков коммерческого учета

Таблица 37

| Тип | Класс точности присоединений | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Межгосударственные ВЛ, ВЛ 500 кВ и выше, генераторы 50 МВт и выше, трансформаторы 63 МВА и выше | ВЛ 110 - 220 кВ, генераторы до 50 МВт, трансформаторы 10 - 63 МВА | ВЛ 35 - 6 кВ | низкого напряжения |
| Счетчик активной энергии | 0,2 | 0,5 | 1,0 (0,5)* | 2,0 |
| Счетчик реактивной | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 4,0 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| энергии | | | | |

* Значение, указанное в скобках - рекомендуемое при строительстве и модернизации оборудования.

**Допустимая погрешность комплекса коммерческого учета**

Таблица 38

| Ток в процентном отношении от номинального | Коэффициент мощности | Пределы погрешностей для присоединений с номинальными величинами | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Межгосударственные ВЛ, ВЛ 500 кВ и выше, генераторы 50 МВт и выше | ВЛ 220-110 кВ, генераторы до 50 МВт | 35-6 кВ | низкого напряжения |
| Активная энергия | | | | | |
| От 20% до 120% | 1 | ± 0,8% | ± 1,1% | ± 1,6% | ± 2,5% |
| От 5% до 20% | 1 | ± 1 % | ± 1,1% | ± 1,6% | ± 2,5% |
| От 1% до 5% | 1 | ±1,5% | ± 1,5% | ± 2,1% | |
| От 20% до 120% | от 0,5 инд. до 0,5 емк. | ± 1,1 % | ± 1,1% | ± 1,6% | ± 2,5% |
| Реактивная энергия | | | | | |
| От 10% до 120% | 0 | ± 4,0% | ± 4,0% | ± 4,0% | ± 4,0% |
| От 10% до 120% | от 0,866 инд. до 0,866 емк. | ± 5,0% | ± 5,0% | ± 5,0% | ± 5,0% |

**Класс точности трансформаторов для присоединения счетчиков коммерческого учета электроэнергии**

Таблица 39

| Тип | Класс точности присоединений | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Межгосударственные ВЛ, ВЛ 500 кВ и выше, генераторы 50 МВт и выше | ВЛ 220 - 110 кВ, генераторы до 50 МВт | 35 - 6 кВ | низкого напряжения |
| ТТ | 0,2* | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| ТН | 0,2* | 0,5 | 0,5 | - |

* При строительстве и модернизации оборудования рекомендуется применять класс точности присоединений 0,2.

**Классы точности средств измерения**

Таблица 40

| Класс точности прибора | Класс точности шунта, добавочного резистора | Класс точности измерительного преобразователя | Класс точности измерительного трансформатора* |
|---|---|---|---|
| 0,2<br>0,5<br>1,0 | 0,2<br>0,5 (0,2)<br>0,5 | 0,2<br>0,5 (0,2)<br>0,5 | 0,2<br>0,5 (0,2)<br>0,5 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1,5 | 0,5 | 0,5* | 0,5* |

* Значения, указанные в скобках - рекомендуемые при строительстве и модернизации оборудования.

**Рекомендации по выбору электрических параметров, фиксируемых регистраторами аварийных событий (автоматическими цифровыми осциллографами)**

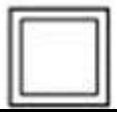
Таблица 41

| Напряжение распределительного устройства, кВ | Параметры, рекомендуемые для регистрации автоматическими осциллографами |
|---|---|
| 1150, 500 | Фазные напряжения трех фаз линий. Напряжение и ток нулевой последовательности линий. Токи двух или трех фаз линий. Ток усилителя мощности, ток приема высокочастотного приемопередатчика и положение контактов выходного промежуточного реле высокочастотной защиты. |
| 220, 110 | Фазные напряжения и напряжение нулевой последовательности секции или рабочей системы шин. Токи нулевой последовательности линий, присоединенных к секции или рабочей системе шин. Фазные токи (двух или трех фаз) наиболее ответственных линий. Токи приема высокочастотных приемопередатчиков дифференциально-фазных защит межсистемных линий электропередачи. |

Примечание. На всех ПС, где устанавливаются регистраторы аварийных событий, необходимо производить регистрацию действий устройств противоаварийной автоматики и релейной защиты в необходимом объеме.

**Применение электрооборудования в электроустановках напряжением до 1 кВ**

Таблица 42

| Класс | Маркировка | Назначение защиты | Условия применения в электроустановке |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | — | При косвенном прикосновении | 1. Применение в непроводящих помещениях<br>2. Питание от вторичной обмотки разделительного трансформатора только одного электроприемника |
| I | Защитный зажим - знак или буквы PE или желто-зеленые полосы | При косвенном прикосновении | Присоединение заземляющего зажима электрооборудования к защитному проводнику электроустановки |
| II | Знак  | При косвенном прикосновении | Независимо от мер защиты, принятых в электроустановке |
| III | Знак | От прямого и косвенного | Питание от безопасного разделительного трансформатора |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | прикосновений | |

**Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения при занулении открытых проводящих частей**

Таблица 43

| Номинальное фазное напряжение $U_0$, В | Время отключения, с |
|---|---|
| 127 | 0,8 |
| 220 | 0,4 |
| 380 | 0,2 |
| Более 380 | 0,1 |

**Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения в сети с изолированной нейтралью и заземлением открытых проводящих частей**

Таблица 44

| Номинальное линейное напряжение $U_0$, В | Время отключения, с |
|---|---|
| 220 | 0,8 |
| 380 | 0,4 |
| 660 | 0,2 |
| Более 660 | 0,1 |

**Наименьшие размеры заземлителей и заземляющих проводников, проложенных в земле**

Таблица 45

| Материал | Профиль сечения | Диаметр, мм | Площадь поперечного сечения, $мм^2$ | Толщина стенки, мм |
|---|---|---|---|---|
| Сталь черная | Круглый: | | | |
| | для вертикальных заземлителей | 16 | - | - |
| | для горизонтальных заземлителей | 10 | - | - |
| | Прямоугольный | - | 100 | 4 |
| | Угловой | - | 100 | 4 |
| | Трубный | 32 | - | 3,5 |
| Сталь оцинкованная | Круглый: | | | |
| | для вертикальных заземлителей | 12 | - | - |
| | для горизонтальных заземлителей | 10 | - | - |
| | Прямоугольный | — | 75 | 3 |
| | Трубный | 25 | - | 2 |
| Медь | Круглый<br>Прямоугольный<br>Трубный<br>Канат многопроволочный | 12<br>—<br>20<br>1,8* | —<br>50<br>—<br>35 | —<br>2<br>2<br>— |

* Диаметр каждой проволоки.

**Наименьшие сечения защитных проводников**

Таблица 46

| Сечение фазных проводников, мм$^2$ | Наименьшее сечение защитных проводников, мм$^2$ |
|---|---|
| $S \leq 16$ | S |
| $16 < S \leq 35$ | 16 |
| S >35 | **S/2** |

**Значение коэффициента k для изолированных защитных проводников, не входящих в кабель, и для неизолированных проводников, касающихся оболочки кабелей (Начальная температура проводника принята равной 30°С)**

Таблица 47

| Параметр | Материал изоляции | | |
|---|---|---|---|
| | Поливинилхлорид (ПВХ) | Сшитый полиэтилен, этиленпропиленовая резина | Бутиловая резина |
| Конечная температура, °°С k проводника: | 160 | 250 | 220 |
| медного<br>алюминиевого<br>стального | 143<br>95<br>52 | 176<br>116<br>64 | 166<br>110<br>60 |

**Значение коэффициента k для защитного проводника, входящего в многожильный кабель**

Таблица 48

| Параметр | Материал изоляции | | |
|---|---|---|---|
| | Поливинилхлорид (ПВХ) | Сшитый полиэтилен, этиленпропиленовая резина | Бутиловая резина |
| Начальная температура, °С | 70 | 90 | 85 |
| Конечная температура, °С k проводника: | 160 | 250 | 220 |
| медного<br>алюминиевого | 115<br>76 | 143<br>94 | 134<br>89 |

**Значение коэффициента k при использовании в качестве защитного проводника алюминиевой оболочки кабеля**

Таблица 49

| Параметр | Материал изоляции | | |
|---|---|---|---|
| | Поливинилхлорид (ПВХ) | Сшитый полиэтилен, этиленпропиленовая резина | Бутиловая резина |
| Начальная температура, °С | 60 | 80 | 75 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Конечная температура, °С | 160 | 250 | 220 |
| k | 81 | 98 | 93 |

**Значение коэффициента k для неизолированных проводников, когда указанные температуры не создают опасности повреждения находящихся вблизи материалов (начальная температура проводника принята равной 30 °С)**

Таблица 50

| Материал проводника | Условия | Проводники | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Проложенные открыто и в специально отведенных местах | Эксплуатируемые | |
| | | | в нормальной среде | в пожароопасной среде |
| Медь | Максимальная температура, °С<br>k | 500 *<br>228 | 200<br>159 | 150<br>138 |
| Алюминий | Максимальная температура, °С<br>k | 300 *<br>125 | 200<br>105 | 150<br>91 |
| Сталь | Максимальная температура, °С<br>k | 500 *<br>82 | 200<br>58 | 150<br>50 |

* Указанные температуры допускаются, если они не ухудшают качество соединений.

**Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения в передвижных электроустановках, питающихся от автономного источника с изолированной нейтралью**

Таблица 51

| Номинальное линейное напряжение $U_0$, В | Время отключения, с |
|---|---|
| 220 | 0,4 |
| 380 | 0,2 |
| 660 | 0,06 |
| Более 660 | 0,02 |

**Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения в помещениях для содержания животных**

Таблица 52

| Номинальное фазное напряжение $U_0$, В | Время отключения, с |
|---|---|
| 127 | 0,35 |
| 220 | 0,2 |
| 380 | 0,05 |

**Допустимое сопротивление изоляции**

Таблица 53

| Испытуемый объект | Напряжение мегаомметра, кВ | Сопротивление изоляции |
|---|---|---|

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| Обмотка статора напряжением до 1 кВ (каждая фаза в отдельности относительно корпуса и других заземленных фаз) | 1,0 | Не менее 0,5 МОм при температуре 10-30°С |
| То же напряжением выше 1 кВ | 2,5 | Должно соответствовать требованиям, приведенным в разд. 3 «Электрические машины» СНиП 3.05.06-85. У генераторов с водяным охлаждением обмоток сопротивление изоляции измеряется без воды в обмотке статора при соединенных с экраном мегаомметра водосборных коллекторах, изолированных от внешней системы охлаждения |
| Обмотка ротора | 1,0 (допускается 0,5) | Не менее 0,5 МОм при температуре 10-30°С. Допускается ввод в эксплуатацию неявнополюсных роторов, имеющих сопротивление изоляции не ниже 2 кОм при температуре +75°С или 20 кОм при +20°С |
| Обмотки коллекторных возбудителя и подвозбудителя | 1,0 | Не менее 0,5 МОм |
| Бандажи якоря и коллектора коллекторных возбудителя и подвозбудителя | 1,0 | Не менее 1,0 МОм при заземленной обмотке якоря |
| Подшипники генератора и сопряженного с ним возбудителя | 1,0 | Сопротивление изоляции, измеренное относительно фундаментной плиты, при полностью собранных маслопроводах, должно быть не менее 0,3 МОм для гидрогенератора и не менее 1 МОм для турбогенератора. Для гидрогенератора измерение производится, если позволяет конструкция генератора |
| Водородные уплотнения вала | 1,0 | Не менее 1 МОм |
| Щиты вентиляторов турбогенераторов серии ТВВ | 1,0 | Сопротивление изоляции, измеренное относительно внутреннего щита и между полущитами вентиляторов, должно быть не менее 0,5 МОм |
| Щиты вентиляторов турбогенераторов серии ТГВ | 1,0 | Сопротивление изоляции, измеренное между частями диффузоров, должно быть не менее 1 МОм |
| Доступные изолированные | 1,0 | Не менее 1 МОм |

| | | |
|---|---|---|
| стяжные болты стали статора | | |
| Диффузор и обтекатель у турбогенераторов серии ТГВ | 1,0<br>0,5 | Сопротивление изоляции, измеренное между уплотнением и задним диском диффузора, диффузором и внутренним щитом, обтекателем и внутренним щитом, двумя половинками обтекателя, должно быть не менее 1 МОм |
| Термоиндикаторы генераторов и синхронных компенсаторов:<br>с косвенным охлаждением обмоток статора | 0,25 | Сопротивление изоляции, измеренное совместно с сопротивлением соединительных проводов, должно быть не менее 1 МОм |
| с непосредственным охлаждением обмоток статора | 0,5 | Сопротивление изоляции, измеренное совместно с сопротивлением соединительных проводов, должно быть не менее 0,5 МОм |
| Цепи возбуждения генератора и возбудителя (без обмоток, ротора и электромашинного возбудителя) | 1,0 (допускается 0,5) | Сопротивление изоляции, измеренное с сопротивлением всей присоединенной аппаратуры, должно быть не менее 1 МОм |
| Концевой вывод обмотки статора турбогенераторов серии ТГВ | 2,5 | 1000 МОм Измерение производится до соединения вывода с обмоткой статора |

**Испытательное выпрямленное напряжение для обмоток статоров синхронных генераторов и компенсаторов**

Таблица 54

| Мощность генератора, МВт, компенсатора, МВ·А | Номинальное напряжение, кВ | Амплитудное испытательное напряжение, кВ |
|---|---|---|
| Менее 1 | Все напряжения | 2,4 $U_{ном}$ + 1,2 |
| 1 и более | До 3,3<br>Выше 3,3 до 6,6<br>Выше 6,6 | 2,4 $U_{ном}$ + 1,2<br>3 $U_{ном}$<br>2,4 $U_{ном}$ + 3,6 |

**Испытательное напряжение промышленной частоты для обмоток синхронных генераторов и компенсаторов**

Таблица 55

| Испытуемый объект | Характеристика электрической машины | Испытательное напряжение, кВ |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Обмотка статора синхронного генератора и компенсатора | Мощность до 1 МВт, номинальное напряжение выше 100 В<br>Мощность более 1 МВт, номинальное напряжение до 3,3 кВ<br>То же, но номинальное | 1,6 $U_{ном}$ + 0,8, но не менее 1,2<br>1,6 $U_{ном}$ + 0,8<br><br>2 $U_{ном}$ |

| | | |
|---|---|---|
| | напряжение выше 3,3 кВ до 6,6 кВ | |
| Обмотка статора гидрогенератора, шихтовка или стыковка частей статора которого производится на месте монтажа, по окончании полной сборки обмотки и изолировки соединений | Мощность от 1 МВт и выше, номинальное напряжение свыше 6,6 до 20 кВ включительно<br>Мощность от 1 МВт и выше, номинальное напряжение свыше 20 кВ<br>Мощность от 1 МВт и выше, номинальное напряжение до 3,3 кВ включительно<br>Мощность от 1 МВт и выше, номинальное напряжение свыше 3,3 до 6,6 кВ включительно<br>Мощность от 1 МВт и выше, номинальное напряжение до 20 кВ включительно | 1,6 $U_{ном}$ + 2,4<br>1,6 $U_{ном}$ + 0,8<br>2 $U_{ном}$ + 1<br>2,5 $U_{ном}$<br>2 $U_{ном}$ + 3<br>8 $U_{ном}$ возбуждения генератора, но не ниже 1,2 кВ и не выше 2,8 кВ |
| Обмотка явнополюсного ротора | Генераторы всех мощностей | |
| Обмотка коллекторных возбудителя и подвозбудителя | Генераторы всех мощностей | 8 $U_{ном}$ возбуждения генератора, но не ниже 1,2 кВ и не выше 2,8 кВ (относительно корпуса и бандажей) |
| Обмотка неявнополюсного ротора | Генераторы всех мощностей | 1<br>Испытательное напряжение принимается равным 1 кВ тогда, когда это не противоречит требованиям технических условий завода-изготовителя. Если техническими условиями предусмотрены более жесткие нормы испытания, испытательное напряжение должно быть повышено |
| Цепи возбуждения генератора со всей присоединенной аппаратурой (без обмоток ротора и возбудителя)<br>Реостат возбуждения<br>Резистор гашения поля<br>Заземляющий резистор<br>Концевой вывод обмотки статора (испытания проводятся до установки | Генераторы всех мощностей<br>Генераторы всех мощностей<br>Генераторы всех мощностей<br>Генераторы всех мощностей<br>ТГВ-200, ТГВ-200М, ТГВ-300, ТГВ-500 | 1<br>1<br>2<br>1,5 $U_{ном}$ генератора<br>31,0*, 34,5**<br>39,0*, 43,0** |

| | | |
|---|---|---|
| концевых выводов на турбогенератор) | | |

* Для концевых выводов, испытанных на заводе вместе с изоляцией обмотки статора.

** Для резервных концевых выводов перед установкой на турбогенератор.

**Допустимое отклонение сопротивления постоянному току**

Таблица 56

| Испытуемый объект | Норма |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Обмотка статора (измерение производить для каждой фазы или ветви в отдельности) | Измерение сопротивления в практически холодном состоянии обмоток различных фаз не должны отличаться одно от другого более чем на 2%. Вследствие конструктивных особенностей (большая длина соединительных дуг и пр.) расхождение между сопротивлениями ветвей у некоторых типов генераторов может достигать 5% |
| Обмотка ротора | Измеренное сопротивление обмоток не должно отличаться от данных завода-изготовителя более чем на 2%. У явнополюсных роторов измерение производится для каждого полюса в отдельности или попарно |
| Обмотки возбуждения коллекторного возбудителя | Значение измеренного сопротивления не должно отличаться от исходных данных более чем на 2% |
| Обмотка якоря возбудителя (между коллекторными пластинами) | Значения измеренного сопротивления не должны отличаться друг от друга более чем на 10%, за исключением случаев, когда это обусловлено схемой соединения |
| Резистор гашения поля, реостаты возбуждения | Сопротивление не должно отличаться от данных завода-изготовителя более чем на 10% |

**Наибольшая допустимая вибрация подшипников (крестовины) синхронных генераторов, компенсаторов и их возбудителей**

Таблица 57

| Номинальная частота вращения ротора, мин $^{-1}$ | 3000 * | 1500-500 ** | 375-214 | 187 | до 100 |
|---|---|---|---|---|---|
| Вибрация, мкм | 40 | 70 | 100 | 150 | 180 |

* Для генераторов блоков мощностью 150 МВт и более вибрация не должна превышать 30 мкм.

** Для синхронных компенсаторов с частотой вращения ротора 750-1000 мин$^{-1}$ вибрация не должна превышать 80 мкм.

**Испытательное напряжение промышленной частоты для изоляции машин постоянного тока**

Таблица 58

| Испытуемый объект | Характеристика электрической машины | Испытательное напряжение, кВ |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |

| | | |
|---|---|---|
| Обмотка машины постоянного тока (кроме возбудителя синхронной машины) | Номинальное напряжение до 100 В<br>Мощность до 1 МВт, номинальное напряжение выше 100 В<br>Мощность выше 1 МВт, номинальное напряжение выше 100 В | 1,6 $U_{ном}$ + 0,8<br>1,6 $U_{ном}$ + 0,8, но не менее 1,2<br>1,6 $U_{ном}$ + 0,8 |
| Обмотки возбудителя синхронного генератора | — | 8 $U_{ном}$, но не менее 1,2 и не более 2,8 |
| Обмотки возбудителя синхронного двигателя (синхронного компенсатор1) | — | 8 $U_{ном}$, но не менее 1,2 |
| Бандажи якоря<br>Реостаты и пускорегулировочные резисторы (испытание может проводиться совместно с цепями возбуждения) | —<br>— | 1<br>1 |

**Характеристика искрения коллектора**

Таблица 59

| Степень искрения | Характеристика степени искрения | Состояние коллектора и щеток |
|---|---|---|
| 1 | Отсутствие искрения | Отсутствие почернения на коллекторе и нагара на щетках |
| 1,25 | Слабое точечное искрение под небольшой частью щетки | То же |
| 1,5 | Слабое искрение под большей частью щетки | Появление следов почернения на коллекторе, легко устраняемых при протирании поверхности коллектора бензином, а также появление следов нагара на щетках |
| 2 | Искрение под всем краем щетки появляется только при кратковременных толчках нагрузки и перегрузки | Появление следов почернения на коллекторе, не устраняемых при протирании поверхности коллектора бензином, а также появление следов нагара на щетках |
| 3 | Значительное искрение под всем краем щетки с наличием крупных и вылетающих искр. Допускается только для моментов прямого (без реостатных ступеней) включения или реверсирования машин, если при этом коллектор и щетки остаются в состоянии, пригодном для дальнейшей работы | Значительное почернение на коллекторе, не устраняемое протиранием поверхности коллектора бензином, а также подгар и разрушение щеток |

**Допустимое сопротивление изоляции электродвигателей переменного тока**

Таблица 60

| Испытуемый объект | Напряжение мегаомметра, кВ | Сопротивление изоляции |
|---|---|---|
| Обмотка статора напряжением до 1 кВ | 1 | Не менее 0,5 МОм при температуре 10-30°С |
| Обмотка ротора синхронного электродвигателя и электродвигателя с фазным ротором | 0,5 | Не менее 0,2 МОм при температуре 10-30°С (допускается не ниже 2 кОм при +75°С или 20 кОм при +20°С для неявнополюсных роторов) |
| Термоиндикатор | 0,25 | Не нормируется |
| Подшипники синхронных электродвигателей напряжением выше 1 кВ | 1 | Не нормируется (измерение производится относительно фундаментной плиты при полностью собранных маслопроводах) |

**Испытательное напряжение промышленной частоты для электродвигателей переменного тока**

Таблица 61

| Испытуемый объект | Характеристика Электродвигателя | Испытательное напряжение, кВ |
|---|---|---|
| Обмотка статора | Мощность до 1 МВт, номинальное напряжение выше 1 кВ<br>Мощность выше 1 МВт, номинальное напряжение до 3,3 кВ<br>Мощность выше 1 МВт, номинальное напряжение выше 3,3 до 6,6 кВ | 1,6 $U_{ном}$ + 0,8<br>1,6 $U_{ном}$ + 0,8<br>2 $U_{ном}$<br>1,6 $U_{ном}$ + 2,4 |
| Обмотка ротора синхронного электродвигателя | Мощность выше 1 МВт, номинальное напряжение выше 6,6 кВ | 8 $U_{ном}$ системы возбуждения, но не менее 1,2 |
| Обмотка ротора электродвигателя с фазным ротором | — | 1 |
| Реостат и пускорегулировочный резистор | — | 1 |
| Резистор гашения поля синхронного электродвигателя | —<br>— | 2 |

**Наибольший допустимый зазор в подшипниках скольжения электродвигателей**

Таблица 62

| Номинальный диаметр вала, мм | Зазор, мм, при частоте вращения, Гц | | |
|---|---|---|---|
| | менее 16,7 | 16,7-25 | более 25 |
| 18-30 | 0,040-0,093 | 0,060-0,130 | 0,140-0,280 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 31-50 | 0,050-0,112 | 0,075-0,160 | 0,170-0,340 |
| 51-80 | 0,065-0,135 | 0,095-0,195 | 0,200-0,400 |
| 81-120 | 0,080-0,160 | 0,120-0,235 | 0,230-0,460 |
| 121-180 | 0,100-0,195 | 0,150-0,285 | 0,260-0,580 |
| 181-260 | 0,120-0,225 | 0,180-0,300 | 0,300-0,600 |
| 261-360 | 0,140-0,250 | 0,210-0,380 | 0,340-0,680 |
| 361-600 | 0,170-0,305 | 0,250-0,440 | 0,380-0,760 |

**Испытательное напряжение промышленной частоты внутренней изоляции силовых маслонаполненных трансформаторов и реакторов с нормальной изоляцией и трансформаторов с облегченной изоляцией (сухих и маслонаполненных)**

Таблица 63

| Класс напряжения обмотки, кВ | Испытательное напряжение по отношению к корпусу и другим обмоткам, кВ, для изоляции | | Класс напряжения обмотки, кВ | Испытательное напряжение по отношению к корпусу и другим обмоткам, кВ, для изоляции | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Нормальной | Облегченной | | Нормальной | Облегченной |
| до 0,69 | 4,5 | 2,7 | 35 | 76,5 | — |
| 3 | 16,2 | 9 | 110 | 180 | — |
| 6 | 22,5 | 15,4 | 150 | 207 | — |
| 10 | 31,5 | 21,6 | 220 | 292,5 | — |
| 15 | 40,5 | 33,3 | 330 | 414 | — |
| 20 | 49,5 | 45,0 | 500 | 612 | — |

**Наименьшее допустимое значение сопротивления изоляции трансформаторов тока**

Таблица 64

| Класс напряжения, кВ | Допустимые сопротивления изоляции, МОм, не менее | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Основная изоляция | Измерительный вывод | Наружные слои | Вторичные обмотки * | Промежуточные обмотки |
| 3-35 | 1000 | - | - | 50 (1) | - |
| 110-220 | 3000 | - | - | 50 (1) | - |
| 330-500 | 5000 | 3000 | 1000 | 50 (1) | 1 |

*Сопротивления изоляции вторичных обмоток приведены без скобок - при отключенных вторичных цепях, в скобках - с подключенными вторичными цепями.

**Наибольший допустимый тангенс угла диэлектрических потерь изоляции трансформаторов тока**

Таблица 65

| Наименование испытуемого объекта | Тангенс угла диэлектрических потерь, %, при номинальном напряжении, кВ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 110 | 150-220 | 330 | 500 |
| Маслонаполненные трансформаторы тока | 2,0 | 1,5 | — | 1,0 |
| (основная изоляция) | — | — | 0,6 | — |
| Трансформаторы тока: | — | — | 0,8 | — |
| Основная изоляция относительно | — | — | 1,2 | — |
| предпоследней обкладки | | | | |
| Измерительный конденсатор (изоляция | | | | |
| между предпоследней и последней | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| обкладками)<br>Наружный слой первичной обмотки (изоляция последней обкладки относительно корпуса) | | | | |

**Испытательное напряжение промышленной частоты для измерительных трансформаторов**

Таблица 66

| Исполнение изоляции измерительного трансформатора | Испытательное напряжение, кВ, При номинальном напряжении, кВ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | 6 | 10 | 15 | 20 | 35 |
| Нормальная | 21,6 | 28,8 | 37,8 | 49,5 | 58,5 | 85,5 |
| Ослабленная | 9 | 14 | 22 | 33 | — | — |

**Испытательное напряжение промышленной частоты для внешней изоляции аппаратов**

Таблица 67

| Класс напряжения, кВ | Испытательное напряжение, кВ для аппаратов с изоляцией | | | |
|---|---|---|---|---|
| | нормальной керамической | нормальной из органических материалов | облегченной керамической | облегченной из органических материалов |
| 3 | 24 | 21,6 | 13 | 11,7 |
| 6 | 32 | 28,8 | 21 | 18,9 |
| 10 | 42 | 37,8 | 32 | 28,8 |
| 15 | 55 | 49,5 | 48 | 43,2 |
| 20 | 65 | 58,5 | — | — |
| 35 | 95 | 85,5 | — | — |

**Наименьшее допустимое сопротивление опорной изоляции и изоляции подвижных частей воздушных выключателей**

Таблица 68

| Испытуемый объект | Сопротивление изоляции, МОм, при номинальном напряжении выключателя, кВ | | |
|---|---|---|---|
| | до 15 | 20—35 | 110 и выше |
| Опорный изолятор, воздухопровод и тяга (каждое в отдельности), изготовленные из фарфора | 1000 | 5000 | 5000 |
| Тяга, изготовленная из органических материалов | — | 3000 | — |

**Предельные значения сопротивлений постоянному току контактных систем воздушных выключателей**

Таблица 69

| Тип выключателя | Сопротивление контура полюса, мкОм, не более |
|---|---|
| ВВН-110-6, ВВШ-110 | 140 |
| ВВН-154-8, ВВШ-150 | 200 |

| | |
|---|---|
| ВВН-220-10 | 240 |
| ВВН-220-15 | 260 |
| ВВН-330-15 | 460 |
| ВВ-330Б | 380 |
| ВВ-500Б | 500 |
| ВВУ-35, ВВБ-110, ВВБМ-110Б, ВВБК-110Б | 80 |
| ВВУ-110Б, ВВБ-220Б, ВВД-220Б, ВВБК-220Б | 300 |
| ВВБ-330Б, ВВД-330Б, ВВДМ-330Б, ВВБК-500А | 600 |
| ВВБ-500А | 900 |
| ВНВ-330-40, ВНВ-330-63, ВНВ-500-40, ВНВ-500-63 | 150 |

Примечания:

1) Предельные значения сопротивлений одного элемента (разрыва) гасительной камеры и отделителя и одного дугогасительного устройства модуля: выключателей серии ВВН - 20 мкОм, серий ВВУ, ВВБ, ВВД, ВВБК - 80 мкОм, серии ВНВ - 70 мкОм.

2) У выключателей типа ВВ напряжением 330—500 кВ значения сопротивлений следующих участков токоведущих контуров не должны превышать:

50 мкОм - для шин, соединяющих гасительную камеру с отделителем;

80 мкОм - для шины, соединяющей две половины отделителя;

10 мкОм - для перехода с аппаратного вывода отделителя на соединительную шину.

3) Значения сопротивлений каждого разрыва дугогасительного устройства выключателей 330-500 кВ серии ВНВ не должны превышать 35 мкОм.

**Сопротивление постоянному току обмоток электромагнитов воздушных выключателей**

Таблица 70

| Тип выключателя | Соединение электромагнитов трех фаз | Напряжение, В | Сопротивление обмотки, Ом |
|---|---|---|---|
| ВВН-110-6, ВВН-154-8, ВВН-220-10, ВВ-330Б, ВВ-500, ВВМ-500М | Раздельное или параллельное (электромагниты с форсировкой) | 220<br><br>110 | 1-я обмотка 10 ± 1,5<br>2-я обмотка 45 ± 2,0<br>Обе обмотки 55 ± 3,5<br>1-я обмотка 2,4 ± 0,05<br>2-я обмотка 11,3 ± 0,55<br>обе обмотки 13,7 ± 0,55 |

**Количество операций при испытаниях воздушных выключателей многократными опробованиями**

Таблица 71

| Наименование операций или цикла | Давление опробования выключателя | Количество выполняемых операций и циклов |
|---|---|---|
| Включение и отключение<br>Цикл В - О<br>Цикл О - В (АПВ успешно6)<br>Цикл О - В - О (АПВ неуспешное) | Минимальное давление срабатывания<br>Минимальное рабочее давление<br>Номинальное<br>Максимальное рабочее<br>Минимальное срабатывания | 3<br>3<br>3<br>2<br>2<br>2 |

| | | |
|---|---|---|
| | Минимальное рабочее *<br>Максимальное рабочее *<br>Минимальное для АПВ<br>Номинальное *<br>Минимальное для АПВ<br>Максимальное рабочее | 2<br>2<br>2<br>2<br>2 |

* Должны сниматься осциллограммы работы выключателей.

**Наибольшее допустимое сопротивление постоянному току контактной системы разъединителей и отделителей**

Таблица 72

| Тип разъединителя (отделителя) | Номинальное напряжение, кВ | Номинальный ток, А | Сопротивление, мкОм |
|---|---|---|---|
| РОНЗ | 400-500 | 2000 | 200 |
| РЛН | 110-220 | 600 | 220 |
| Остальные типы | 110-500 | 600 | 175 |
| | | 1000 | 120 |
| | | 1500-2000 | 50 |

**Нормы вытягивающих усилий подвижных контактов из неподвижных (для одного ножа) для разъединителей и отделителей**

Таблица 73

| Тип аппарата | Номинальный ток, А | Усилие, Н (кгс) |
|---|---|---|
| Разъединители | | |
| РВК-10 | 3000; 4000; 5000 | 490-540 (50-55) |
| РВК-20 | 5000; 6000 | 490-540 (50-55) |
| РВ(3)-20 | 7000 | 830-850 (85-87) |
| РВ(3)-35 | 400 | 118-157 (12-16) |
| РЛНД-110 | 600 | 137-176 (14-18) |
| | 1000 | 176-225 (18-23) |
| | 600 | 157-176 (16-18) |
| | 1000 | 176-196 (18-20) |
| Отделители | | |
| ОД-110М; ОД-150М | 600 | 157-176 (16-18) |
| ОД-220М | 1000 | 176-196 (18-20) |

**Наибольшее допустимое время отключения отделителей и включения короткозамыкателей**

Таблица 74

| Тип аппарата | Время отключения, не более, с | Тип аппарата | Время отключения, не более, с |
|---|---|---|---|
| Отделители | | Короткозамыкатели | |
| ОД-35 | 0,5 | КЗ-35 | 0,4 |
| ОД-110 | 0,7-0,9 | КЗ-110 | 0,4 |
| ОД-110М | 0,5 | КЗ-110М | 0,35 |
| ОД-150 | 1,0 | КЗ-220, КЗ-150 | 0,5 |
| ОД-150М | 0,7 | КЗ-150М | 0,4 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ОД-220<br>ОД-220М | 1,0<br>0,7 | КЗ-220М | 0,4 |

**Испытательное напряжение промышленной частоты изоляции ячеек КРУ и КРУН**

Таблица 75

| Класс напряжения, кВ | Испытательное напряжение, кВ, ячейки с изоляцией | | Класс напряжения, кВ | Испытательное напряжение, кВ, ячейки с изоляцией | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Керамической | из твердых органических материалов | | Керамической | из твердых органических материалов |
| 3 | 24 | 21,6 | 15 | 55 | 49,5 |
| 6 | 32 | 28,8 | 20 | 65 | 58,5 |
| 10 | 42 | 37,8 | 35 | 95 | 85,5 |

**Наибольшее допустимое сопротивление постоянному току контактов КРУ и КРУН**

Таблица 76

| Измеряемый объект | Сопротивление, Ом |
|---|---|
| Соединения сборных шин (выборочно) | Не должно превышать более чем в 1,2 раза сопротивление участка шин той же длины без соединения |
| Разъемные соединения первичной цепи (выборочно, если позволяет конструкция КРУ) | Определяется заводскими инструкциями. Для КРУ, у которых инструкции не нормируют сопротивление, их сопротивление должно быть не более, мкОм:<br>для контактов: 400 А - 75 мкОм<br>-» - 600 А - 60 мкОм<br>-» - 900 А - 50 мкОм<br>-» - 1200 А - 40 мкОм<br>-» - 1600 А - 40 мкОм<br>-» - 2000 А и выше - 33 мкОм |
| Разъединяющие контакты вторичной силовой цепи (выборочно, только для контактов скользящего тип1) | Сопротивление контактов должно быть не более 4000 мкОм |
| Связь заземления выдвижного элемента с корпусом | Не более 0,1 Ом |

**Испытательное напряжение промышленной частоты для изоляции токопровода**

Таблица 77

| Класс напряжения, кВ | Испытательное напряжение, кВ, токопровода с изоляцией | |
|---|---|---|
| | фарфоровой | смешанной (керамической и из твердых органических материалов) |
| 6 | 32 | 28,8 |
| 10 | 42 | 37,8 |
| 15 | 55 | 49,5 |
| 20 | 65 | 58,5 |
| 35 | 95 | 85,5 |

**Испытательное напряжение промышленной частоты фарфоровой опорной изоляции сухих токоограничивающих реакторов и предохранителей**

Таблица 78

| Класс напряжения реактора, кВ | 3 | 6 | 10 | 15 | 20 | 35 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Испытательное напряжение, кВ | 24 | 32 | 42 | 55 | 65 | 95 |

**Указания по снятию характеристик электрофильтров**

Таблица 79

| Испытуемый объект | Порядок снятия вольт-амперных характеристик | Требования к результатам испытаний |
|---|---|---|
| 1. Каждое поле на воздухе | Вольт-амперная характеристика снимается при плавном повышении напряжения с интервалами изменения токовой нагрузки 5 - 10 % номинального значения до предпробойного уровня. Она снимается при включенных в непрерывную работу механизмах встряхивания электродов и дымососах | Пробивное напряжение на электродах должно быть не менее 40 кВ при номинальном токе короны в течение 15 мин |
| 2. Все поля электро-фильтра на воздухе | То же | Характеристики, снятые в начале и конце 24 ч испытания, не должны отличаться друг от друга более чем на 10 % |
| 3. Все поля электро-фильтра на дымовом газе | Вольт-амперная характеристика снимается при плавном повышении напряжения до предпробойного уровня (восходящая ветвь) с интервалами изменения токовой нагрузки 5-10 % номинального значения и при плавном снижении напряжения (нисходящая ветвь) с теми же интервалами токовой нагрузки. Она снимается при номинальной паровой нагрузке котла и включенных в непрерывную работу механизмах встряхивания электродов | Характеристики, снятые в начале и конце 72 ч испытания, не должны отличаться друг от друга более чем на 10 % |

**Испытательное напряжение промышленной частоты для элементов и цепей статических преобразователей**

Таблица 80

| Испытуемые узлы и цепи преобразователя | Узлы, по отношению к которым испытывают изоляцию | Испытательное напряжение, В, для схем схем | |
|---|---|---|---|
| | | нулевых | мостовых |
| Преобразователи | | | |
| Цепи, связанные с анодами | Заземленные детали | 2,25 $U_d$ + 3750 | 1,025 $U_d$ + 3750 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Катоды и корпуса вентилей и цепи, связанные с катодами, расположенными в шкафах | То же | 1,5 $U_d$ + 750 | 1,025 $U_d$ + 3750 |
| Рамы | То же | — | 1,5 $U_d$ + 750 |
| Вторичные обмотки вспомогательных трансформаторов и цепи, связанные с ними | Первичные обмотки вспомогательных трансформаторов и цепи, связанные с ними, а также заземленные детали | 1,5 $U_d$ + 750 (но не менее 2250 3) | 1,025 $U_d$ + 3750 (но не менее 2250 3) |
| Преобразовательные трансформаторы | | | |
| Вентильные обмотки и их выводы | Корпус и другие обмотки | 2,25 $U_d$ + 3750 | 1,025 $U_d$ + 3750 |
| Уравнительные реакторы (обмотки и выводы) и вторичные обмотки утроителей частоты | Корпус | 2,25 $U_d$ + 3750 | — |
| Ветви уравнительного реактора | Один по отношению к другому | 1,025 $U_d$ + 750 | 1,025 $U_d$ + 3750 |
| Анодные делители (обмотки и выводы) | Корпус или заземленные детали | 2,25 $U_d$ + 3750 | |

**Наибольшее допустимое отклонение емкости конденсаторов**

Таблица 81

| Наименование или тип конденсатора | Допустимое отклонение, % |
|---|---|
| Конденсаторы для повышения коэффициента мощности напряжением:<br>до 1050 В<br>выше 1050 В | ± 10<br>+ 10<br>- 5 |
| Конденсаторы типов:<br>СМР-66/$\sqrt{3}$, СМР-110/$\sqrt{3}$ | + 10<br>- 5 |
| СМР-166/$\sqrt{3}$, СМР-133/$\sqrt{3}$, ОМР-15 | ± 5 |
| ДМР-80, ДМРУ-80, ДМРУ-60, ДМРУ-55, ДМРУ-110 | ± 10 |

**Испытательное напряжение промышленной частоты конденсаторов для повышения коэффициента мощности**

Таблица 82

| Испытуемая изоляция | Испытательное напряжение, кВ, для конденсаторов с рабочим напряжением, кВ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,22 | 0,38 | 0,50 | 0,66 | 3,15 | 6,3 | 10,50 |
| Между обкладками | 0,42 | 0,72 | 0,95 | 1,25 | 5,9 | 11,8 | 20 |
| Относительно корпуса | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 5,1 | 5,1 | 15,3 | 21,3 |

**Испытательное напряжение промышленной частоты для конденсаторов связи, отбора мощности и делительных конденсаторов**

Таблица 83

| Тип конденсатора | Испытательное напряжение элемента конденсатора, кВ |
|---|---|
| СМР-66/$\sqrt{3}$<br>СМР-110/$\sqrt{3}$<br>СМР-166/$\sqrt{3}$<br>ОМР-15<br>ДМР-80, ДМРУ-80, ДМРУ-60, ДМРУ-55<br>ДМРУ-110 | 90<br>193,5<br>235,8<br>49,5<br>144<br>252 |

**Испытательное напряжение для конденсаторов продольной компенсации**

Таблица 84

| Тип конденсатора | Испытательное напряжение, кВ | |
|---|---|---|
| | промышленной частоты относительно корпуса | постоянного тока между обкладками конденсатора |
| КПМ-0,6-50-1 | 16,2 | 4,2 |
| КПМ-0,6-25-1 | 16,2 | 4,2 |
| КМП-1-50-1 | 16,2 | 7,0 |
| КМП-1-50-1-1 | — | 7,0 |

**Значение сопротивлений вентильных разрядников**

Таблица 85

| Тип разрядника или элемента | Сопротивление, МОм | |
|---|---|---|
| | не менее | не более |
| РВМ-3 | 15 | 40 |
| РВМ-6 | 100 | 250 |
| РВМ-10 | 170 | 450 |
| РВМ-15 | 600 | 2000 |
| РВМ-20 | 1000 | 10000 |
| РВРД-3 | 95 | 200 |
| РВРД-6 | 210 | 940 |
| РВРД-10 | 770 | 5000 |
| Элемент разрядника РВМГ<br>110М<br>150М<br>220М<br>330М<br>400<br>500 | 400<br>400<br>400<br>400<br>400<br>400 | 2500<br>2500<br>2500<br>2500<br>2500<br>2500 |
| Основной элемент разрядника РВМК-330, 500 | 150 | 500 |
| Вентильный элемент разрядника РВМК-330, 500 | 0,010 | 0,035 |
| Искровой элемент разрядника РВМК-330, 500 | 600 | 1000 |

**Допустимые токи проводимости вентильных разрядников при выпрямленном напряжении**

Таблица 86

| Тип разрядника или элемента | Испытательное | Ток проводимости при |
|---|---|---|

| | выпрямленное напряжение, кВ | температуре разрядника 20°С, мкА | |
|---|---|---|---|
| | | не менее | не более |
| РВС-15 | 16 | 450 | 620 |
| РВС-15* | 16 | 200 | 340 |
| РВС-20 | 20 | 450 | 620 |
| РВС-20* | 20 | 200 | 340 |
| РВС-33 | 32 | 450 | 620 |
| РВС-35 | 32 | 450 | 620 |
| РВС-35* | 32 | 200 | 340 |
| РВМ-3 | 4 | 380 | 450 |
| РВМ-6 | 6 | 120 | 220 |
| РВМ-10 | 10 | 200 | 280 |
| РВМ-15 | 18 | 500 | 700 |
| РВМ-20 | 28 | 500 | 700 |
| РВЭ-25М | 28 | 400 | 650 |
| РВМЭ-25 | 32 | 450 | 600 |
| РВРД-3 | 3 | 30 | 85 |
| РБРД-6 | 6 | 30 | 85 |
| РВРД-10 | 10 | 30 | 85 |
| Элемент разрядника РВМГ-110М, 150М, 220М, 330М, 400, 500 | 30 | 1000 | 1350 |
| Основной элемент разрядника РВМК-330, 500 | 18 | 1000 | 1350 |
| Искровой элемент разрядника РВМК-330, 500 | 28 | 900 | 1300 |

* Разрядники для сетей с изолированной нейтралью и компенсацией емкостного тока замыкания на землю, выпущенные после 1975 г.

Примечание. Для приведения токов проводимости разрядников к температуре + 20°С следует внести поправку, равную 3 % на каждые 10 градусов отклонения (при температуре больше 20°С поправка отрицательная).

**Токи проводимости ограничителей перенапряжений при переменном напряжении частоты 50 Гц**

Таблица 87

| Тип ограничителя перенапряжений | Наибольшее рабочее напряжение частоты 50 Гц, кВ | Ток проводимости при температуре 20°С, мА | |
|---|---|---|---|
| | | Значение, при котором необходимо ставить вопрос о замене ограничителя | Предельное значение, при котором ограничитель должен быть выведен из работы |
| ОПН-110У1 | 73 | 1,0 | 1,2 |
| ОПН-1-110ХЛ4 | 73 | 2,0 | 2,5 |
| ОПН-110ПН | 73 | 0,9 | 1,2 |
| ОПН-150У1 | 100 | 1,2 | 1,5 |
| ОПН-150ПН | 100 | 1,1 | 1,5 |
| ОПН-220У1 | 146 | 1,4 | 1,8 |
| ОПН 1-220ХЛ4 | 146 | 2,0 | 2,5 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ОПН-220ПН | 146 | 1,3 | 1,8 |
| ОПН-330 | 210 | 2,4 | 3,0 |
| ОПН-330ПН | 210 | 2,2 | 3,0 |
| ОПН-500У1 | 303 | 4,5 | 5,5 |
| ОПН-500ПН | 303 | 3,4 | 4,5 |

**Пробивное напряжение искровых промежутков элементов вентильных разрядников при промышленной частоте**

Таблица 88

| Тип элемента | Пробивное напряжение, кВ |
|---|---|
| Элемент разрядников РВМГ-110, РВМГ-150, РВМГ-220 | 59-73 |
| Элемент разрядников РВМГ-330, РВМГ-500 | 60-75 |
| Основной элемент разрядников РВМК-330, РВМК-500 | 40-53 |
| Искровой элемент разрядников РВМК-330, РВМК-500, РВМК-550П | 70-85 |
| Основной элемент разрядников РВМК-500П | 43-54 |

**Наибольший допустимый тангенс угла диэлектрических потерь основной изоляции и изоляции измерительного конденсатора вводов и проходных изоляторов при температуре +20°С**

Таблица 89

| Наименование объекта испытания и вид основной изоляции | Тангенс угла диэлектрических потерь, %, при номинальном напряжении, кВ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3-15 | 20-35 | 60-110 | 150-220 | 330 | 500 |
| Маслонаполненные вводы и проходные изоляторы с изоляцией: | | | | | | |
| маслобарьерной | — | 3,0 | 2,0 | 2,0 | 1,0 | 1,0 |
| бумажно-масляной * | — | — | 1,0 | 0,8 | 0,7 | 0,5 |
| Вводы и проходные изоляторы с бакелитовой изоляцией (в том числе маслонаполненные) | 3,0 | 3,0 | 2,0 | — | — | — |

* У трехзажимных вводов помимо измерения основной изоляции должен производиться и контроль изоляции отводов от регулировочной обмотки. Тангенс угла диэлектрических потерь изоляции отводов должен быть не более 2,5 %.

**Испытательное напряжение промышленной частоты вводов и проходных изоляторов**

Таблица 90

| Номинальное напряжение, кВ | Испытательное напряжение, кВ | | |
|---|---|---|---|
| | Керамические изоляторы, испытываемые отдельно | Аппаратные вводы и проходные изоляторы с основной керамической или жидкой изоляцией | Аппаратные вводы и проходные изоляторы с основной бакелитовой изоляцией |
| 3 | 25 | 24 | 21,6 |
| 6 | 32 | 32 | 28,8 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 10 | 42 | 42 | 37,8 |
| 15 | 57 | 55 | 49,5 |
| 20 | 68 | 65 | 58,5 |
| 35 | 100 | 95 | 85,5 |

**Наибольший допустимый тангенс угла диэлектрических потерь масла в маслонаполенных вводах при температуре +70°С**

Таблица 91

| Конструкция ввода | Тангенс угла диэлектрических потерь, %, для напряжения вводов, кВ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 110-220 | | 330-500 | |
| | Масло марки Т-750 | Масло прочих марок | Масло марки Т-750 | Масло прочих марок |
| Маслобарьерный<br>Бумажно-масляный:<br>негерметичный<br>герметичный | —<br>5<br>5 | 7<br>7<br>7 | —<br>3<br>3 | 7<br>5<br>5 |

**Испытательное напряжение опорных одноэлементных изоляторов**

Таблица 92

| Испытуемые изоляторы | Испытательное напряжение, кВ, для номинального напряжения электроустановки, кВ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | 6 | 10 | 15 | 20 | 35 |
| Изоляторы, испытуемые отдельно<br>Изоляторы, установленные в цепях шин и аппаратов | 25<br>24 | 32<br>32 | 42<br>42 | 57<br>55 | 68<br>65 | 100<br>95 |

**Предельные допустимые значения показателей качества трансформаторного масла**

*См. Ответ Комитета атомного и энергетического надзора и контроля МЭ РК на вопрос от 6 ноября 2015 года (kaenk.gov.kz) «В таблице 93 «Предельные допустимые значения показателей качества трансформаторного масла» произошла опечатка в значениях температуры вспышки в закрытом тигле по ГОСТ 6356-75, оС, где указано «35» необходимо читать «135»*

Таблица 93

| ль качества и номер та на метод ытания | Свежее сухое масло перед заливкой в оборудование | | | | | | Масло непосредственно после заливки в о | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ГК ТУ38.101 1025-85 | Т-1500 ГОСТ 982-80 | Т-500У ТУ38.401 | ТКп. 38.401 5949-92 | ТКп.38.401 830-90 | ТСп ГОСТ 10121-76 | ГК ТУ38.101 1025-85 | Т-1500 ГОСТ 982-80 | Т-500У ТУ38.401 | ТКп.38.401 5949-92 | Т |
| 1 | | | | | | | | | 0 | 1 | 2 |
| ное ие по ГОСТ кВ) не | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 5 | 5 | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| орудование:<br><br>льно | | | | | | | | | | | |
| | | | 5 | 5 | 5 | 5 | | | 0 | 0 | |
| льно | | | | | | | | | | | |
| до 110 кВ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| до 500 кВ | 5 | 5 | 5 | 5 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| ание<br>ских<br>ГОСТ 6370-<br>17216-71<br>орудование<br><br>льно | отсутствие | | | | | | отсутствие | | | | |
| 0 кВ, % не | 0,0008 | | | | | | 0,0008 | | | | |
| ное число<br>5-79, мг<br>г масла, не | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | |
| створимые<br>щелочи по<br>7-75 | отсутствие | | | | | | отсутствие | | | | |
| атура<br>в закрытом<br>ГОСТ 6356-<br>ниже | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | |
| атура<br>ия по ГОСТ<br>°С, не выше | 45 | 45 | 55 | 45 | 45 | 45 | | | | | |
| ая проба,<br>ая плотность<br>19296-73 в<br>е более | | | | 0,4 | 0,4 | 0,4 | | | | | |
| чность при 5<br>ное масло | прозрачно | | | | | | прозрачно | | | | |
| | 0,015 | тс | тс | 0,01 | тс | тс | | | | | |
| ость ГОСТ<br><br>ство осадков<br>сления, % | | | | | | | | | | | |
| ное число<br>ого масла,<br>а 1 г масла, | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | | | | | |
| | | | | | | | | | 0 | 1 | |
| нс угла<br>ических<br>ОСТ 6581-<br>более, при | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,0 | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| содержание<br>2-75, %<br>), не более<br>орматоры со<br>итой,<br>еские,<br>олненные<br><br>ьные<br>маторы | для всех масел 0,001 % (10 г/т) | | | | | | для всех масел 0,001 % (10 г/т | | | | |
| етичное<br>орудование<br>д. защиты | для всех масел 0,002 % (20 г/т) | | | | | | для всех масел 0,0025 % (25 г/ | | | | |
| <br>орудование<br>ствии<br>ий<br>тий-<br>елей по<br>венному<br>нию данного<br>я (ГОСТ | для всех масел отсутствие | | | | | | для всех масел отсутствие | | | | |
| жание<br>ительной<br>АГИДОЛ-1<br>43.105-89, %<br>менее | 0,25 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,25 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | |
| одержание<br>43.107-95, %<br>е более | для всех масел 0,5 | | | | | | для всех масел 1,0 | | | | |

**Наименьшее допустимое сопротивление изоляции аппаратов, вторичных цепей и электропроводки до 1 кВ**

Таблица 94

| Испытуемый объект | Напряжение мегаомметра, В | Сопротивление изоляции, МОм | Примечание |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Вторичные цепи управления, защиты, измерения, сигнализации в электроустановках напряжением выше 1 кВ: | | | |
| Шинки оперативного тока и шинки цепей напряжения на щите управления | 500-1000 | 10 | Испытания производятся при отсоединенных цепях |
| Каждое присоединение | 500-1000 | 1 | Испытания |

| | | | |
|---|---|---|---|
| вторичных цепей и цепей питания приводов выключателей и разъединителей | | | производятся со всеми присоединенными аппаратами (обмотки приводов, контакторы, реле, приборы, вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения) |
| Вторичные цепи управления, защиты, сигнализации в релейно-контакторных схемах установок напряжением до 1 кВ | 500-1000 | 0,5 | Испытания производятся со всеми присоединенными аппаратами (магнитные пускатели, контакторы, реле, приборы) |
| Цепи бесконтактных схем системы регулирования и управления, а также присоединенные к ним элементы | По данным завода-изготовителя | | — |
| Цепи управления, защиты и возбуждения машин постоянного тока напряжением до 1,1 кВ, присоединенных к цепям главного тока | 500-1000 | 1 | — |
| Силовые и осветительные электропроводки | 1000 | 0,5 | Испытания в осветительных проводках производятся до вворачивания ламп с присоединением нулевого провода к корпусу светильника. Изоляция измеряется между проводами и относительно земли |
| Распределительные устройства, щиты и токопроводы напряжением до 1 кВ | 500-1000 | 0,5 | Испытания производятся для каждой секции распределительного устройства |

**Испытание контакторов и автоматических выключателей многократными включениями и отключениями**

Таблица 95

| Операция | Напряжение оперативного тока, % номинального | Количество операций |
|---|---|---|
| Включение | 90 | 5 |
| Включение и отключение | 100 | 5 |
| Отключение | 80 | 10 |

**Напряжение оперативного тока, при котором должно обеспечиваться нормальное функционирование схем**

Таблица 96

| Испытуемый объект | Напряжение оперативного тока, % номинального | Примечание |
|---|---|---|
| Схемы защиты и сигнализации в установках напряжением выше 1кВ | 80, 100 | — |
| Схемы управления в установках напряжением выше 1 кВ: Испытание на включение | 90, 100 | — |
| То же, но на отключение | 80, 100 | — |
| Релейно-контакторные схемы в установках напряжением до 1 кВ | 90, 100 | Для простых схем кнопка - магнитный пускатель проверка работы на пониженном напряжении не производится |
| Бесконтактные схемы на логических элементах | 85, 100, 110 | Изменение напряжения производится на входе в блок питания |

**Испытательное напряжение выпрямленного тока для силовых кабелей**

Таблица 97

| Изоляция и марка кабеля | Испытательное выпрямленное напряжение, кВ, для силовых кабелей на рабочее напряжение, кВ | | | | | | | | | | | | | Продолжительность испытания, мин |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,66* | 1* | 2 | 3 | 6 | 10 | 20 | 35 | 11 | 15 | 22 | 33 | 50 | |
| Бумажная | - | 6 | 12 | 18 | 36 | 60 | 10 | 17 | 28 | 34 | 51 | 67 | 86 | 10 (15**) |
| Резиновая | - | - | - | 6 | 12 | 20 | - | - | - | - | - | - | - | 5 |
| Пластмассовая | 3,5 | 5 | - | 15 | 36 | 60 | - | - | 28 | - | - | - | - | 10 |

* Испытание выпрямленным напряжением одножильных кабелей с пластмассовой изоляцией без брони (экранов), проложенных на воздухе, не производится.

** Для кабелей на напряжение 110-500 кВ.

**Токи утечки и коэффициенты асимметрии для силовых кабелей**

Таблица 98

| Кабели напряжением, кВ | Испытательное напряжение, кВ | Допустимые значения токов утечки, мА | Допустимые значения коэффициента асимметрии, $I_{max}/I_{min}$ |
|---|---|---|---|
| 6 | 36<br>45 | 0,2<br>0,3 | 8<br>8 |
| 10 | 50<br>60 | 0,5<br>0,5 | 8<br>8 |
| 20<br>35 | 100<br>140<br>150<br>175 | 1,5<br>1,8<br>2,0<br>2,5 | 10<br>10<br>10<br>10 |
| 110 | 285 | Не нормируется | Не нормируется |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 150 | 347 | Не нормируется | Не нормируется |
| 220 | 510 | " | " |
| 330 | 670 | " | " |
| 500 | 865 | " | " |

**Нормы на показатели качества масел марок С-220, МН-3 и МН-4 и изоляционной жидкости марки ПМС**

Таблица 99

| Показатель качества масла | Для вновь вводимой линии | | |
|---|---|---|---|
| | С-220, 5-РА | МН-3, МН-4 | ПМС |
| Пробивное напряжение в стандартном сосуде, кВ, не менее | 45 | 45 | 35 |
| Степень дегазации (растворенный газ), %, не более | 0,5 | 1,0 | — |

Примечание. Испытания масел, не указанных в таблице 99, производить в соответствии с требованием изготовителя.

**Тангенс угла диэлектрических потерь масла и изоляционной жидкости (при 100оС), %, не более, для кабелей на напряжение, кВ**

Таблица 100

| Напряжение, кВ | 110 | 150-220 | 330-500 |
|---|---|---|---|
| tg$\delta$, % | 0,5/0,8* | 0,5/0,8* | 0,5/- |

* В числителе указано значение для масел С-220 и 5-РА, в знаменателе - для МН-3, МН-4 и ПМС.

**Удельная эффективная длина пути утечки поддерживающих гирлянд изоляторов и штыревых изоляторов ВЛ на металлических и железобетонных опорах, внешней изоляции электрооборудования и изоляторов ОРУ**

Таблица 101

| Степень загрязнения | $\lambda_э$, см/кВ (не менее), при номинальном напряжении, кВ | |
|---|---|---|
| | до 35 включительно | 110-750 |
| 1 | 1,90 | 1,60 |
| 2 | 2,35 | 2,00 |
| 3 | 3,00 | 2,50 |
| 4 | 3,50 | 3,10 |

**50%-ные разрядные напряжения гирлянд ВЛ 6-750 кВ, внешней изоляции электрооборудования и изоляторов ОРУ 6-750 кВ в загрязненном и увлажненном состоянии**

Таблица 102

| Номинальное напряжение электроустановки, кВ | 50%-ные разрядные напряжения, кВ (действующие значения) |
|---|---|
| 6 | 8 |
| 10 | 13 |
| 35 | 42 |
| 110 | 110 |

| | |
|---|---|
| 150 | 150 |
| 220 | 220 |
| 330 | 315 |
| 500 | 460 |
| 750 | 685 |

**СЗ вблизи химических предприятий и производств**

Таблица 103

| Расчетный объем выпускаемой продукции, тыс. т/год | СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | до 500 | от 500 до 1000 | от 1000 до 1500 | от 1500 до 2000 | от 2000 до 2500 | от 2500 до 3000 | от 3000 до 5000 | от 5000 |
| До 10 | | 1 | 3 | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| От 10 до 500 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| От 500 до 1500 | | 2 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| От 1500 до 2500 | | 3 | 2 | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| От 2500 до 3500 | | 3 | 3 | | 2 | 1 | 1 | 1 |
| От 3500 до 5000 | | 4 | 3 | | 3 | 2 | 2 | 1 |

**СЗ вблизи нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий и производств**

Таблица 103-1

| Подотрасль | Расчетный объем выпускаемой продукции, тыс. т/год | СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | до 500 | от 500 до 1000 | от 1000 до 1500 | от 1500 до 200 | от 2000 до 3500 | от 3500 |
| Нефтеперерабатывающие заводы | До 1000 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | От 1000 до 5000 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | От 5000 до 9000 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | От 9000 до 18000 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Нефтехимические заводы и комбинаты | До 5000 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | От 5000 до 10000 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | От 10000 до 15000 | 4 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| | От 15000 до 20000 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 1 |
| Заводы синтетического Каучука | До 50 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | От 50 до 150 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | От 150 до 500 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | От 500 до 1000 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Заводы | До 100 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| резинотехнических изделий | От 100 до 300 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

**СЗ вблизи предприятий по производству газов и переработке нефтяного газа**

Таблица 104

| Подотрасль | Расчетный объем выпускаемой продукции | СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м | | |
|---|---|---|---|---|
| | | до 500 | от 500 до 1000 | от 1000 |
| Производство газов | Независимо от объема | 2 | 1 | 1 |
| Переработка нефтяного газа | Независимо от объема | 3 | 2 | 1 |

**СЗ вблизи предприятий по производству целлюлозы и бумаги**

Таблица 105

| Подотрасль | Расчетный объем выпускаемой продукции, тыс. т/год | СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | до 500 | от 500 до 1000 | от 1000 до 1500 | от 1500 |
| Производство целлюлозы и полуцеллюлозы | До 75 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | От 75 до 150 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | От 150 до 500 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| | От 500 до 1000 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Производство бумаги | Независимо от объема | 1 | 1 | 1 | 1 |

**СЗ вблизи предприятий и производств черной металлургии**

Таблица 106

| Подотрасль | Расчетный объем выпускаемой продукции, тыс. т/год | СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 500 | от 500 до 1000 | от 1000 до 1500 | от 1500 до 2000 | от 2000 до 2500 | от 2500 |
| Выплавка чугуна и стали | До 1500 | | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | От 1500 до 7500 | | | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | От 7500 до 12000 | | | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Горнообогатительные комбинаты | До 2000 | | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | От 2000 до 5500 | | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | От 5500 до 10000 | | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | От 10000 до 13000 | | | 2 | 1 | 1 | 1 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Коксохимпроизводство | До 5000 | | | 2 | 2 | 2 | 1 |
| | От 5000 до 12000 | | | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Ферросплавы | До 500 | | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | От 500 до 700 | | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | От 700 до 1000 | | | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Производство магнезиальных изделий | Независимо от объема | | | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Прокат и обработка чугуна и стали | Независимо от объема | | | 1 | 1 | 1 | 1 |

**СЗ вблизи предприятий и производств цветной металлургии**

Таблица 107

| Подотрасль | Расчетный объем | СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | выпускаемой продукции, тыс. т/год | до 500 | от 500 до 1000 | от 1000 до 1500 | от 1500 до 2000 | от 2000 до 2500 | от 2500 до 3500 | от 3500 |
| Производство Алюминия | До 100 | | | | | | | |
| | От 100 до 500 | | | | | | | |
| | От 500 до 1000 | | | | | | | |
| | От 1000 до 2000 | | | | | | | |
| Производство Никеля | От 1 до 5 | | | | | | | |
| | От 5 до 25 | | | | | | | |
| | От 25 до 1000 | | | | | | | |
| Производство редких металлов | Независимо от объема | | | | | | | |
| Производство цинка | Независимо от объема | | | | | | | |
| Производство и обработка цветных металлов | Независимо от объема | | | | | | | |

**СЗ вблизи предприятий по производству строительных материалов**

Таблица 108

| Подотрасль | Расчетный объем выпускаемой продукции, тыс. т/год | СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | до 250 | от 250 до 500 | от 500 до 1000 | от 1000 до 1500 | от 1500 до 2000 | от 2000 до 3000 | от 3000 |
| Производство цемента | До 100 | | | | | | | |
| | От 100 до 500 | | | | | | | |
| | От 500 до 1500 | | | | | | | |
| | От 1500 до 2500 | | | | | | | |
| | От 2500 до 3500 | | | | | | | |
| | От 3500 | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Производство асбеста. | Независимо от объема | | | | | | | |
| Производство бетонных изделий. | Независимо от объема | | | | | | | |

**СЗ вблизи машиностроительных предприятий и производств**

Таблица 109

| Расчетный объем выпускаемой продукции | СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м | |
|---|---|---|
| | до 500 | от 500 |
| Независимо от объема | 2 | 1 |

**СЗ вблизи предприятий легкой промышленности**

Таблица 110

| Подотрасль | Расчетный объем выпускаемой продукции | СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м | | |
|---|---|---|---|---|
| | | до 250 | от 250 до 500 | от 500 |
| Обработка тканей | Независимо от объема | 3 | 2 | 1 |
| Производство искусственных кож и пленочных материалов | Независимо от объема | 2 | 1 | 1 |

**СЗ вблизи предприятий по добыче руд и нерудных ископаемых**

Таблица 111

| Подотрасль | Расчетный объем выпускаемой продукции | СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м | | |
|---|---|---|---|---|
| | | до 250 | от 250 до 500 | от 500 |
| Железная руда. | Независимо от объема | 2 | 1 | 1 |
| Уголь* | Независимо от объема | 3 | 2 | 1 |

* Распространяется на определение СЗ вблизи терриконов.

**СЗ вблизи ТЭС и промышленных котельных**

Таблица 112

| Вид топлива | Мощность, МВт | Высота дымовых труб, м | СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | до 250 | от 250 до 500 | от 500 до 1000 | от 1000 до 1500 | от 1500 до 3000 | от 3000 |
| ТЭС и котельные на углях при зольности менее 30 %, мазуте, газе | Независимо от мощности | Любая | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ТЭС и котельные | До 1000 | Любая | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | От 1000 | До 180 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| на углях при зольности более 30 % | до 4000 | От 180 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ТЭС и котельные на сланцах | До 500 | Любая | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| | От 500 до 2000 | До 180 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| | | От 180 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 |

**СЗ вблизи отвалов пылящих материалов, складских зданий и сооружений, канализационно-очистных сооружений (золоотвалы, солеотвалы, шлакоотвалы, крупные промышленные свалки, предприятия по сжиганию мусора, склады и элеваторы пылящих материалов, склады для хранения минеральныхь удобрений и ядохимикатов, гидрошахты и обогатительные фабрики, станции аэрации и другие канализационно-очистные сооружения)**

Таблица 113

| СЗ при расстоянии от источника загрязнения, м | | |
|---|---|---|
| до 200 | от 200 до 600 | от 600 |
| 3 | 2 | 1 |

**СЗ вблизи автодорог с интенсивным использованием в зимнее время химических противогололедных средств**

Таблица 114

| СЗ при расстоянии от автодорог, м | | |
|---|---|---|
| до 25 | от 25 до 100 | от 100 |
| 3 | 2 | 1 |

**СЗ в прибрежной зоне морей и озер площадью более 10000 м$^2$**

Таблица 115

| Тип водоема | Расчетная соленость воды, г/л | Расстояние от береговой линии, км | СЗ |
|---|---|---|---|
| Незасоленный | До 2 | До 0,1 | 1 |
| Слабозасоленный | От 2 до 10 | До 0,1 | 2 |
| | | От 0,1 до 1,0 | 1 |
| Среднезасоленный | От 10 до 20 | До 0,1 | 3 |
| | | От 0,1 до 1,0 | 2 |
| | | От 1,0 до 5,0 | 1 |
| Сильнозасоленный | От 20 до 40 | До 1,0 | 3 |
| | | От 1,0 до 5,0 | 2 |
| | | От 5,0 до 10,0 | 1 |

**СЗ вблизи градирен и брызгальных бассейнов с удельной проводимостью циркуляционной воды менее 1000 мкСм/см**

Таблица 116

| СЗ района | Расстояние от градирен (брызгального бассейна), м | |
|---|---|---|
| | до 150 | от 150 |
| 1 | 2 | 1 |
| 2 | 3 | 2 |

| | | |
|---|---|---|
| 3 | 4 | 3 |
| 4 | 4 | 4 |

**СЗ вблизи градирен и брызгальных бассейнов с удельной проводимостью циркуляционной воды от 1000 до 3000 мкСм/см**

Таблица 117

| СЗ района | Расстояние от градирен (брызгального бассейна), м | | |
|---|---|---|---|
| | до 150 | от 150 до 600 | от 600 |
| 1 | 3 | 2 | 1 |
| 2 | 4 | 3 | 2 |
| 3 | 4 | 4 | 3 |
| 4 | 4 | 4 | 4 |

**Расчетная СЗ при наложении загрязнений от двух независимых источников**

Таблица 118

| СЗ от первого источника | Расчетная СЗ при степени загрязнения от второго источника | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 3 | 4 |
| 2 | 2 | 3 | 4 |
| 3 | 3 | 4 | 4 |
| 4 | 4 | 4 | 4 |

**Коэффициенты использования $k_и$ подвесных тарельчатых изоляторов со слабо развитой нижней поверхностью изоляционной детали**

Таблица 119

| $L_и/d$ | $k_и$ |
|---|---|
| От 0,90 до 1,05 включительно | 1,00 |
| От 1,05 до 1,10 включительно | 1,05 |
| От 1,10 до 1,20 включительно | 1,10 |
| От 1,20 до 1,30 включительно | 1,15 |
| От 1,30 до 1,40 включительно | 1,20 |

**Коэффициенты использования $k_и$ подвесных тарельчатых изоляторов специального исполнения**

Таблица 120

| Конфигурация изолятора | $k_и$ |
|---|---|
| Двукрылая | 1,20 |
| С увеличенным вылетом ребра на нижней поверхности | 1,25 |
| Аэродинамического профиля (конусная, полусферическая) | 1,0 |
| Колоколообразная с гладкой внутренней и ребристой наружной поверхностями | 1,15 |

**Коэффициенты использования одиночных изоляционных колонок, опорных и подвесных стержневых изоляторов**

Таблица 121

| $L_и/h$ | менее 2,5 | 2,5-3,00 | 3,01-3,30 | 3,31-3,50 | 3,51-3,71 | 3,71-4,00 |
|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $k_к$ | 1,0 | 1,10 | 1,15 | 1,20 | 1,25 | 1,30 |

**Коэффициенты использования $k_к$ составных конструкций с электрически параллельными ветвями (без перемычек)**

Таблица 122

| Количество параллельных ветвей | 1 | 2 | 3-5 |
|---|---|---|---|
| $k_к$ | 1,0 | 1,05 | 1,10 |

**Рекомендуемые области применения подвесных изоляторов различной конфигурации**

Таблица 123

| Конфигурация изолятора | Характеристика районов загрязнения |
|---|---|
| Тарельчатый с ребристой нижней поверхностью ($L_и/D \leq 1,4$) | Районы с 1-2-й СЗ при любых видах загрязнения |
| Тарельчатый гладкий полусферический, тарельчатый гладкий конусный | Районы с 1-2-й СЗ при любых видах загрязнения, районы с засоленными почвами и с промышленными загрязнениями не выше 3-й СЗ |
| Тарельчатый фарфоровый | Районы с 4-й СЗ вблизи цементных и сланцевоперерабатывающих предприятий, предприятий черной металлургии, предприятий по производству калийных удобрений, химических производств, выпускающих фосфаты, алюминиевых заводов при наличии цехов производства электродов (цехов анодной массы) |
| Стержневой фарфоровый нормального исполнения ($L_и/h \leq 2,5$) | Районы с 1-й СЗ, в том числе с труднодоступными трассами ВЛ |
| Тарельчатый двукрылый | Районы с засоленными почвами и с промышленными загрязнениями (2-4-я СЗ) |
| Тарельчатый с сильно выступающим ребром на нижней поверхности ($L_и/D > 1,4$) | Побережья морей и соленых озер (2-4-я СЗ) |
| Стержневой фарфоровый специального исполнения ($L_и/h > 2,5$) | Районы с 2-4-й СЗ при любых видах загрязнения; районы с труднодоступными трассами ВЛ (2-3-я СЗ) |
| Стержневой полимерный нормального исполнения | Районы с 1-2-й СЗ при любых видах загрязнения, в том числе районы с труднодоступными трассами ВЛ |
| Стержневой полимерный специального исполнения | Районы с 2-3-й СЗ при любых видах загрязнения, в том числе районы с труднодоступными трассами ВЛ |

Примечание. D - диаметр тарельчатого изолятора, см; h - высота изоляционной части стержневого изолятора, см; $L_и$ - длина пути утечки, см.

**Наименьшее расстояние для кабельных сооружений**

Таблица 124

| Расстояние | Наименьшие размеры, мм, при прокладке | |
|---|---|---|
| | в туннелях, галереях, кабельных этажах и на эстакадах | в кабельных каналах и двойных полах |
| 1 | 2 | 3 |
| Высота в свету | 1800 | Не ограничивается, но не более 1200 мм |
| По горизонтали в свету между конструкциями при двустороннем их расположении (ширина проход1) | 1000 | 300 при глубине до 0,6 м; 450 при глубине более 0,6 до 0,9 м; 600 при глубине более 0,9 м |
| По горизонтали в свету от конструкции до стены при одностороннем расположении (ширина проход1) | 900 | То же |
| По вертикали между горизонтальными конструкциями*: | | |
| для силовых кабелей напряжением: | | |
| до 10 кВ | 200 | 150 |
| 20-35 кВ | 250 | 200 |
| 110 кВ и выше | 300 ** | 250 |
| для контрольных кабелей и кабелей связи, а также силовых сечением до 3х25 мм$^2$ напряжением до 1 кВ | 100 | |
| Между опорными конструкциями (консолями) по длине сооружения) | 800-1000 | |
| По вертикали и горизонтали в свету между одиночными силовыми кабелями напряжением до 35 кВ *** | Не менее диаметра кабеля | |
| По горизонтали между контрольными кабелями связи *** | Не нормируется | |
| По горизонтали в свету между кабелями напряжением 110 кВ и выше | 100 | Не менее диаметра кабеля |

* Полезная длина консоли должна быть не более 500 мм на прямых участках трассы.

** При расположении кабелей треугольником 250 мм.

*** В том числе для кабелей, прокладываемых в кабельных шахтах.

**Наименьшие расстояния от кабельных эстакад и галерей до зданий и сооружений**

Таблица 125

| Сооружение | Нормируемое расстояние | Наименьшие размеры, м |
|---|---|---|
| При параллельном следовании, по горизонтали | | |
| Здания и сооружения с глухими стенами | От конструкции эстакады и галереи до стены здания и сооружения | Не нормируется |
| Здания и сооружения, имеющие стены с проемами | То же | 2 |
| Внутризаводская неэлектрифицированная железная дорога | От конструкции эстакады и галереи до габарита приближения строений | 1 м для галерей и проходных эстакад; 3 м для непроходных эстакад |

| | | |
|---|---|---|
| Внутризаводская автомобильная дорога и пожарные проезды | От конструкции эстакады и галереи до бордюрного камня, внешней бровки или подошвы кювета дороги | 2 |
| Канатная дорога | От конструкции эстакады и галереи до габарита подвижного состава | 1 |
| Надземный трубопровод | От конструкции эстакады и галереи до ближайших частей трубопровода | 0,5 |
| Воздушная линия электропередачи | От конструкции эстакады и галереи до проводов | см.гл.11 |
| При пересечении, по вертикали | | |
| Внутризаводская неэлектрифицированная железная дорога | От нижней отметки эстакады и галереи до головки рельса | 5,6 |
| Внутризаводская электрифицированная железная дорога | От нижней отметки эстакады и галереи: до головки рельса до наивысшего провода или несущего троса контактной сети | 7,1<br>3 |
| Внутризаводская автомобильная дорога (пожарный проезд) | От нижней отметки эстакады и галереи до полотна автомобильной дороги (пожарного проезд1) | 4,5 |
| Надземный трубопровод | От конструкции эстакады и галереи до ближайших частей трубопровода | 0,5 |
| Воздушная линия электропередачи | От конструкции эстакады и галереи до проводов | см.гл.11 |
| Воздушная линия связи и радиофикации | То же | 1,5 |

**Допустимое механическое напряжение в проводах ВЛ до 1 кВ (в % от предела прочности при растяжении)**

Таблица 126

| Материал и номинальное сечение провода | При гололедно-ветровых нагрузках и низшей температуре, $R_г=R_{—}$ | При среднегодовой температуре, $R_{—}$ |
|---|---|---|
| Алюминиевые сечением, $мм^2$:<br>25 - 95 | 35 | 30 |
| 120 | 40 | 30 |
| Из термообработанного и нетермообработанного алюминиевого сплава | 40 | 30 |

| | | |
|---|---|---|
| сечением, мм$^2$:<br>25 - 95 | | |
| 120 | 45 | 30 |
| Сталеалюминиевые сечением, мм$^2$:<br>25 | 35 | 30 |
| 35 - 95 | 40 | 30 |

**Наименьшие допустимые расстояния по горизонтали от подземных частей опор или заземляющих устройств ВЛ до подземных кабелей, трубопроводов и наземных колонок**

Таблица 127

| Объект сближения | Расстояние, м |
|---|---|
| Водо-, газо-, паро- и теплопроводы, а также канализационные трубы | 1 |
| Пожарные гидранты, колодцы (люки) подземной канализации, водоразборные колонки | 2 |
| Кабели (кроме кабелей связи, сигнализации и радиотрансляции) | 1 |
| То же, но при прокладке их в изолирующей трубе | 0,5 |

**Наименьшие расстояния от подземного кабеля ЛС (ПЗ) до подземной части или заземлителя опоры ВЛ в ненаселенной местности**

Таблица 128

| Эквивалентное удельное сопротивление земли, Ом·м | Наименьшее расстояние от подземного кабеля ЛС (ПЗ), м | |
|---|---|---|
| | до заземлителя или подземной части железобетонной и металлической опоры | до подземной части деревянной опоры, не имеющей заземляющего устройства |
| До 100 | 10 | 5 |
| Более 100 до 500 | 15 | 10 |
| Более 500 до 1000 | 20 | 15 |

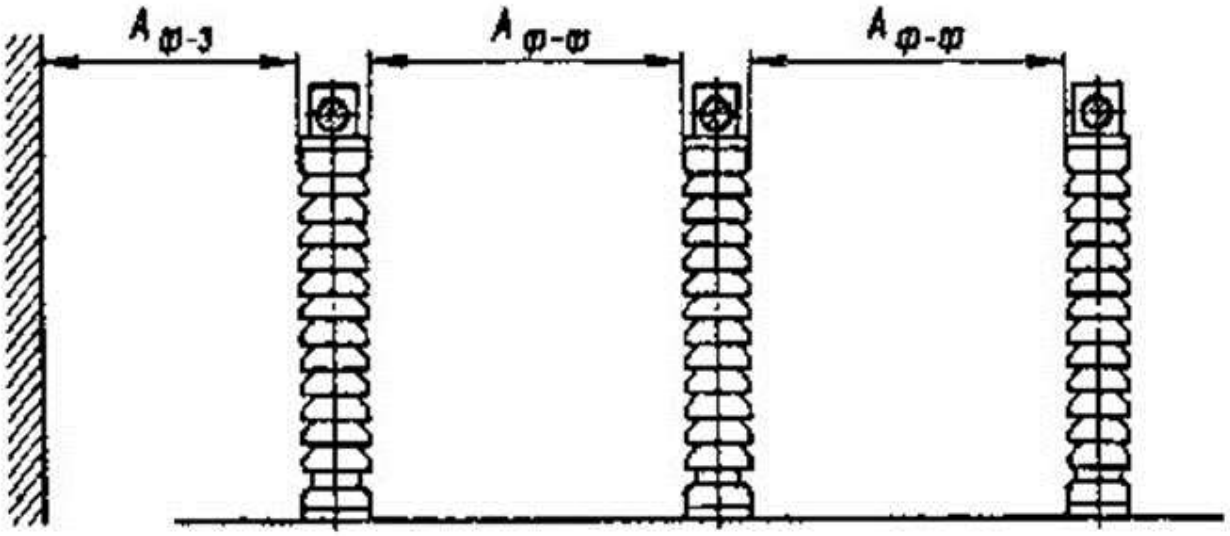



Рис. 1. Наименьшие расстояния в свету при жестких шинах между

токоведущими и заземленными частями (Аф-з) и между токоведущими частями разных фаз (Аф-ф)

**Наименьшие расстояния в свету от токоведущих частей до различных элементов ОРУ (ПС) 110-500 кВ, защищенных ограничителями перенапряжений с защитным уровнем фаза-земля 1,8**

Таблица 129

| Наименование расстояния | Обозначение | Изоляционное расстояние, мм, для номинального напряжения, кВ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 110 | 220 | 330 | 500 |
| От токоведущих частей, элементов оборудования и изоляции, находящихся под напряжением, до земли и постоянных внутренних ограждений выстой не менее 2 м, а также стационарных межъячейковых экранов и противопожарных перегородок | $А_{ф-з}$ | 600 | 1200 | 2000 | 3000 |
| От токоведущих частей, элементов оборудования и изоляции, находящихся под напряжением, до заземленных конструкций: головка аппарата-опора; провод-стойка; траверса; провод-кольцо; стержень | $А^{1}_{ф-з}$ | 600 | 1200 | 1600 | 2700 |
| Между токопроводящими частями разных фаз | $А_{ф-ф}$ | 750 | 1600 | 2200 | 3400 |
| От токоведущих частей, элементов оборудования и изоляции, находящихся под напряжением, до постоянных внутренних ограждений высотой до 1,6 м, до транспортного оборудования | Б | 1350 | 1950 | 2350 | 3450 |
| Между токопроводящими частями разных цепей в разных плоскостях при обслуживании нижней цепи и не отключенной верхней | В | 1800 | 2400 | 2800 | 3900 |
| От неогражденных токопроводящих частей до земли или до кровли зданий при наибольшем провисании провода | Г | 3300 | 3900 | 4700 | 5700 |
| Между токопроводящими частями разных цепей в разных плоскостях, а также между токопроводящими частями разных цепей по | $Д^{1}$ | 2600 | 3200 | 3600 | 4700 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| горизонтали при обслуживании одной цепи и не отключенной другой | | | | | |

**Наименьшее расстояние от токоведущих частей до различных элементов ОРУ (подстанций) в свету по Рис. 1-10**

Таблица 130

| Номер рисунка | Наименование расстояния | Обозначение | Изоляционное расстояние, мм, для номинального напряжения, кВ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | до 10 | 20 | 5 | 110 | 220 | 330 | 00 |
| 1<br>2<br>3 | От токоведущих частей или от элементов оборудования и изоляции, находящихся под напряжением, до заземленных конструкций или постоянных внутренних ограждений высотой не менее 2 м | $A_{ф-з}$ | 200 | 300 | 400 | 900 | 1800 | 2500 | 3750 |
| 1<br>2 | Между проводами разных фаз | $A_{ф-ф}$ | 220 | 330 | 440 | 1000 | 2000 | 2800 | 4200 |
| 3<br>5<br>9 | От токоведущих частей или от элементов оборудования и изоляции, находящихся под напряжением, до постоянных внутренних ограждений высотой 1,6 м, до габаритов транспортируемого оборудования | Б | 950 | 1050 | 1150 | 1650 | 2550 | 3250 | 4500 |
| 6 | Между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях при обслуживаемой нижней цепи и неотключенной верхней | В | 950 | 1050 | 1150 | 1650 | 3000 | 4000 | 5000 |
| 4 | От неогражденных | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | токоведущих частей до земли или до кровли зданий при наибольшем провисании проводов | Г | 2900 | 3000 | 3100 | 3600 | 4500 | 5000 | 6450 |
| 6<br>7<br>8<br>10 | Между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях, а также между токоведущими частями разных цепей по горизонтали при обслуживании одной цепи и неотключенной другой, от токоведущих частей до верхней кромки внешнего забора, между токоведущими частями и зданиями или сооружениями | Д | 2200 | 2300 | 2400 | 2900 | 3800 | 4500 | 5750 |
| 9 | От контакта и ножа разъединителя в отключенном положении до ошиновки, присоединенной ко второму контакту | Ж | 240 | 365 | 485 | 1100 | 2200 | 3100 | 4600 |

Примечания:

1) Для элементов изоляции, находящихся под распределенным потенциалом, изоляционные расстояния следует принимать с учетом фактических значений потенциалов в разных точках поверхности. При отсутствии данных о распределении потенциала следует условно принимать прямолинейный закон падения потенциала вдоль изоляции от полного номинального напряжения (со стороны токоведущих частей) до нуля (со стороны заземленных частей).

2) Расстояние от токоведущих частей или от элемента изоляции (со стороны токоведущих частей), находящихся под напряжением, до габаритов трансформаторов, транспортируемых по железнодорожным путям, уложенным на бетонном основании сооружений гидроэлектростанций, допускается принять менее размера Б, но не менее размера $А_{ф-з}$.

3) Расстояния $A_{ф-з}$ и $A_{ф-ф}$ в электроустановках напряжением 220 кВ и выше, расположенных на высоте более 1000 м над уровнем моря, должны быть увеличены в соответствии с требованиями ГОСТ 1516.1-76 *.

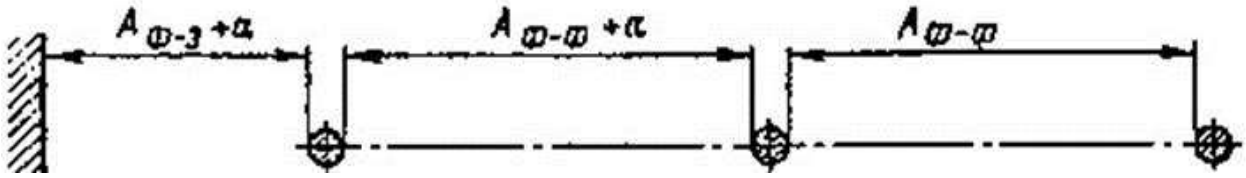



Рис. 2. Наименьшие расстояния в свету при гибких шинах между токоведущими и заземленными частями и между токоведущими частями разных фаз, расположенными в одной горизонтальной плоскости.

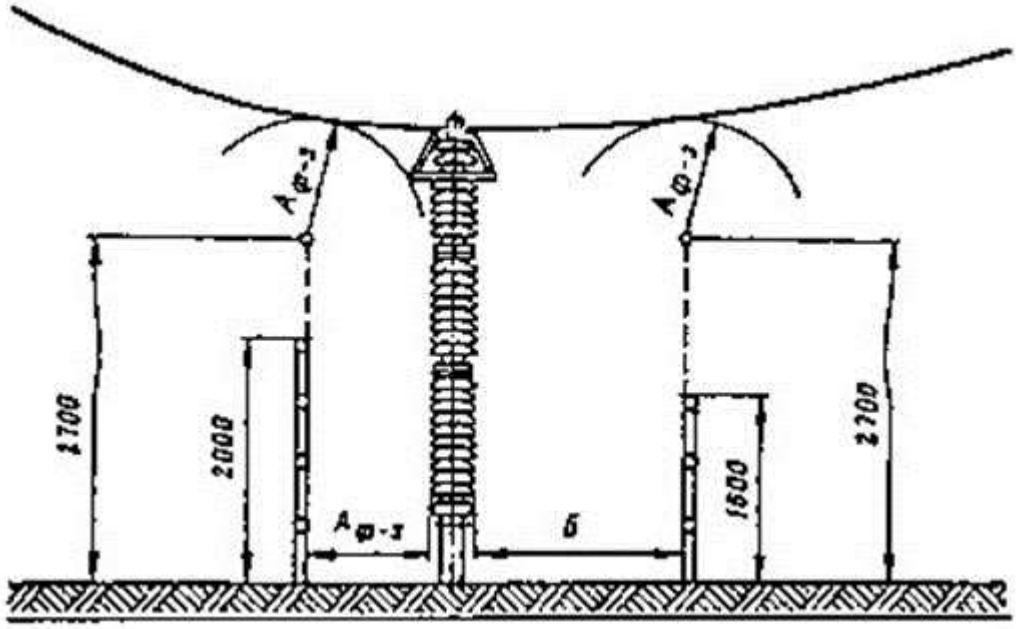



Рис. 3. Наименьшие расстояния от токоведущих частей и элементов изоляции, находящихся под напряжением, до постоянных внутренних ограждений.

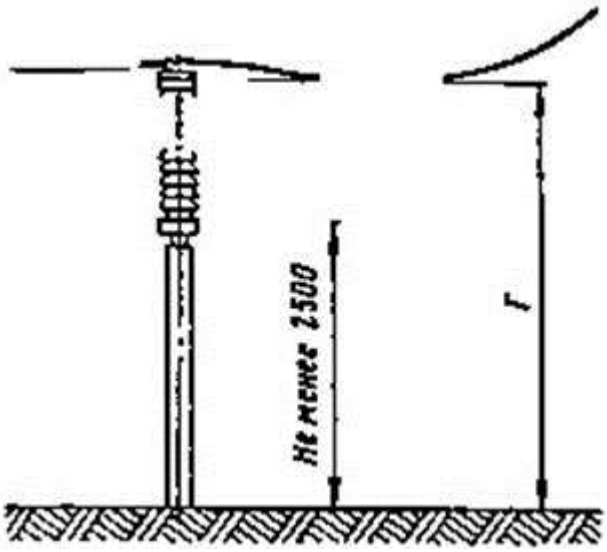



Рис. 4. Наименьшие расстояния от неогражденных токоведущих частей и от нижней кромки фарфора изоляторов до земли.

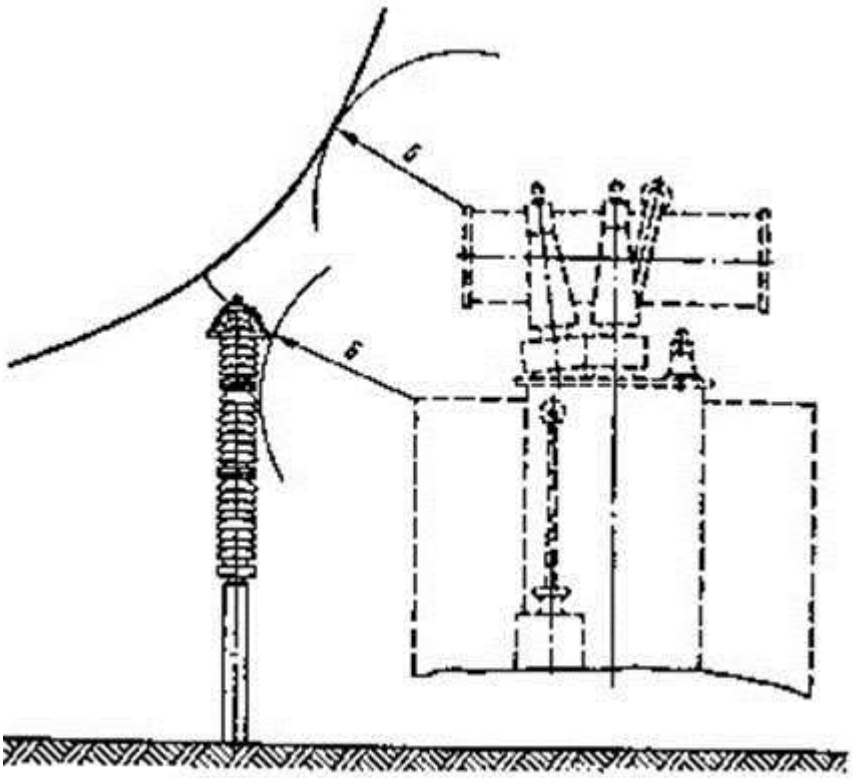



Рис. 5. Наименьшие расстояния от токоведущих частей до транспортируемого оборудования.

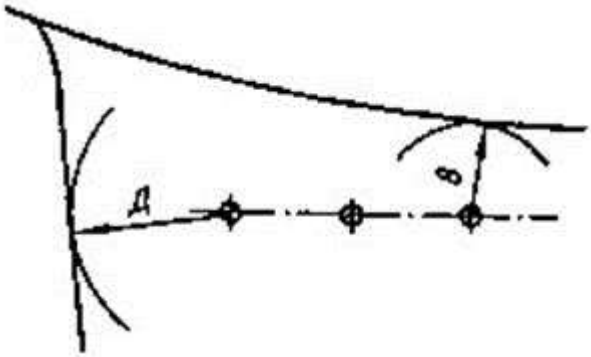



Рис. 6. Наименьшие расстояния между токоведущими частями разных цепей, расположенных в различных плоскостях, с обслуживанием нижней цепи при неотключенной верхней.

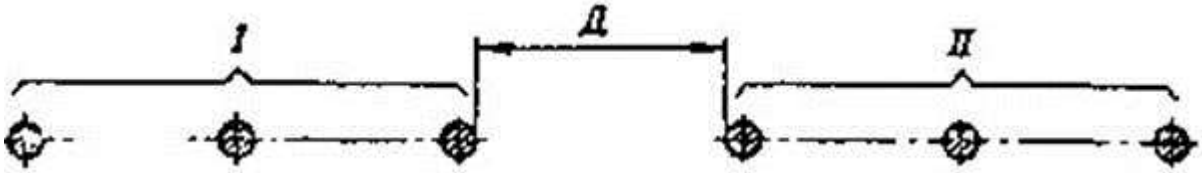



Рис. 7. Наименьшие расстояния по горизонтали между токоведущими частями разных цепей с обслуживанием одной цепи при неотключенной другой

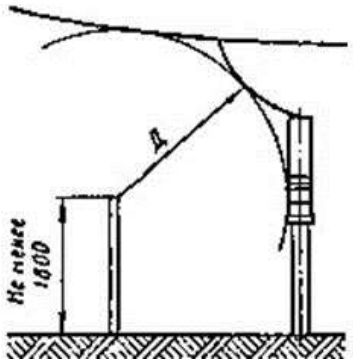



Рис. 8. Наименьшие расстояния от токоведущих частей до верхней кромки внешнего ограждения

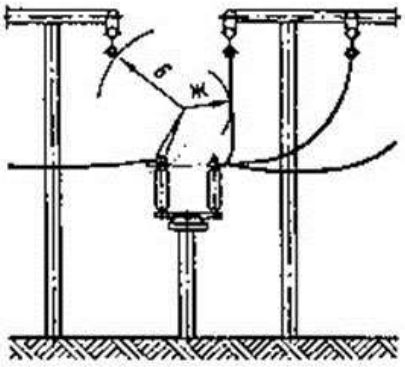



Рис. 9. Наименьшие расстояния от контактов и ножей разъединителей в отключенном положении до заземленных и токоведущих частей

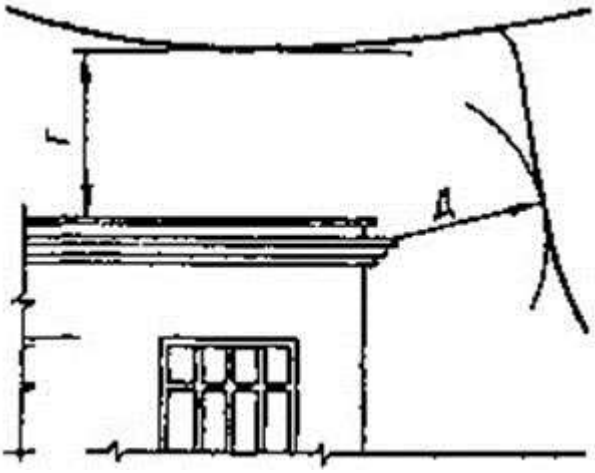



Рис. 10. Наименьшие расстояния между токоведущими частями и зданиями и сооружениями.

**Наименьшее расстояние от открыто установленных электротехнических устройств до водоохладителей подстанций**

Таблица 131

| Водоохладитель | Расстояние, м |
|---|---|
| Брызгальные устройства и открытие градирни | 80 |
| Башенные и одновентиляторные градирни | 30 |
| Секционные вентиляторные градирни | 42 |

**Наименьшее расстояние от складов водорода до здания подстанции и опор ВЛ**

Таблица 132

| Количество хранимых на складе баллонов | Расстояние, м | |
|---|---|---|
| | до зданий подстанций | до опор ВЛ |
| До 500 | 20 | 1,5 высоты опоры |
| Более 500 | 25 | 1,5 высоты опоры |

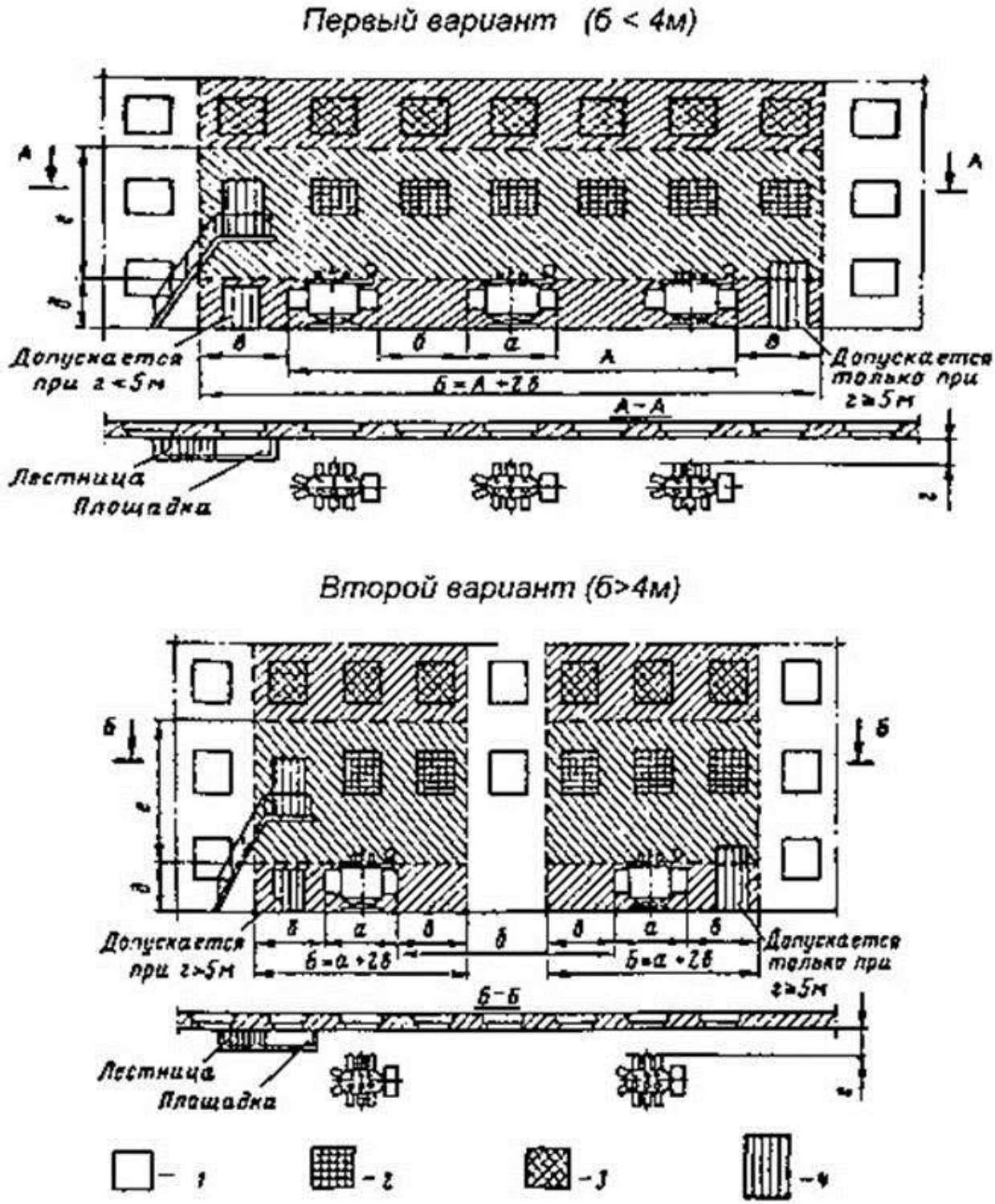



Рис. 11. Требования к открытой установке маслонаполненных трансформаторов у зданий с производствами категории Г и Д (по противопожарным нормам):

1 - обычное окно;
2 - неоткрывающееся окно с несгораемым заполнением;
3 - окно, открывающееся внутрь здания, с металлической сеткой снаружи;
4 - огнестойкая дверь.

**Наименьшее расстояние в свету от токоведущих частей до различных элементов ЗРУ**

Таблица 133

| Номер рисунка | Наименование расстояний | Обозначение | Изоляционное расстояние, мм, для напряжения, кВ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 6 | 10 | 20 | 35 | 110 | 220 |
| 12 | От токоведущих частей до заземленных конструкций и частей зданий | $А_{ф-з}$ | 90 | 120 | 180 | 290 | 700<br>600 | 1700<br>1200 |
| 12 | Между проводниками разных фаз | $А_{ф-ф}$ | 100 | 130 | 200 | 320 | 800<br>700 | 1800<br>1600 |
| 13 | От токоведущих частей до сплошных ограждений | Б | 120 | 150 | 210 | 320 | 730<br>650 | 1730<br>1250 |
| 1020 | От токоведущих частей до сетчатых ограждений | В | 190 | 220 | 280 | 390 | 800<br>700 | 1800<br>1300 |
| 1020 | Между неогражденными токоведущими частями ведущих цепей | Г | 2000 | 2000 | 2200 | 2200 | 2900<br>2800 | 3800<br>3400 |
| 1021 | От неогражденных токоведущих частей до пола | Д | 2500 | 2500 | 2700 | 2700 | 3400<br>3300 | 4200<br>3700 |
| 1021 | От неогражденных выводов из ЗРУ до земли при выходе их не на территорию ОРУ и при отсутствии проезда под выводами | Е | 4500 | 4500 | 4750 | 4750 | 5500<br>5400 | 6500<br>6000 |
| 1020 | От контакта и ножа разъединителя в отключенном положении до ошиновки, присоединенной ко второму контакту | Ж | 110 | 150 | 220 | 350 | 900<br>850 | 2000<br>1800 |

Примечание. В знаменателе приведены расстояния в случае использования для защиты элементов ЗРУ 110 и 220 кВ ограничителей перенапряжений с защитным уровнем фаза-земля 1,8.

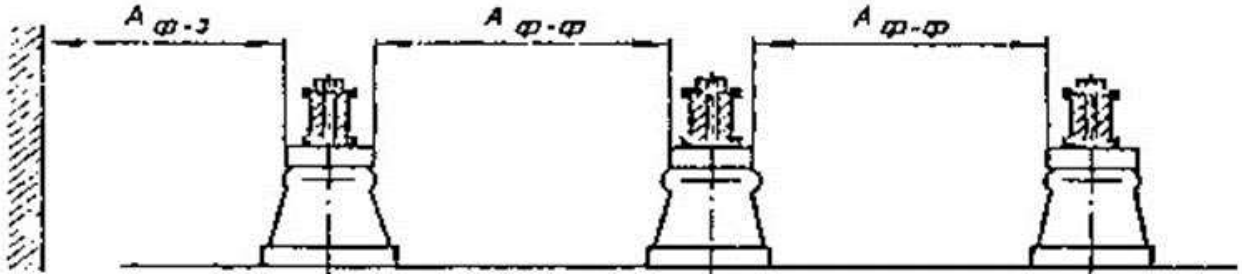



Рис. 12. Наименьшие расстояния в свету между неизолированными

токоведущими частями разных фаз в ЗРУ и между ними и заземленными частями (по таблице 133)

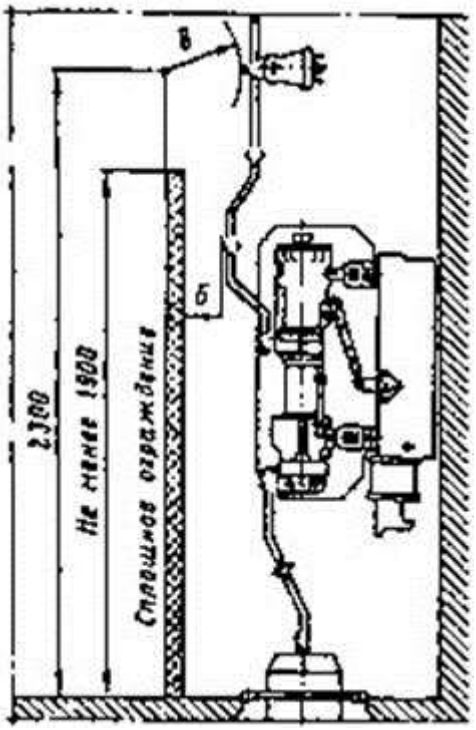



Рис. 13. Наименьшие расстояния между неизолированными токоведущими частями в ЗРУ и сплошными ограждениями (по таблице 133)

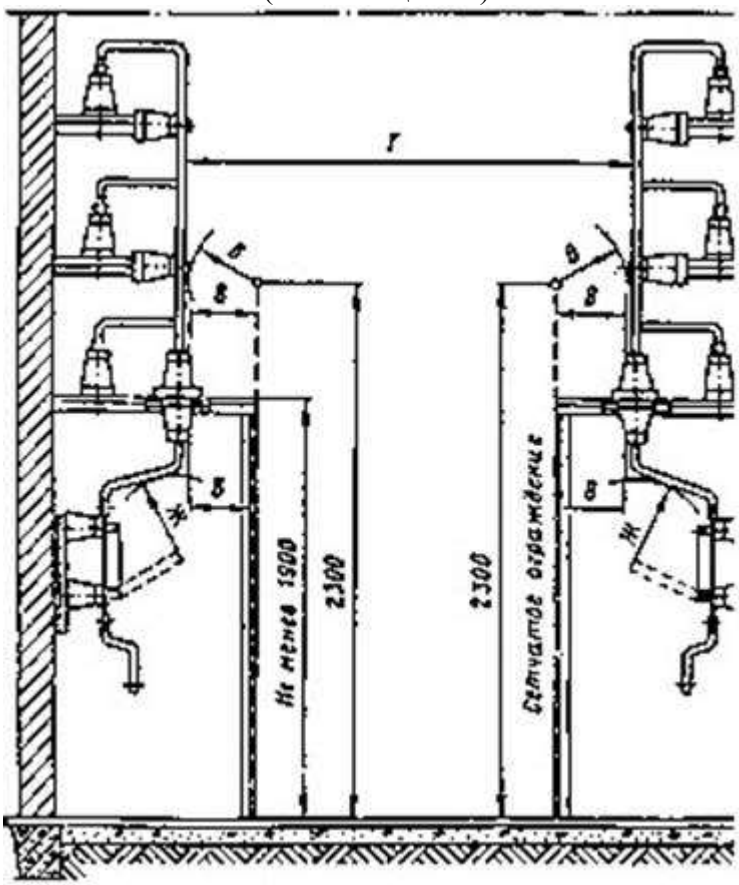



Рис. 14. Наименьшие расстояния от неизолированных токоведущих частей в ЗРУ до сетчатых ограждений и между неогражденными неизолированными токоведущими частями разных цепей (по таблице 133)

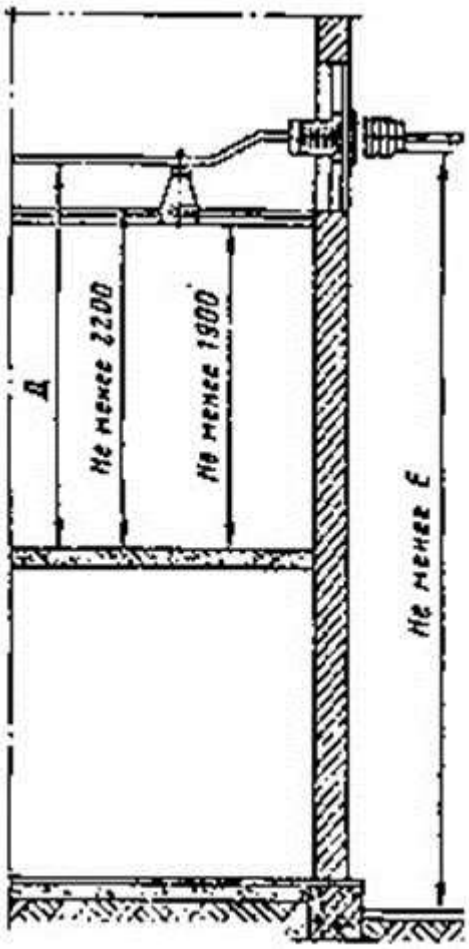



Рис. 15. Наименьшие расстояния от пола до неогражденных неизолированных токоведущих частей и до нижней кромки фарфора изолятора и высота прохода в ЗРУ. Наименьшие расстояния от земли до неогражденных линейных выводов из ЗРУ вне территории ОРУ и при отсутствии проезда транспорта под выводами

**Защита ВЛ от прямых ударов молнии на подходах к РУ и подстанциям**

Таблица 134

| Номинальное напряжение ВЛ, кВ | Подходы ВЛ на портальных опорах с двумя тросами | | Подходы ВЛ на одностоечных опорах | | | Наибольшее допустимое сопротивление заземляющего устройства опор, Ом, при эквивалентном удельном сопротивлении земли, Ом·м*[2] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Длина защищаемого подхода с повышенным защитным уровнем, км * | Защитный угол троса, град | Длина защищаемого подхода с повышенным защитным уровнем, км * | Количество тросов, шт. | Защитный угол троса, град | до 100 | более 100 до 500 | более 500 |
| 35 | 0,5 *[3] | 25-30 | 1-2 | 1-2 | 30 | 10 | 15 | 20 |
| | 1-2 | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 110 | 1-3 | 25-30 | 1-3 | 1-2 | 25*[4] | 10 | 15 | 20*[5] |
| 220 | 2-3 | 25 | 2-3 | 2 | 20*[4] | 10 | 15 | 20*[5] |
| 330 | 2-4 | 25 | 2-4 | 2 | 20 | 10 | 15 | 20*[5] |
| 500 | 3-4 | 25 | - | - | - | 10 | 15 | 20*[5] |

* Выбор длины защищаемого подхода производится с учетом расстояний между вентильным разрядником и защищаемым оборудованием, указанных в таблице 136.

*[2] На подходах ВЛ 110-220кВ с одностоечными двухцепными опорами заземляющие устройства опор рекомендуется выполнять с сопротивлением не более 5, 10 и 15 Ом при грунтах с эквивалентным удельным сопротивлением до 100, более 100 и до 500 и более 500 Ом•м соответственно.

*[3] Применяется только для подстанций с трансформаторами мощностью до 1,6 МВ А.

*[4] На одностоечных железобетонных опорах допускается угол защиты до 30°.

*[5] Для портальных опор, устанавливаемых в земле с эквивалентным удельным сопротивлением более 1000 Ом·м, допускается сопротивление заземляющего устройства более 20, но не более 30 Ом.

**Рекомендуемый размер основных и дополнительных защитных промежутков**

Таблица 135

| Номинальное напряжение, кВ | Размер защитных промежутков, мм | |
|---|---|---|
| | основных | дополнительных |
| 6 | 40 | 10 |
| 10 | 60 | 15 |
| 20 | 140 | 20 |
| 35 | 250 | 30 |
| 110 | 650 | — |
| 220 | 1350 | — |
| 330 | 1850 | — |
| 500 | 3000 | — |

**Наибольшее допустимое расстояние от вентильных разрядников до защищаемого оборудования 35-220 кВ**

Таблица 136

| Длина щищаемого тросом хода ВЛ с ышенным щитным овнем, км | Расстояние до силовых трансформаторов, м | | | | | | | | | | | | Расст | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Тупиковые РУ | | | | РУ с двумя постоянно включенными ВЛ | | | | РУ с тремя или более постоянно включенными ВЛ | | | | Тупик | |
| | Разрядники III группы | | Разрядники II группы | | Разрядники III группы | | Разрядники II группы | | Разрядники III группы | | Разрядники II группы | | Разрядники III группы | |
| | 1 х РВС | 2 х РВС | 1 х РВМГ | 2 х РВМГ | 1 х РВС | 2 х РВС | 1 х РВМГ | 2 х РВМГ | 1 х РВС | 2 х РВС | 1 х РВМГ | 2 х РВМГ | 1 х РВС | 2 х РВС |
| 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 0,5 | 20 | 30 | — | — | 30 | 40 | — | — | 35 | 45 | — | — | 25 | 40 |
| 1,0 | 40 | 60 | — | — | 50 | 100 | — | — | 90 | 120 | — | — | 75 | 100 |
| 1,5 | 60 | 90 | — | — | 80 | 120 | — | — | 120 | 150 | — | — | 100 | 130 |
| 2,0 | 75 | 110 | — | — | 100 | 150 | — | — | 150 | 180 | — | — | 125 | 150 |
| 1,0 | 20 | 30 | — | — | 30 | 40 | — | — | 40 | 50 | — | — | 40 | 60 |
| 1,5 | 30 | 50 | — | — | 50 | 60 | — | — | 60 | 70 | — | — | 60 | 90 |
| 2,0 | 45 | 70 | — | — | 70 | 90 | — | — | 90 | 100 | — | — | 70 | 120 |

Продолжение таблицы 136

| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ортальные (в | 10,0 | 30 | 50 | 40 | 100 | 50 | 70 | 60 | 120 | 70 | 90 | 80 | 125 | 120 | 140 | 130 | 180 | 13 |
| ч. деревянные | 10,5 | 50 | 80 | 70 | 150 | 70 | 90 | 80 | 160 | 90 | 110 | 100 | 175 | 140 | 170 | 150 | 200 | 20 |
| РТ в канале | 20,0 | 70 | 110 | 90 | 180 | 80 | 120 | 100 | 200 | 110 | 135 | 120 | 250 | 170 | 200 | 180 | 220 | 20 |
| рохода) | 20,5 | 90 | 165 | 120 | 220 | 95 | 150 | 125 | 250 | 125 | 180 | 135 | 250 | 190 | 200 | 220 | 250 | 20 |
| | 30,0 | 100 | 180 | 150 | 250 | 110 | 200 | 160 | 250 | 140 | 200 | 170 | 250 | 200 | 200 | 250 | 250 | 20 |
| дностоечные | 10,0 | 15 | 20 | 20 | 50 | 20 | 30 | 30 | 75 | 30 | 40 | 40 | 100 | 70 | 90 | 80 | 110 | 10 |
| еталлические | 10,5 | 30 | 55 | 40 | 80 | 40 | 60 | 50 | 100 | 50 | 70 | 60 | 130 | 110 | 130 | 120 | 160 | 15 |
| | 20,0 | 50 | 75 | 70 | 120 | 60 | 90 | 70 | 150 | 70 | 100 | 90 | 190 | 120 | 150 | 140 | 180 | 20 |
| елезобетонные) | 20,5 | 65 | 100 | 90 | 160 | 70 | 115 | 100 | 200 | 80 | 125 | 120 | 250 | 130 | 200 | 160 | 230 | 20 |
| | 30,0 | 80 | 140 | 120 | 200 | 80 | 140 | 130 | 250 | 95 | 150 | 140 | 250 | 150 | 200 | 180 | 250 | 20 |
| ортальные | 20,0 | - 30 | - 70 | 20 60 | 65 80 | - 50 | - 90 | 60 70 | 100 130 | - 90 | - 120 | 90 110 | 110 140 | 90 | 160 | 100 | 210 | 15 |
| | 20,5 | - 40 | - 90 | 35 80 | 75 100 | - 70 | - 120 | 70 90 | 140 170 | - 110 | - 160 | 100 130 | 150 190 | 110 | 180 | 120 | 250 | 17 |
| | 30,0 | - 50 | - 110 | 80 90 | 100 120 | - 90 | - 150 | 90 120 | 170 200 | - 120 | - 200 | 120 150 | 180 220 | 120 | 200 | 160 | 280 | 19 |
| дностоечные | 20,0 | - 20 | - 50 | 10 40 | 35 60 | - 30 | - 50 | 35 50 | 60 80 | - 50 | - 70 | 45 65 | 65 80 | 60 | 90 | 75 | 130 | 90 |
| еталлические | 20,5 | - 30 | - 70 | 15 60 | 70 80 | - 45 | - 80 | 65 80 | 90 110 | - 70 | - 100 | 80 95 | 90 110 | 80 | 120 | 100 | 180 | 12 |
| елезобетонные) | 30,0 | - 40 | - 90 | 40 85 | 90 100 | - 60 | - 100 | 85 100 | 110 130 | - 85 | - 130 | 100 120 | 120 140 | 100 | 160 | 140 | 230 | 15 |

Примечания:

1) Расстояния от вентильных разрядников до электрооборудования, кроме силовых трансформаторов, не ограничиваются при количестве параллельно работающих ВЛ: на напряжении 110 кВ - 7 и более; 150 кВ - 6 и более; 220 кВ - 4 и более.

2) Допустимые расстояния определяются до ближайшего вентильного разрядника.

3) Расстояния до силовых трансформаторов 150-220 кВ с уровнем изоляции по ГОСТ 1516.1-76* указаны в числителе, повышенным уровнем изоляции по ГОСТ 1516-73 - в знаменателе.

4) При использовании разрядников I группы вместо разрядников II группы по ГОСТ 16357-70* расстояния до силовых трансформаторов 150-220 кВ с уровнем изоляции по ГОСТ 1516.1-76 * могут быть увеличены в 1,5 раза.

**Наибольшее допустимое расстояние от вентильных разрядников до защищаемого оборудования напряжением 330 кВ**

Таблица 137

| анции, о ВЛ | Количество комплектов разрядников, тип, место установки | Длина защищенного подхода ВЛ с повышенным защитным уровнем, км | Расстояние*, м | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | до силовых трансформаторов (автотрансформаторов) и шунтирующих реакторов | | до трансформаторов напряжения | | д элек |
| | | | Портальные опоры | Одностоечные опоры с двумя тросами | Портальные опоры | Одностоечные опоры с двумя тросами | Портал опор |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| но | Один комплект | 2,5 | 4570 | — | 7 590 | — | 130 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ор - | вентильных разрядников II группы у силового трансформатора | 3,0<br>4,0 | 100 | 20<br>50 | 1 15 | 30<br>85 | 140<br>150 |
| | Два комплекта вентильных разрядников II группы: один комплект - у силового трансформатора, второй - в линейной ячейке | 2,5<br>3,0<br>4,0 | 0120<br>160 | —<br>20<br>90 | 250 **<br>320**<br>400** | —<br>100<br>250 | 330*<br>380*<br>450* |
| ло<br>ный | Два комплекта вентильных разрядников II группы на трансформаторных присоединениях | 2,0<br>2,5<br>3,0 | 70<br>110<br>150 | —<br>20<br>65 | 210<br>240<br>260 | —<br>100<br>200 | 335<br>340<br>355 |
| с<br>одним<br>тором,<br>к» | Один комплект вентильных разрядников II группы у силового трансформатора | 2,0<br>2,5<br>3,0 | 80<br>110<br>150 | —<br>50<br>80 | 160<br>210<br>250 | —<br>120<br>150 | 390<br>410<br>425 |
| с<br>двумя<br>торами<br>остик» | Два комплекта вентильных разрядников II группы у силовых трансформаторов | 2,0<br>2,5<br>3,0 | 60<br>80<br>130 | —<br>20<br>60 | 320<br>400<br>475 | —<br>260<br>310 | 420<br>500<br>580 |
| с<br>двумя<br>торами<br>льник» | Два комплекта вентильных разрядников II группы у силовых трансформаторов | 2,0<br>2,5<br>3,0 | 150<br>200<br>240 | —<br>80<br>140 | 500<br>700<br>750 | —<br>320<br>470 | 1000<br>1000<br>1000 |
| лин, с<br>двумя<br>торами | Два комплекта вентильных разрядников II группы у силовых трансформаторов | 2,0<br>2,5<br>3,0 | 150<br>220<br>300 | 40<br>80<br>140 | 960<br>1000<br>1000 | —<br>400<br>1000 | 1000<br>1000<br>1000 |
| лин, с<br>одним<br>тором | Один комплект вентильных разрядников II группы у силового трансформатора | 2,0<br>2,5<br>3,0 | 100<br>175<br>250 | 30<br>70<br>100 | 700<br>800<br>820 | —<br>200<br>700 | 1000<br>1000<br>1000 |

* При использовании разрядников I группы допустимые расстояния увеличиваются в 1,3 раза.

** От разрядников, установленных у силовых трансформаторов.

**Наибольшее допустимое расстояние от вентильных разрядников до защищаемого оборудования напряжением 500 кВ**

Таблица 138

| Схема подстанции, количество ВЛ | Количество комплектов разрядников, тип, место установки | Расстояние, м | | |
|---|---|---|---|---|
| | | До силовых трансформаторов (автотрансформаторо3) и шунтирующих реакторов | До трансформаторов напряжения | До остального электрооборудования |
| Тупиковая, по схеме блока трансформатор-линия | Два комплекта вентильных разрядников II группы: один комплект - у силового трансформатора, второй - в линейной ячейке или на реакторном присоединении | 95 | 150<br>700 | 150<br>00 |
| Проходная, с двумя ВЛ и одним трансформатором по схеме «треугольник» | Два комплекта вентильных разрядников II группы: один комплект - у силового трансформатора, второй - на шинах, в линейной ячейке или на реакторном присоединении | 130 | 350<br>700 | 350<br>900 |
| Проходная, с двумя ВЛ и двумя трансформаторами по схеме «четырехугольник» | Два комплекта вентильных разрядников II группы у силовых трансформаторов | 160 | 350 | 800 |
| С секциями (системой) шин, с тремя ВЛ и двумя трансформаторами | То же | 240 | 450 | 900 |
| С секциями (системой) шин, с тремя ВЛ и одним трансформатором | Один комплект вентильных разрядников II группы у силового трансформатора | 175 | 400 | 600 |

*Примечание.* При использовании вентильных разрядников I группы для защиты оборудования с изоляцией по ГОСТ 1516.1-76 * допустимые расстояния увеличиваются: до силовых трансформаторов (автотрансформаторов), шунтирующих реакторов и трансформаторов напряжения - в 1,5 раза, до остального электрооборудования - в 1,1 раза.

В значениях, указанных дробью, числитель - допустимое расстояние до ближайшего вентильного разрядника (в линейной ячейке, на шинах или на реакторном присоединении), знаменатель - до разрядника, установленного у силового трансформатора.

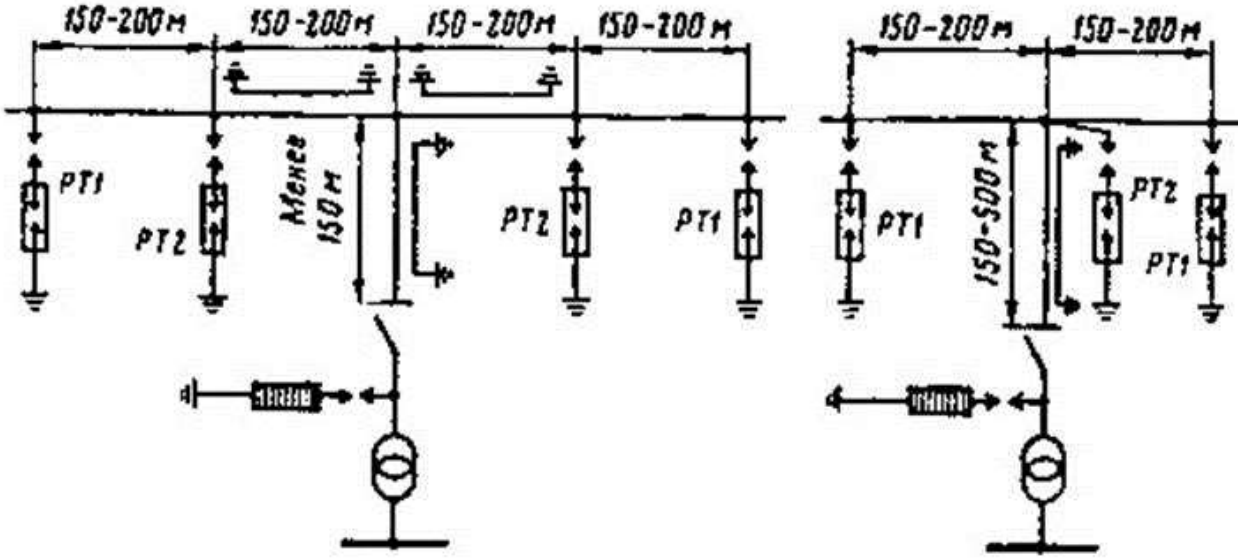



Рис. 16. Схемы защиты от грозовых перенапряжений подстанций, присоединенных к ВЛ ответвлениями длиной до 150 м и более 150 м

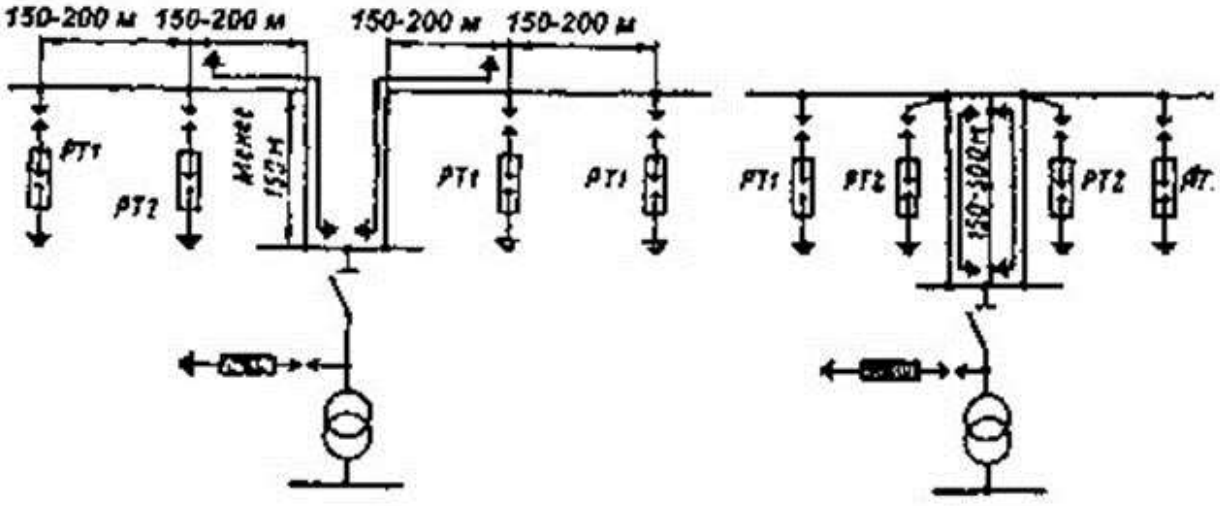



Рис. 17. Схемы защиты от грозовых перенапряжений подстанций, присоединенных к ВЛ с помощью заходов длиной до 150 и более 150 м

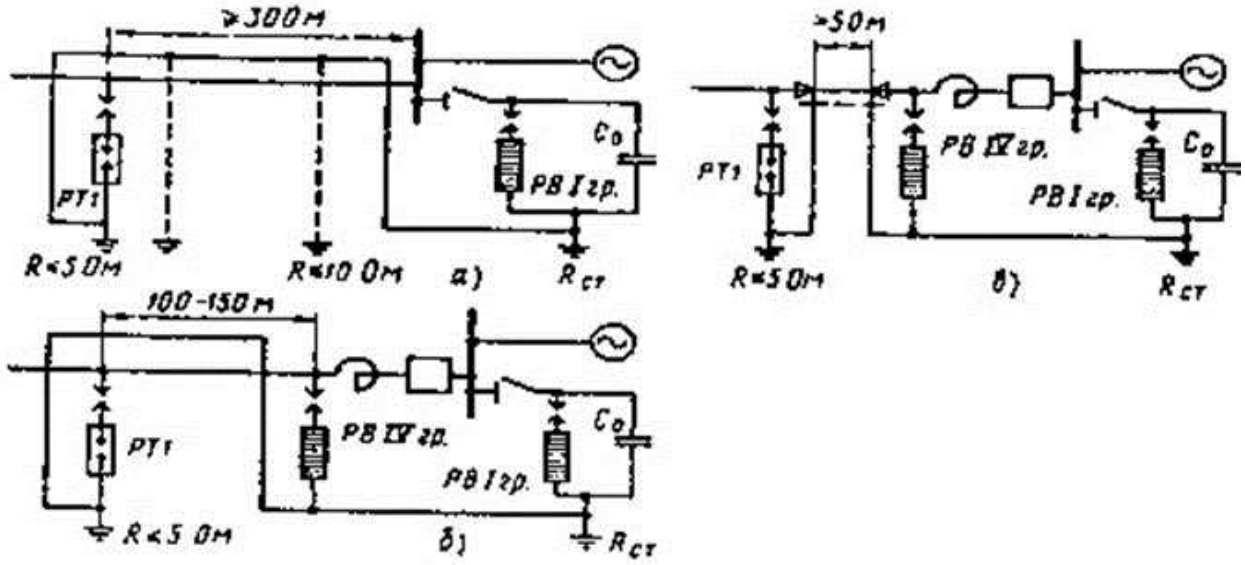



Рис. 18. Схемы защиты вращающихся машин от грозовых перенапряжений

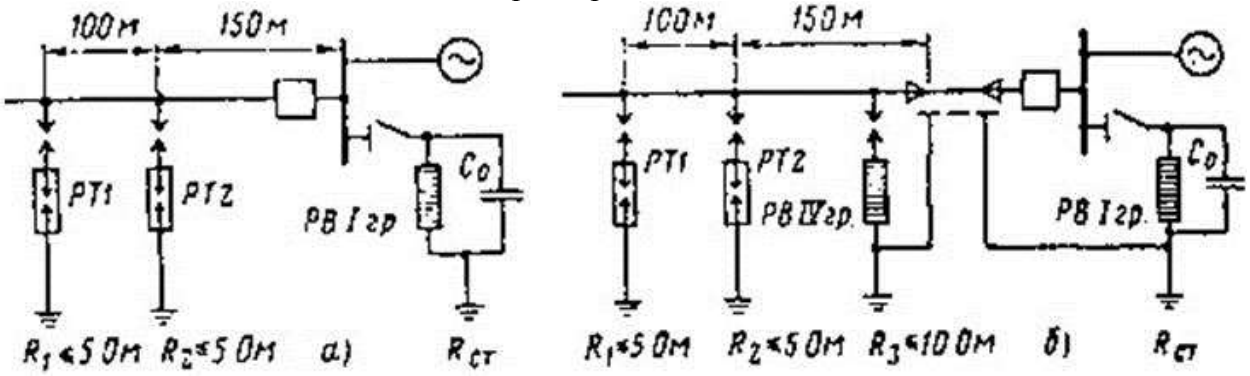



Рис. 19. Схемы защиты электродвигателей мощностью до 3 МВт при подходе ВЛ на деревянных опорах

**Наименьшие допустимые сечения кабелей и проводов электрических сетей в жилых зданиях**

Таблица 139

| Наименование линий | Наименьшее сечение кабелей и проводов с медными жилами, мм$^2$ |
|---|---|
| Линии групповых сетей | 1,5 |
| Линии от этажных до квартирных щитков и к расчетному счетчику | 2,5 |
| Линии распределительной сети (стояки) для питания квартир | 4,0 |

**Категории электроприемников зрелищных предприятий по надежности электроснабжения**

Таблица 140

| Наименование электроприемника | Категория по надежности электроснабжения при суммарной вместимости зрительных залов, чел. | |
|---|---|---|
| | менее 800 | более 800 |
| 1. Электродвигатели пожарных насосов, автоматическая пожарная | I | I |

| | | |
|---|---|---|
| сигнализация и пожаротушение, системы противодымной защиты, оповещения о пожаре, противопожарного занавеса, освещения безопасности и эвакуационного | | |
| 2 Электроприемники постановочного освещения | III | II |
| 3. Электроприемники сценических механизмов | III | II |
| 4. Электроприемники технических аппаратных и систем звукофикации | III | II |
| 5. Остальные электроприемники, не указанные в пп. 1-4, а также комплексы электроприемников зданий с залами вместимостью 300 мест и менее | III | III |

**Категории взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом**

Таблица 141

| Категория смеси | Наименование смеси | БЭМЗ, мм |
|---|---|---|
| I | Рудничный метан | Более 1,0 |
| II | Промышленные газы и пары | — |
| IIA | Промышленные газы и пары | Более 0,9 |
| IIB | Промышленные газы и пары | Более 0,5 до 0,9 |
| IIC | Промышленные газы и пары | До 0,5 |

*Примечание:* Указанные в таблице значения БЭМЗ не могут служить для контроля ширины зазора оболочки в эксплуатации.

**Группы взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом по температуре самовоспламенения**

Таблица 142

| Группа | Температура самовоспламенения смеси, $^{o}$C | Группа | Температура самовоспламенения смеси, $^{o}$C |
|---|---|---|---|
| T1 | Выше 450 | T4 | Выше 135 до 200 |
| T2 | Выше 300 до 450 | T5 | Выше 100 до 135 |
| T3 | Выше 200 до 300 | T6 | Выше 85 до 100 |

**Распределение взрывоопасных смесей по категориям и группам**

Таблица 143

| Категория смеси | Группа смеси | Вещества, образующие с воздухом взрывоопасную смесь |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| I | T1 | Метан (рудничный)* |
| IIA | T1 | Аммиак, аллил хлоридный, ацетон, ацетонитрил, бензол, бензотрифторид, винил хлористый, винилиден хлористый, 1,2-дихлор-пропан, дихлорэтан, диэтиламин, диизопропиловый |

| | | |
|---|---|---|
| | | эфир, доменный газ, изобутилен, изобутан, изопропилбензол, кислота уксусная, ксилол, метан (промышленный)**, метилацетат, $\alpha$-метил-стирол, метил хлористый, метилизоцианат, метилхлорформиат, метилциклопропилкетон, метилэтилкетон, окись углерода, пропан, пиридин, растворители Р-4, Р-5 и РС-1, разбавитель РЭ-1, сольвент нефтяной, стирол, спирт диацетоновый, толуол, трифторхлорпропан, трифторпропен, трифторэтан, трифторхлорэтилен, триэтиламин, хлорбензол, циклопентадиен, этан, этил хлористый |
| | Т2 | Алкилбензол, амилацетат, ангидрид уксусный, ацетилацетон, ацетил хлористый, ацетопропилхлорид, бензин Б95/130, бутан, бутилацетат, бутилпропионат, винилацетат, винилиден фтористый, диатол, диизопропиламин, диметиламин, диметилформамид, изопентан, изопрен, изопропиламин, изооктан, кислота пропионовая, метиламин, метилизобутилкетон, метилметакрилат, метилмеркаптан, метилтрихлорсилан, 2-метилтиофен, метилфуран, моноизобутиламин, метилхлор-метилдихлорсилан, окись мезитила, пентадиен-1,3, пропиламин, пропилен. Растворители: № 646, 647, 648, 649, РС-2, БЭФ и АЭ. Разбавители: РДВ, РКБ-1, РКБ-2. Спирты: бутиловый нормальный, бутиловый третичный, изоамиловый, изобутиловый, изопропиловый, метиловый, этиловый. Трифторпропилметилдихлорсилан, трифторэтилен, трихлор-этилен, изобутил хлористый, этиламин, этилацетат, этилбутират, этилендиамин, этиленхлоргидрин, этилизобутират, этилбензол, циклогексанол, циклогексанон |
| IIA | Т3 | Бензины: А-66, А-72, А-76, «галоша», Б-70, экстракционный по ТУ 38.101.303-72, экстракционный по МРТУ 12Н-20-63. Бутилметакрилат, гексан, гептан, диизобутиламин, дипропиламин, альдегид изовалериановый, изооктилен, камфен, керосин, морфолин, нефть, эфир петролейный, полиэфир ТГМ-3, пентан, растворитель № 651, скипидар, спирт амиловый, триметиламин, топливо Т-1 и ТС-1, уайт-спирит, циклогексан, циклогексиламин, этилдихлортиофосфат, этилмеркаптан |
| IIA | Т4<br>Т5<br>Т6 | Ацетальдегид, альдегид изомасляный, альдегид масляный, альдегид пропионовый, декан, тетраметилдиаминометан, 1,1,3-триэтоксибутан<br>—<br>— |
| IIB | Т1<br>Т2 | Коксовый газ, синильная кислота<br>Дивинил, 4,4-диметилдиоксан, диметилдихлорсилан, диоксан, диэтилдихлорсилан, камфорное масло, кислота акриловая, метилакрилат, метилвинилдихлорсилан, нитрил акриловой кислоты, нитроциклогексан, окись пропилена, окись-2-метилбутена-2, окись этилена, растворители АМР-3 и АКР, триметилхлорсилан, формальдегид, фуран, фурфурол, эпихлоргидрин, этилтрихлорсилан, этилен |
| IIB | Т3<br>Т4<br>Т5<br>Т6 | Акролеин, винилтрихлорсилан, сероводород, тетрагидрофуран, тетраэтоксисилан, триэтоксисилан, топливо дизельное, формальгликоль, этилдихлорсилан, этилцеллозольв<br>Дибутиловый эфир, диэтиловый эфир, диэтиловый эфир |

| | | |
|---|---|---|
| | | этиленгликоля<br>—<br>— |
| IIC | T1<br>T2<br>T3<br>T4<br>T5<br>T6 | Водород, водяной газ, светильный газ, водород 75 % + азот 25 %<br>Ацетилен, метилдихлорсилан<br>Трихлорсилан<br>—<br>Сероуглерод<br>— |

* Под рудничным метаном следует понимать рудничный газ, в котором кроме метана содержание газообразных углеводородов - гомологов метана $C_2$—$C_5$ - не более 0,1 объемной доли, а водорода в пробах газов из шпуров сразу после бурения - не более 0,002 объемной доли общего объема горючих газов.

** В промышленном метане содержание водорода может составлять до 0,15 объемной доли.

**Нижний концентрационный предел воспламенения, температуры тления, воспламенения и самовоспламенения взрывоопасных пылей**

Таблица 144

| Вещество | Взвешенная пыль | | Осевшая пыль | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Нижний концентрационный предел воспламенения, г/м$^3$ | Температура воспламенения, $^o$C | Температура тления, $^o$C | Температура воспламенения, $^o$C | Т самов |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| новая кислота | 35 | 550 | — | 320 | |
| с | 37,8 | 645 | Не тлеет, плавится при 186$^o$C | — | |
| ний | 40 | 550 | 320 | — | |
| пеларгоновая кислота | 10 | 810 | Не тлеет, плавится при 190$^o$C | — | |
| пласт | 52 | 725 | 264 | — | |
| энантовая кислота | 12 | 740 | Не тлеет, плавится при 195$^o$C | 390 | |
| лбензофенон-2-карбоновая а | 23,4 | 562 | Не тлеет, плавится при 130 $^o$C | 261 | |
| иевая соль 2,4-бензолсульфокислоты | 63,6 | — | Не тлеет, плавится | 286 | |
| цен | 5 | 505 | Не тлеет, плавится при 217$^o$C | — | |
| н технический, ТУ БУ-127-69 | 30,4 | 779 | Не тлеет, плавится при 170$^o$C | 220 | |
| н товарный | 39 | 745 | То же | 228 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| подсолнечный пищевой | 26,3 | — | 193 | 212 | |
| соевый пищевой | 39,3 | — | Не тлеет, обугливается | 324 | |
| ифторацетат) дибутилолова | 21,2 | 554 | Не тлеет, плавится при 50°С | 158 | |
| ин $B_{15}$ | 28,2 | 509 | — | — | |
| ин РР из плодов шиповника | 38 | 610 | — | — | |
| инон | 7,6 | 800 | — | — | |
| ороховая | 25 | 560 | — | — | |
| ин | 37,8 | 400 | — | — | |
| ид дициклопентадиена, ТУ 6-05-73 | 19 | — | Не тлеет | 129 | |
| метилгексин-3-диол-2,5 | 9,7 | — | Не тлеет, плавится при 90°С | 121 | |
| ревесная | 11,2 | 430 | — | — | |
| | 45 | 520 | — | — | |
| | 45 | 420 | 245 | — | |
| ра | 10,1 | 850 | — | — | |
| оль | 12,6 | 325 | Не тлеет, плавится при 80°С | — | |
| н | 25 | 597 | | — | |
| ал картофельный | 40,3 | 430 | Не тлеет обугливается | — | |
| ал кукурузный | 32,5 | 410 | Не тлеет, обугливается | — | |
| н лиственных пород | 30,2 | 775 | — | — | |
| н хлопковый | 63 | 775 | — | — | |
| н хвойных пород | 35 | 775 | — | — | |
| т дибутилолова | 23 | 649 | — | 220 | |
| новый ангидрид | 50 | 500 | Не тлеет, плавится при 53°С | — | |
| тетрагидрофталевый ангидрид | 16,3 | 488 | Не тлеет, плавится при 64°С | 155 | |
| вит А кормовой, ТУ 64-5-116-74 | 16,1 | — | Не тлеет, обугливается | 275 | |
| мучные (пшеницы, ржи и других ых культур) | 20—63 | 410 | — | — | |
| лин | 2,5 | 575 | Не тлеет, плавится при 80°С | — | |
| дибутилолова | 22,4 | 752 | 154 | 154 | |
| диоктилолова | 22,1 | 454 | Не тлеет, плавится при 155°С | 155 | |
| крилонитрил | 21,2 | 505 | Не тлеет, | 217 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | обугливается | | |
| поливиниловый | 42,8 | 450 | Не тлеет, плавится при 180—220°С | 205 | |
| зобутилалюмоксан | 34,5 | — | Не тлеет | 76 | |
| ропилен | 12,6 | 890 | — | — | |
| рид полисебациновый<br>дитель<br>7), МРТУ 6-09-6102-69 | 19,7 | 538 | Не тлеет, плавится при 80°С | 266 | |
| гирол | 25 | 475 | Не тлеет, плавится при 220°С | — | |
| порошковая П-ЭП-177, п.518<br>609-70, с дополнителем № 1,<br>цвет | 16,9 | 560 | Не тлеет | 308 | |
| порошковая П-ЭП-967, п. 884,<br>606-70, красно- коричневый цвет | 37,1 | 848 | Не тлеет | 308 | |
| порошковая ЭП-49-Д/2, ВТУ<br>20-71, коричневый цвет | 33,6 | 782 | Не тлеет | 318 | |
| порошковая ПВЛ-212, МПТУ 6-<br>-69, цвет слоновой кости | 25,5 | 580 | Не тлеет | 241 | |
| порошковая П-ЭП-1130У, ВТУ<br>6-37-72 | 33,5 | 633 | Не тлеет | 314 | |
| вин технический | 27,8 | 775 | Не тлеет, плавится при 200°С | 226 | |
| вин товарный, ТУ 6-01-171-67 | 37,2 | 763 | Не тлеет, плавится при 200°С | 215 | |
| пробковая | 15 | 460 | 325 | — | |
| ленинск-кузнецкого каменного<br>арки Д, шахта имени<br>авского | 31 | 720 | 149 | 159 | |
| промышленная резиновая | 10,1 | 1000 | — | — | |
| промышленная целлолигнина | 27,7 | 770 | — | — | |
| сланцевая | 58 | 830 | — | — | |
| (полимер акриловой кислоты, ТУ<br>406-75) | 47,7 | — | Не тлеет | 292 | |
| свекловичный | 8,9 | 360 | Не тлеет, плавится при 160°С | — | |
| | 2,3 | 235 | Не тлеет, плавится при 119°С | — | |
| ин технический, ТУ БУ-104-68 | 38,2 | 790 | Не тлеет, плавится при 220°С | 224 | |
| ин товарный, МРТУ 6-01-419-69 | 42,9 | 740 | Не тлеет, плавится при 225°С | 265 | |
| 113-61 (тиоэстанат диоктилолов1) | 12 | — | Не тлеет, | 261 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | плавится при 68 °С | | |
| АГ | 12,6 | 636 | — | — | |
| имер акрилонитрила с метакрила-том | 18,8 | 532 | Не тлеет, обугливается | 214 | |
| изатор 212-05 | 11,1 | — | Не тлеет, плавится при 57°С | 207 | |
| органическое | 12,6 | 579 | Не тлеет, плавится при 125°С | — | |
| адимезин | 25 | 900 | — | — | |
| | 45 | 330 | — | — | |
| сиэтилен дибутилолова | 13 | 214 | Не тлеет, плавится при 90°С | 200 | |
| нилтриметилциклотрисилоксан | 23,4 | 515 | Не тлеет, плавится при 60°С | 238 | |
| илендиамин | 6,9 | — | Не тлеет, сублимируется | 106 | |
| опин | 15,1 | 683 | — | — | |
| фенольная | 25 | 460 | Не тлеет, плавится при 80-90°С | — | |
| ласт | 36,8 | 491 | 227 | — | |
| цен, бис (циклопентадиенил)- | 9,2 | 487 | Не тлеет | 120 | |
| вый ангидрид | 12,6 | 605 | Не тлеет, плавится при 130°С | — | |
| пентадиенилтрикарбонилмарганец | 4,6 | 275 | — | 96 | |
| ий | 40 | 253 | — | — | |
| т | 7,6 | 360 | Не тлеет, спекается | — | |
| эпоксидная Э-49, ТУ 6-05-1420- | 17,2 | 477 | Не тлеет | 330 | |
| зиция эпоксидная ЭП-49СП, ТУ 41-98-75 | 32,8 | — | Не тлеет | 325 | |
| зиция эпоксидная УП-2196 | 22,3 | — | Не тлеет | 223 | |
| поксидная (отходы при обработке дных компаундо3) | 25,5 | 643 | 198 | 200 | |
| зиция эпоксидная УП-2155, ТУ 6- -26-72 | 29,5 | 596 | Не тлеет | 311 | |
| зиция эпоксидная УП-2111, ТУ 6- -11-71 | 23,5 | 654 | Не тлеет | 310 | |
| антрахинон | 15,8 | — | Не тлеет, плавится при 107°С | 207 | |
| илсексвиоксан (П1Э) | 64,1 | 707 | 223 | 223 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| еллюлоза | 37,8 | 657 | Не тлеет, разлагается при 240°С | — | |
| | 32,8 | 925 | 220 | — | |

* Температура самовоспламенения расплавленного вещества.

**Группы взрывозащищенного электрооборудования по области его применения**

Таблица 145

| Электрооборудование | Знак группы |
|---|---|
| Рудничное, предназначенное для подземных выработок шахт и рудников | I |
| Для внутренней и наружной установки (кроме рудничного) | II |

**Подгруппы электрооборудования группы II с видами взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» и (или) «искробезопасная электрическая цепь»**

Таблица 146

| Знак группы электрооборудования | Знак подгруппы электрооборудования | Категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным |
|---|---|---|
| II | —<br>IIA<br>IIB<br>IIC | IIA, IIB и IIC<br>IIA<br>IIA и IIB<br>IIA, IIB и IIC |

Примечание: Знак применяется для электрооборудования, не подразделяющегося на подгруппы.

**Температурные классы электрооборудования группы II**

Таблица 147

| Знак температурного класса электрооборудования | Предельная температура, °С | Группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным |
|---|---|---|
| T1 | 450 | T1 |
| T2 | 300 | T1, T2 |
| T3 | 200 | T1—T3 |
| T4 | 135 | T1—T4 |
| T5 | 100 | T1—T5 |
| T6 | 85 | T1—T6 |

Примечание:

1. Объемы взрывоопасных газо- и паровоздушной смесей, а также время образования паровоздушной смеси определяются в соответствии с «Указаниями по определению категории производств по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности», утвержденными в установленном порядке.

2. В помещениях с производствами категорий А, Б и Е электрооборудование должно удовлетворять требованиям гл. 32 к электроустановкам во взрывоопасных зонах соответствующих классов.

**Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования**

Таблица 148

| Уровень взрывозащиты | Вид взрывозащиты | Группа (подгруппа) | Температурный класс | Маркировка по взрывозащите |
|---|---|---|---|---|
| Электрооборудование повышенной надежности против взрыва | Защита вида «е» | II | Т6 | 2ExeIIT6 |
| | Защита вида «е» и взрывонепроницаемая оболочка | IIB | Т3 | 2ExedIIBT3 |
| | Искробезопасная электрическая цепь | IIC | Т6 | 2ExiIICT6 |
| | Продувка оболочки под избыточным давлением | II | Т6 | 2ExpIIT6 |
| | Взрывонепроницаемая оболочка и искробезопасная электрическая цепь | IIB | Т5 | 2ExdiIIBT5 |
| Взрывобезопасное электрооборудование | Взрывонепроницаемая оболочка | IIA | Т3 | 1ExdIIAT3 |
| | Искробезопасная электрическая цепь | IIC | Т6 | 1ExiIICT5 |
| | Заполнение оболочки под избыточным давлением | II | Т6 | 1ExpIIT6 |
| | Защита вида «е» | II | Т6 | ExeIIT6 |
| | Кварцевое заполнение оболочки | II | Т6 | 1ExqIIT6 |
| | Специальный<br>Специальный и взрывонепроницаемая оболочка | II<br>IIA | Т6<br>Т6 | 1ExsIIT6<br>1ExsdIIAT6 |
| | Специальный, искробезопасная электрическая цепь и взрывонепроницаемая оболочка | IIB | Т4 | 1ExsidIIBT4 |
| | | | | |
| Особовзрывобезопасное электрообрудование | Искробезопасная электрическая цепь | IIC | Т6 | 0ExiIICT6 |
| | Искробезопасная электрическая цепь и взрывонепроницаемая оболочка | IIA | Т4 | 0ExidIIAT4 |
| | Специальный и искробезопасная электрическая цепь | IIC | Т4 | 0ExsiIICT4 |

**Класс зоны помещения, смежного со взрывоопасной зоной другого помещения**

Таблица 149

| Класс взрывоопасной зоны | Класс зоны помещения, смежного со взрывоопасной зоной другого помещения и отделенного от нее | |
|---|---|---|
| | стеной (перегородкой) с дверью, находящейся во взрывоопасной зоне | стеной (перегородкой) без проемов или с проемами, оборудованными тамбур-шлюзами, или с дверями, находящимися вне взрывоопасной зоны |
| В-I | В-Iа | Невзрыво- и непожароопасная |
| В-Iа | В-Iб | Невзрыво- и непожароопасная |
| В-Iб | Невзрыво- и непожароопасная | Невзрыво- и непожароопасная |
| В-II | В-IIа | Невзрыво- и непожароопасная |
| В-IIа | Невзрыво- и непожароопасная | Невзрыво- и непожароопасная |

**Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических машин (стационарных и передвижных) в зависимости от класса взрывоопасной зоны**

Таблица 150

| Класс взрывоопасной зоны | Уровень взрывозащиты или степень защиты |
|---|---|
| В-I | Взрывобезопасное |
| В-Iа, В-Iг | Повышенной надежности против взрыва |
| В-Iб | Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP44. Искрящие части машины (например, контактные кольц1) должны быть заключены в оболочку также со степенью защиты не менее IP44 |
| В-II | Взрывобезопасное (при соблюдении требований 2060) |
| В-IIа | Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований 2060). Оболочка со степенью защиты IP54*. Искрящие части машины (например, контактные кольц1) должны быть заключены в оболочку также со степенью защиты IP54* |

* До освоения электропромышленностью машин со степенью защиты оболочки IP54 разрешается применять машины со степенью защиты оболочки IP44.

**Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических аппаратов и приборов в зависимости от класса взрывоопасной зоны**

Таблица 151

| Класс взрывоопасной зоны | Уровень взрывозащиты или степень защиты |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Стационарные установки | |
| В-I | Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное |
| В-Iа, В-Iг | Повышенной надежности против взрыва - для аппаратов и приборов, искрящих или подверженных нагреву выше 80°С<br>Без средств взрывозащиты - для аппаратов и приборов, не искрящих и не подверженных нагреву выше 80°С. Оболочка со степенью защиты не менее IP54* |
| В-Iб | Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты |

| | |
|---|---|
| | не менее IP44* |
| В-II | Взрывобезопасное (при соблюдении требований 2060), особовзрывобезопасное |
| В-IIа | Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований 2060). Оболочка со степенью защиты не менее IP54* |
| Установки передвижные или являющиеся частью передвижных и ручные переносные | |
| В-I, В-Iа | Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное |
| В-Iб, В-Iг | Повышенной надежности против взрыва |
| В-II | Взрывобезопасное (при соблюдении требований 2060), особовзрывобезопасное |
| В-IIа | Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований 2060). Оболочка со степенью защиты не менее IP54* |

* Степень защиты оболочки аппаратов и приборов от проникновения воды (2-я цифра обозначения) допускается изменять в зависимости от условий среды, в которой они устанавливаются.

**Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты электрических светильников в зависимости от класса взрывоопасной зоны**

Таблица 152

| Класс взрывоопасной зоны | Уровень взрывозащиты или степень защиты |
|---|---|
| Стационарные светильники | |
| В-I | Взрывобезопасное |
| В-Iа, В-Iг | Повышенной надежности против взрыва |
| В-Iб | Без средств взрывозащиты. Степень защиты IP53* |
| В-II | Повышенной надежности против взрыва (при соблюдении требований 2060) |
| В-IIа | Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований 2060)<br>Степень защиты IP53* |
| Переносные светильники | |
| В-I, В-Iа | Взрывобезопасное |
| В-Iб, В-Iг | Повышенной надежности против взрыва |
| В-II | Взрывобезопасное (при соблюдении требований 2060) |
| В-IIа | Повышенной надежности против взрыва (при соблюдении требований 2060) |

* Допускается изменение степени защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой устанавливаются светильники

**Минимальное допустимое расстояние от отдельно стоящих РУ, ТП и ПП до помещений со взрывоопасными зонами и наружных взрывоопасных установок**

Таблица 153

| Помещения со взрывоопасными зонами и наружные взрывоопасные установки, до которых определяется расстояние | Расстояние от РУ, ТП и ПП, м | |
|---|---|---|
| | закрытых | открытых |
| 1 | 2 | 3 |
| С тяжелыми или сжиженными горючими газами | | |

| | | |
|---|---|---|
| Помещения с выходящей в сторону РУ, ТП и ПП несгораемой стеной без проемов и устройств для выброса воздуха из системы вытяжной вентиляции | 10 | 15 |
| Помещения с выходящей в сторону РУ, ТП и ПП стеной с проемами | 40 | 60 |
| Наружные взрывоопасные установки, установки, расположенные у стен зданий (в том числе емкости) | 60 | 80 |
| Резервуары (газгольдеры), сливно-наливные эстакады с закрытым сливом или наливом | 80 | 100 |
| С легкими горючими газами и ЛВЖ, с горючими пылью или волокнами | | |
| Помещения с выходящей в сторону РУ, ТП и ПП несгораемой стеной без проемов и устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции | Не нормируется | 0,8 (до открыто установленных трансформаторов) |
| Помещения с выходящей в сторону РУ, ТП и ПП стеной с проемами | 6 | 15 |
| Наружные взрывоопасные установки, установки, расположенные у стен зданий | 12 | 25 |
| Сливно-наливные эстакады с закрытым сливом или наливом ЛВЖ | 15 | 25 |
| Сливно-наливные эстакады с закрытым сливом или наливом ЛВЖ | 30 | 60 |
| Резервуары с ЛВЖ | 30 | 60 |
| Резервуары (газгольдеры) с горючими газами | 40 | 60 |

Примечания:

1) Расстояния, указанные в таблице, считаются от стен помещений, в которых взрывоопасная зона занимает весь объем помещения, от стенок резервуаров или от наиболее выступающих частей наружных взрывоопасных установок до стен закрытых и до ограждений открытых РУ, ТП и ПП. Расстояния до подземных резервуаров, а также до стен ближайших помещений, к которым примыкает взрывоопасная зона, занимающая неполный объем помещения, могут быть уменьшены на 50 %.

2) Для рационального использования и экономии земель отдельно стоящие РУ, ТП и ПП (для помещений с взрывоопасными зонами и наружных взрывоопасных установок с легкими горючими газами и ЛВЖ, с горючими пылью или волокнами) допускается применять в порядке исключения, когда по требованиям технологии не представляется возможным применять РУ, ТП и ПП, примыкающие к взрывоопасной зоне.

3) Установки со сжиженным аммиаком следует относить к установкам с легкими горючими газами и ЛВЖ.

4) Расстояния по горизонтали и вертикали от наружных дверей и окон РУ, ТП и ПП до находящихся во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Iа и В-II наружных дверей и окон помещений должны быть не менее 4 м до неоткрывающихся окон и не менее 6 м до дверей и открывающихся окон. Расстояние до окон, заполненных стеклоблоками толщиной 10 см и более, не нормируется.

**Допустимые способы прокладки кабелей и проводов во взрывоопасных зонах**

Таблица 154

| Кабели и провода | Способ прокладки | Сети выше | Силовые сети и | Осветительные сети до 380 В |
|---|---|---|---|---|

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 кВ | вторичные цепи до 1 кВ | |
| Бронированные кабели | Открыто - по стенам и строительным конструкциям на скобах и кабельных конструкциях; в коробах, лотках, на тросах, кабельных и технологических эстакадах; в каналах; скрыто - в земле (траншеях), в блоках | В зонах любого класса | | |
| Небронированные кабели в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках | Открыто - при отсутствии механических и химических воздействий; по стенам и строительным конструкциям на скобах и кабельных конструкциях; в лотках, на тросах | В-Iб, В-IIа, В-Iг | В-Iб, В-IIа, В-Iг | В-Iа, В-Iб, В-IIа, В-Iг |
| | В каналах пылеуплотненных (например, покрытых асфальтом) или засыпанных песком | В-II, В-IIа | В-II, В-IIа | В-II, В-IIа |
| | Открыто - в коробах | В-Iб, В-Iг | В-Iа, В-Iб, В-Iг | В-Iа, В-Iб, В-Iг |
| | Открыто и скрыто - в стальных водогазопроводных трубах | В зонах любого класса | | |
| Изолированные провода | Открыто и скрыто - в стальных водогазопроводных трубах | В зонах любого класса | | |

Примечание: Для искробезопасных цепей во взрывоопасных зонах любого класса разрешаются все перечисленные в таблице способы прокладки проводов и кабелей.

**Минимальное допустимое расстояние от токопроводов (гибких и жестких) и от кабельных эстакад с транзитными кабелями до помещений с взрывоопасными зонами и до наружных взрывоопасных установок**

Таблица 155

| Помещения со взрывоопасными зонами и наружные взрывоопасные установки, до которых определяется расстояние | Расстояние, м | |
|---|---|---|
| | от токопроводов | от кабельных эстакад |
| 1 | 2 | 3 |
| С тяжелыми или сжиженными горючими газами | | |
| Помещения с выходящей в сторону токопроводов и | 10 | Не нормируется |

| | | |
|---|---|---|
| кабельных эстакад несгораемой стеной без проемов и устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции | | |
| Помещения с выходящей в сторону токопроводов и кабельных эстакад стеной с проемами | 20 | 9 |
| Наружные взрывоопасные установки, установки, расположенные у стен зданий (в том числе емкости) | 30 | 9 |
| Резервуары (газгольдеры) | 50 | 20 |
| С легкими горючими газами и ЛВЖ, с горючими пылью или волокнами | | |
| Помещения с выходящей в сторону токопроводов и кабельных эстакад несгораемой стеной без проемов и устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции | 10 или 6 (см. примечание, п. 2) | Не нормируется |
| Помещения с выходящей в сторону токопроводов и кабельных эстакад стеной с проемами | 15 | 9 или 6 (см. примечание, п.2) |
| Наружные взрывоопасные установки, установки, расположенные у стен зданий (в том числе емкости) | 25 | 9 |
| Сливно-наливные эстакады с закрытым сливом или наливом ЛВЖ | 25 | 20 |
| Резервуары (газгольдеры) с горючими газами | 25 | 20 |

Примечания:

1) Проезд пожарных автомобилей к кабельной эстакаде допускается с одной стороны эстакады.

2) Минимально допустимые расстояния 6 м применяются до зданий и сооружений I и II степеней огнестойкости со взрывоопасными производствами при соблюдении условий, оговоренных в СНиП по проектированию генеральных планов промышленных предприятий.

3) Расстояния, указанные в таблице, считаются от стен помещений со взрывоопасными зонами, от стенок резервуаров или от наиболее выступающих частей наружных установок.

**Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических машин в зависимости от класса пожароопасной зоны**

Таблица 155-1

| Вид установки и условия работы | Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса | | | |
|---|---|---|---|---|
| | П-I | П-II | П-IIа | П-III |
| Стационарно установленные машины, искрящие или с искрящими частями по условиям работы | IP44 | IP54* | IP44 | IP44 |
| Стационарно установленные машины, не искрящие и без искрящих частей по условиям работы | IP44 | IP44 | IP44 | IP44 |
| Машины с частями, искрящими и не искрящими по условиям работы, установленные на передвижных механизмах и установках (краны, тельферы, электротележки) | IP44 | IP54* | IP44 | IP44 |

* До освоения электропромышленностью машин со степенью защиты оболочки IP54 могут применяться машины со степенью защиты оболочки IP44.

**Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических аппаратов, приборов, шкафов и сборок зажимов в зависимости от класса пожароопасной зоны**

Таблица 156

| Вид установки и условия работы | Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса | | | |
|---|---|---|---|---|
| | П-I | П-II | П-IIа | П-III |
| Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках (краны, тельферы, электротележки), искрящие по условиям работы | IP44 | IP54 | IP44 | IP44 |
| Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках, не искрящие по условиям работы | IP44 | IP44 | IP44 | IP44 |
| Шкафы для размещения аппаратов и приборов | IP44 | IP54*<br>IP44** | IP44 | IP44 |
| Коробки сборок зажимов силовых и вторичных цепей | IP44 | IP44 | IP44 | IP44 |

* При установке в них аппаратов и приборов, искрящих по условиям работы. До освоения электропромышленностью шкафов со степенью защиты оболочки IP54 могут применяться шкафы со степенью защиты оболочки IP44.

** При установке в них аппаратов и приборов, не искрящих по условиям работы.

**Минимальные допустимые степени защиты светильников в зависимости от класса пожароопасной зоны**

Таблица 157

| Источники света, устанавливаемые в светильниках | Степень защиты светильников для пожароопасной зоны класса | | | |
|---|---|---|---|---|
| | П-I | П-II | П-IIа, а также П-II при наличии местных нижних отсосов и общеобменной вентиляции | П-III |
| Лампы накаливания | IP53 | IP53 | 2'З | 2'З |
| Лампы ДРЛ | IP53 | IP53 | IP23 | IP23 |
| Люминесцентные лампы | 5'З | 5'З | IP23 | IP23 |

Примечание: Допускается изменять степень защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой устанавливаются светильники.

**Открытые наземные склады хранения горючих материалов и веществ, готовой продукции и оборудования**

Таблица 158

| Склады | Вместимость, площадь |
|---|---|
| Каменного угля, торфа, грубых кормов (сена, соломы), льна, конопли, хлопка, зерна | Более 1000 т |
| Лесоматериалов, дров, щепы, опилок | Более 1000 $м^3$ |
| Горючих жидкостей | Более 3000 $м^3$ |
| Готовой продукции и оборудования в сгораемой упаковке | Более 1 га |

**Наименьшее расстояние от оси ВЛ до 1 кВ с неизолированными проводами из алюминия, сталеалюминия или алюминиевых сплавов до границ открытых наземных складов, перечисленных в таблице 158**

Таблица 159

| Высота подвеса верхнего провода ВЛ от уровня земли, м | Наименьшее расстояние, м, при расчетной скорости ветра, м/с (районе по ветру) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 16 (I) | 18(II) | 21(III) | 24(IV) | 27(V) | 30(VI) | 33(VII) |
| до 7 | 17 | 19 | 27 | 31 | 36 | 41 | 46 |
| 7,5 | 18 | 20 | 31 | 33 | 38 | 43 | 48 |
| 8 | 19 | 21 | 35 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| 9 | 20,5 | 23 | 37 | 37 | 43 | 49 | 53 |
| 10 | 22 | 24 | 40 | 40 | 46 | 53 | 57 |

**Допустимый длительный ток промышленной частоты однофазных токопроводов из шихтованного пакета алюминиевых прямоугольных шин**

Таблица 160

| Размер полосы, мм | Ток, А, при числе полос в пакете | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 |
| 100 х 10 | 1250 | 2480 | 3705 | 4935 | 7380 | 9850 | 12315 | 14850 |
| 120 х 10 | 1455 | 2885 | 4325 | 5735 | 8600 | 11470 | 14315 | 17155 |
| 140 х 10 | 1685 | 3330 | 4980 | 6625 | 9910 | 13205 | 16490 | 19785 |
| 160 х 10 | 1870 | 3705 | 5545 | 7380 | 11045 | 14710 | 18375 | 22090 |
| 180 х 10 | 2090 | 4135 | 6185 | 8225 | 12315 | 16410 | 20490 | 24610 |
| 200 х 10 | 2310 | 4560 | 6825 | 9090 | 13585 | 18105 | 22605 | 27120 |
| 250 х 10 | 2865 | 5595 | 8390 | 11185 | 16640 | 22185 | 27730 | 33275 |
| 250 х 20 | 3910 | 7755 | 11560 | 15415 | 23075 | 30740 | 38350 | 46060 |
| 300 х 10 | 3330 | 6600 | 9900 | 13200 | 19625 | 26170 | 32710 | 39200 |
| 300 х 20 | 4560 | 8995 | 13440 | 17880 | 26790 | 35720 | 44605 | 53485 |

Примечание. В таблице 160-163 токи приведены для неокрашенных шин, установленных на ребро, при зазоре между шинами 30 мм для шин высотой 300 мм и 20 мм для шин высотой 250 мм и менее.

**Допустимый длительный ток промышленной частоты однофазных токопроводов из шихтованного пакета медных прямоугольных шин**

Таблица 161

| Размер полосы, мм | Ток, А, при числе полос в пакете | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 |
| 100 х 10 | 1880 | 3590 | 5280 | 7005 | 10435 | 13820 | 17250 | 20680 |
| 120 х 10 | 2185 | 4145 | 6110 | 8085 | 12005 | 15935 | 19880 | 23780 |
| 140 х 10 | 2475 | 4700 | 6920 | 9135 | 13585 | 18050 | 22465 | 26930 |
| 160 х 10 | 2755 | 5170 | 7670 | 10150 | 15040 | 19930 | 24910 | 29800 |
| 180 х 10 | 3035 | 5735 | 8440 | 11140 | 16545 | 21900 | 27355 | 32760 |
| 200 х 10 | 3335 | 6300 | 9280 | 12220 | 18140 | 24065 | 29985 | 35910 |
| 250 х 10 | 4060 | 7660 | 11235 | 14805 | 21930 | 29140 | 36235 | 43430 |
| 300 х 10 | 4840 | 9135 | 13395 | 17670 | 26225 | 34780 | 43380 | 51700 |

[1] См. примечание к таблице 160.

**Допустимый длительный ток промышленной частоты трехфазных токопроводов из шихтованного пакета алюминиевых прямоугольных шин**

Таблица 162

| Размер полосы, мм | Ток, А, при числе полос в пакете | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | 6 | 9 | 12 | 18 | 24 |
| 100 x 10 | 1240 | 2470 | 3690 | 4920 | 7390 | 9900 |
| 120 x 10 | 1445 | 2885 | 4300 | 5735 | 5890 | 11435 |
| 140 x 10 | 1665 | 3320 | 4955 | 6605 | 9895 | 13190 |
| 160 x 10 | 1850 | 3695 | 5525 | 7365 | 11025 | 14725 |
| 180 x 10 | 2070 | 4125 | 6155 | 8210 | 12295 | 16405 |
| 200 x 10 | 2280 | 4550 | 6790 | 9055 | 13565 | 18080 |
| 250 x 10 | 2795 | 5595 | 8320 | 11090 | 16640 | 22185 |
| 250 x 20 | 3880 | 7710 | 11540 | 15385 | 23010 | 30705 |
| 300 x 10 | 3300 | 6600 | 9815 | 13085 | 19625 | 26130 |
| 300 x 20 | 4500 | 8960 | 13395 | 17860 | 26760 | 35655 |

[1] См. примечание к таблице 160.

**Допустимый длительный ток промышленной частоты трехфазных токопроводов из шихтованного пакета медных прямоугольных шин**

Таблица 163

| Размер полосы, мм | Ток, А, при числе полос в пакете | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | 6 | 9 | 12 | 18 | 24 |
| 100 x 10 | 1825 | 3530 | 5225 | 6965 | 10340 | 13740 |
| 120 x 10 | 2105 | 4070 | 6035 | 8000 | 11940 | 15885 |
| 140 x 10 | 2395 | 4615 | 6845 | 9060 | 13470 | 17955 |
| 160 x 10 | 2660 | 5125 | 7565 | 10040 | 14945 | 19850 |
| 180 x 10 | 2930 | 5640 | 8330 | 11015 | 16420 | 21810 |
| 200 x 10 | 3220 | 6185 | 9155 | 12090 | 18050 | 23925 |
| 250 x 10 | 3900 | 7480 | 11075 | 14625 | 21810 | 28950 |
| 300 x 10 | 4660 | 8940 | 13205 | 17485 | 25990 | 34545 |

[1] См. примечание к таблице 160.

**Допустимый длительный ток повышенной - средней частоты токопроводов из двух алюминиевых прямоугольных шин**

Таблица 164

| Ширина шины, мм | Ток, А, при частоте, Гц | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 500 | 1000 | 2500 | 4000 | 8000 | 10000 |
| 25 | 310 | 255 | 205 | 175 | 145 | 140 |
| 30 | 365 | 305 | 245 | 205 | 180 | 165 |
| 40 | 490 | 410 | 325 | 265 | 235 | 210 |
| 50 | 615 | 510 | 410 | 355 | 300 | 285 |
| 60 | 720 | 605 | 485 | 410 | 355 | 330 |
| 80 | 960 | 805 | 640 | 545 | 465 | 435 |
| 100 | 1160 | 980 | 775 | 670 | 570 | 635 |
| 120 | 1365 | 1140 | 915 | 780 | 670 | 625 |
| 150 | 1580 | 1315 | 1050 | 905 | 770 | 725 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 200 | 2040 | 1665 | 1325 | 1140 | 970 | 910 |

Примечания:

1) В таблице 164 и 165 токи приведены для неокрашенных шин с расчетной толщиной, равной 1,2 глубины проникновения тока, с зазором между шинами 20 мм при установке шин на ребро и прокладке их в горизонтальной плоскости.

2) Толщина шин токопроводов, допустимые длительные токи которых приведены в таблице 164 и 165, должна быть равной или больше указанной ниже расчетной толщины; ее следует выбирать исходя из требований к механической прочности шин, из сортамента, приведенного в стандартах или технических условиях.

3) Глубина проникновения тока и расчетная толщина алюминиевых шин в зависимости от частоты переменного тока равны:

| Частота, Гц | 500 | 1000 | 2500 | 4000 | 8000 | 10000 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Глубина проникновения тока, мм | 4,20 | 3,00 | 1,90 | 1,50 | 1,06 | 0,95 |
| Расчетная толщина шин, мм | 5,04 | 3,60 | 2,28 | 1,80 | 1,20 | 1,14 |

**Допустимый длительный ток повышенной - средней частоты токопроводов из двух медных прямоугольных шин**

Таблица 165

| Ширина шины, мм | Ток, А, при частоте, Гц | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 500 | 1000 | 2500 | 4000 | 8000 | 10000 |
| 25 | 355 | 295 | 230 | 205 | 175 | 165 |
| 30 | 425 | 350 | 275 | 245 | 210 | 195 |
| 40 | 570 | 465 | 370 | 330 | 280 | 265 |
| 50 | 705 | 585 | 460 | 410 | 350 | 330 |
| 60 | 835 | 685 | 545 | 495 | 420 | 395 |
| 80 | 1100 | 915 | 725 | 645 | 550 | 515 |
| 100 | 1325 | 1130 | 895 | 785 | 675 | 630 |
| 120 | 1420 | 1325 | 1045 | 915 | 785 | 735 |
| 150 | 1860 | 1515 | 1205 | 1060 | 910 | 845 |
| 200 | 2350 | 1920 | 1485 | 1340 | 1140 | 1070 |

Примечания:

1) См. примечания 1 и 2 к таблице 164.

2) Глубина проникновения тока и расчетная толщина медных шин в зависимости от частоты переменного тока следующие:

| Частота, Гц..... | 500 | 1000 | 2500 | 4000 | 8000 | 10000 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Глубина проникновения тока, мм..... | 3,30 | 2,40 | 1,50 | 1,19 | 0,84 | 0,75 |
| Расчетная толщина шин, мм | 3,96 | 2,88 | 1,80 | 1,43 | 1,01 | 0,90 |

**Допустимый длительный ток повышенной - средней частоты токопроводов из двух алюминиевых концентрических труб**

Таблица 166

| Наружный диаметр трубы, мм | Ток, А, при частоте, Гц | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 500 | 1000 | 2500 | 4000 | 8000 | 10000 |

| внешней | внутренней | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 150 | 110 | 1330 | 1110 | 885 | 770 | 640 | 615 |
| | 90 | 1000 | 835 | 665 | 570 | 480 | 455 |
| | 70 | 800 | 670 | 530 | 465 | 385 | 370 |
| 180 | 140 | 1660 | 1400 | 1095 | 950 | 800 | 760 |
| | 120 | 1280 | 1075 | 855 | 740 | 620 | 590 |
| | 100 | 1030 | 905 | 720 | 620 | 520 | 495 |
| 200 | 160 | 1890 | 1590 | 1260 | 1080 | 910 | 865 |
| | 140 | 1480 | 1230 | 980 | 845 | 710 | 675 |
| | 120 | 1260 | 1070 | 840 | 725 | 610 | 580 |
| 220 | 180 | 2185 | 1755 | 1390 | 1200 | 1010 | 960 |
| | 160 | 1660 | 1390 | 1100 | 950 | 800 | 760 |
| | 140 | 1425 | 1185 | 940 | 815 | 685 | 650 |
| 240 | 200 | 2310 | 1940 | 1520 | 1315 | 1115 | 1050 |
| | 180 | 1850 | 1550 | 1230 | 1065 | 895 | 850 |
| | 160 | 1630 | 1365 | 1080 | 930 | 785 | 745 |
| 260 | 220 | 2530 | 2130 | 1780 | 1450 | 1220 | 1160 |
| | 200 | 2040 | 1710 | 1355 | 1165 | 980 | 930 |
| | 180 | 1820 | 1530 | 1210 | 1040 | 875 | 830 |
| 280 | 240 | 2780 | 2320 | 1850 | 1590 | 1335 | 1270 |
| | 220 | 22220 | 1865 | 1480 | 1275 | 1075 | 1020 |
| | 200 | 2000 | 1685 | 1320 | 1150 | 960 | 930 |

Примечание: В таблице 166 и 167 токи приведены для неокрашенных труб с толщиной стенок 10 мм.

**Допустимый длительный ток повышенной - средней частоты токопроводов из двух медных концентрических труб[1]**

Таблица 167

| Наружный диаметр трубы, мм | | Ток, А, при частоте, Гц | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 500 | 1000 | 2500 | 4000 | 8000 | 10000 |
| внешней | внутренней | | | | | | |
| 150 | 110 | 1530 | 1270 | 1010 | 895 | 755 | 715 |
| | 90 | 1150 | 950 | 750 | 670 | 565 | 535 |
| | 70 | 920 | 760 | 610 | 540 | 455 | 430 |
| 180 | 140 | 1900 | 1585 | 1240 | 1120 | 945 | 895 |
| | 120 | 1480 | 1225 | 965 | 865 | 730 | 690 |
| | 100 | 12250 | 1030 | 815 | 725 | 615 | 580 |
| 200 | 160 | 2190 | 1810 | 1430 | 1275 | 1075 | 1020 |
| | 140 | 1690 | 1400 | 1110 | 995 | 840 | 795 |
| | 120 | 1460 | 1210 | 955 | 830 | 715 | 665 |
| 220 | 180 | 2420 | 2000 | 1580 | 1415 | 1190 | 1130 |
| | 160 | 1915 | 1585 | 1250 | 1115 | 940 | 890 |
| | 140 | 1620 | 1350 | 1150 | 955 | 810 | 765 |
| 240 | 200 | 2670 | 2200 | 1740 | 1565 | 1310 | 1250 |
| | 180 | 2130 | 1765 | 1395 | 1245 | 1050 | 995 |
| | 160 | 1880 | 1555 | 1230 | 1095 | 925 | 875 |
| 260 | 220 | 2910 | 2380 | 1910 | 1705 | 1470 | 1365 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 200 | 2360 | 1950 | 1535 | 1315 | 1160 | 1050 |
| | 180 | 2100 | 1740 | 1375 | 1225 | 1035 | 980 |
| 280 | 240 | 3220 | 2655 | 2090 | 1865 | 1580 | 1490 |
| | 200 | 2560 | 2130 | 1680 | 1500 | 1270 | 1200 |
| | 200 | 2310 | 1900 | 1500 | 1340 | 1135 | 1070 |

[1]См. примечание к таблице 166.

**Допустимый длительный ток повышенной - средней частоты кабелей марки АСГ на напряжение 1 кВ**

Таблица 168

| Сечение токопроводящих жил, мм$^2$ | Ток, А, при частоте, Гц | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 500 | 1000 | 2500 | 4000 | 8000 | 10000 |
| 2 x 25 | 100 | 80 | 66 | 55 | 47 | 45 |
| 2 x 35 | 115 | 95 | 75 | 65 | 55 | 50 |
| 2 x 50 | 130 | 105 | 84 | 75 | 62 | 60 |
| 2 x 70 | 155 | 130 | 100 | 90 | 75 | 70 |
| 2 x 95 | 180 | 150 | 120 | 100 | 85 | 80 |
| 2 x 120 | 200 | 170 | 135 | 115 | 105 | 90 |
| 2 x 150 | 225 | 185 | 150 | 130 | 110 | 105 |
| 3 x 25 | 115 | 95 | 75 | 60 | 55 | 50 |
| 3 x 35 | 135 | 110 | 85 | 75 | 65 | 60 |
| 3 x 50 | 155 | 130 | 100 | 90 | 75 | 70 |
| 3 x 70 | 180 | 150 | 120 | 100 | 90 | 80 |
| 3 x 95 | 205 | 170 | 135 | 120 | 100 | 95 |
| 3 x 120 | 230 | 200 | 160 | 140 | 115 | 110 |
| 3 x 150 | 250 | 220 | 180 | 150 | 125 | 120 |
| 3 x 185 | 280 | 250 | 195 | 170 | 140 | 135 |
| 3 x 240 | 325 | 285 | 220 | 190 | 155 | 150 |
| 3 x 50 + 1 x 25 | 235 | 205 | 160 | 140 | 115 | 110 |
| 3 x 70 + 1 x 35 | 280 | 230 | 185 | 165 | 135 | 130 |
| 3 x 95 + 1 x 50 | 335 | 280 | 220 | 190 | 160 | 150 |
| 3 x 120 + 1 x 50 | 370 | 310 | 250 | 215 | 180 | 170 |
| 3 x 150 + 1 x 70 | 415 | 340 | 280 | 240 | 195 | 190 |
| 3 x 185 + 1 x 70 | 450 | 375 | 300 | 255 | 210 | 205 |

**Допустимый длительный ток повышенной - средней частоты кабелей марки СГ на напряжение 1 кВ**

Таблица 169

| Сечение токопроводящих жил, мм$^2$ | Ток, А, при частоте, Гц | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 500 | 1000 | 2500 | 4000 | 8000 | 10000 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2 x 25 | 115 | 95 | 76 | 70 | 57 | 55 |
| 2 x 35 | 130 | 110 | 86 | 75 | 65 | 60 |
| 2 x 50 | 150 | 120 | 96 | 90 | 72 | 70 |
| 2 x 70 | 180 | 150 | 115 | 105 | 90 | 85 |
| 2 x 95 | 205 | 170 | 135 | 120 | 100 | 95 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 x 120 | 225 | 190 | 150 | 130 | 115 | 105 |
| 2 x 150 | 260 | 215 | 170 | 150 | 130 | 120 |
| 3 x 25 | 135 | 110 | 90 | 75 | 65 | 60 |
| 3 x 35 | 159 | 125 | 100 | 90 | 75 | 70 |
| 3 x 50 | 180 | 150 | 115 | 105 | 90 | 85 |
| 3 x 70 | 210 | 170 | 135 | 120 | 105 | 95 |
| 3 x 95 | 295 | 195 | 155 | 140 | 115 | 110 |
| 3 x 120 | 285 | 230 | 180 | 165 | 135 | 130 |
| 3 x 150 | 305 | 260 | 205 | 180 | 155 | 145 |
| 3 x 185 | 340 | 280 | 220 | 200 | 165 | 160 |
| 3 x 240 | 375 | 310 | 250 | 225 | 185 | 180 |
| 3 x 50 + 1 x 25 | 290 | 235 | 185 | 165 | 135 | 130 |
| 3 x 70 + 1 x 35 | 320 | 265 | 210 | 190 | 155 | 150 |
| 3 x 95 + 1 x 50 | 385 | 325 | 250 | 225 | 190 | 180 |
| 3 x 120 + 1 x 50 | 430 | 355 | 280 | 250 | 210 | 200 |
| 3 x 150 + 1 x 70 | 470 | 385 | 310 | 275 | 230 | 220 |
| 3 x 185 + 1 x 70 | 510 | 430 | 340 | 300 | 250 | 240 |

**Сопротивление изоляции токопроводов вторичных токоподводов**

Таблица 170

| Мощность электропечи или электронагревательного устройства, МВ•А | Наименьшее сопротивление изоляции[1], кОм, для токопроводов | | | |
|---|---|---|---|---|
| | до 1 кВ | выше 1 до 1,6 кВ | выше 1,6 до 3 кВ | выше 3 до 15 кВ |
| До 5 | 10 | 20 | 100 | 500 |
| Более 5 до 25 | 5 | 10 | 50 | 250 |
| Более 25 | 2,5 | 5 | 25 | 100 |

[1] Сопротивление изоляции следует измерять мегаомметром на напряжении 1 или 2,5 кВ при токопроводе, отсоединенном от выводов трансформатора, преобразователя, коммутационных аппаратов, нагревательных элементов печей сопротивления, при поднятых электродах печи при снятых шлангах системы водяного охлаждения.

**Наименьшее расстояние в свету между шинами токопровода вторичного токоподвода[1]**

Таблица 171

| Помещение, в котором прокладывается токопровод | Расстояние, мм, в зависимости от рода тока, частоты и напряжения токопроводов | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Постоянный | | Переменный | | | | |
| | до 1 кВ | выше 1 до 3 кВ | 50 Гц | | 500-10000 Гц | | выше 10000 Гц |
| | | | до 1 кВ | выше 1 до 3 кВ | до 1,6 кВ | выше 1,6 до 3 кВ | до 15 кВ |
| Сухое непыльное | 12 | 20-130 | 15 | 20-30 | 15-20 | 20-30 | 30-140 |
| Сухое пыльное[2] | 16 | 30-150 | 20 | 25-35 | 20-25 | 25-35 | 35-150 |

[1] При высоте шины до 250 мм; при большей высоте расстояние должно быть увеличено на 5-10 мм.

[2] Пыль непроводящая.

**Характеристика воды для охлаждения элементовж электротермических установок**

Таблица 172

| Показатель | Вид сети-источника водоснабжения | |
|---|---|---|
| | Хозяйственно-питьевой водопровод | Сеть оборотного водоснабжения предприятия |
| Жесткость, мг-экв/л, не более: | | |
| общая | 7 | - |
| карбонатная | - | 5 |
| Содержание, мг/л, не более: | | |
| взвешенных веществ (мутность) | 3 | 100 |
| активного хлора | 0,5 | Нет |
| железа | 0,3 | 1,5 |
| pH | 6,5-9,5 | 7-8 |
| Температура, $^{o}$C, не более | 25 | 30 |