

Глава 4.2. Распределительные устройства и подстанции напряжением выше 1 кВ

4.2.1. Настоящая глава Правил распространяется на стационарные РУ и подстанции переменного тока напряжением выше 1 кВ. Правила не распространяются на специальные РУ и подстанции, регламентируемые особыми техническими условиями, и на передвижные электроустановки.

4.2.2. Распределительным устройством называется электроустановка, служащая для приема и распределения электроэнергии и содержащая коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства (компрессорные, аккумуляторные и др.), а также устройства защиты, автоматики и измерительные приборы.

Открытым распределительным устройством (ОРУ) называется РУ, все или основное оборудование которого расположено на открытом воздухе.

Закрытым распределительным устройством (ЗРУ) называется РУ, оборудование которого расположено в здании.

4.2.3. Комплектным распределительным устройством называется 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, сокращенно обозначается КРУ. Комплектное распределительное устройство, предназначенное для наружной установки, сокращенно обозначается КРУН.

4.2.4. Подстанцией называется 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.

4.2.5. Пристроенной подстанцией (пристроенным РУ) называется подстанция (РУ), непосредственно примыкающая (примыкающее) к основному зданию.

4.2.6. Встроенной подстанцией (встроенным РУ) называется закрытая подстанция (закрытое РУ), вписанная (вписанное) в контур основного здания.

4.2.7. Внутрицеховой подстанцией называется подстанция, расположенная внутри производственного здания (открыто или в отдельном закрытом помещении).

4.2.8. Комплектной трансформаторной (преобразовательной) подстанцией называется подстанция, состоящая из трансформаторов (преобразователей) и блоков (КРУ или КРУН и других элементов), поставляемых в собранном или полностью подготовленном для сборки виде. Комплектные трансформаторные (преобразовательные) подстанции (КТП, КПП) или части их, устанавливаемые в закрытом помещении, относятся к внутренним установкам, устанавливаемые на открытом воздухе, - к наружным установкам.

4.2.9. Столбовой (мачтовой) трансформаторной подстанцией называется открытая трансформаторная подстанция, все оборудование которой установлено на конструкциях или на опорах ВЛ на высоте, не требующей ограждения подстанции.

4.2.10. Распределительным пунктом (РП) называется РУ, предназначенное для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования и трансформации, не входящее в состав подстанции.

4.2.11. Камерой называется помещение, предназначенное для установки аппаратов и шин. Закрытой камерой называется камера, закрытая со всех сторон и имеющая сплошные (не сетчатые) двери.

Огражденной камерой называется камера, которая имеет проемы, защищенные полностью или частично несплошными (сетчатыми или смешанными) ограждениями.

Под смешанными ограждениями понимаются ограждения из сеток и сплошных листов.

Взрывной камерой называется закрытая камера, предназначенная для локализации возможных аварийных последствий при повреждении установленных в ней аппаратов и имеющая выход наружу или во взрывной коридор.

4.2.12. Коридором обслуживания называется коридор вдоль камер или шкафов КРУ, предназначенный для обслуживания аппаратов и шин.

Взрывным коридором называется коридор, в который выходят двери взрывных камер.

Общие требования

4.2.13. 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 и т. п.) не могли привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ или замыкания на землю, а также причинить 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 п. 3 не распространяются на РУ типа сборок выше 1 кВ в подстанциях, ремонт которых производится при отключении всего РУ.

4.2.14. 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.

4.2.15. Выбор аппаратов, проводников и изоляторов по условиям КЗ должен производиться в соответствии с гл. 1.4.

4.2.16. Конструкции, на которых установлено и закреплено указанное в [4.2.15](#) 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 могут не проверяться на нагрев, если по находящимся вблизи них токоведущим частям проходит переменный ток 1000А и менее.

4.2.17. 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 и т. п.) каждой цепи от сборных шин, а также от других источников напряжения.

Указанное требование не распространяется на шкафы КРУ и КРУН с выкатными тележками, высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, разрядники, устанавливаемые на выводах трансформаторов и на отходящих линиях, а также на силовые трансформаторы с кабельными вводами.

В отдельных случаях, обусловленных конструктивными или схемными соображениями, допускается устанавливать трансформаторы тока до разъединителя, отсоединяющего остальные аппараты цепи от источников напряжения.

4.2.18. 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.

4.2.19. 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 помещении.

При сооружении ОРУ вблизи морских побережий, соленых озер, химических предприятий, а также в местах, где длительным опытом эксплуатации установлено разрушение алюминия от коррозии, следует применять специальные алюминиевые и сталеалюминиевые провода, защищенные от коррозии.

4.2.20. 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 4.2.53, 4.2.54, 4.2.82, 4.2.83, с учетом поправок, компенсирующих снижение электрической прочности изоляции при пониженном давлении атмосферы.

4.2.21. 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, приведенными в ГОСТ, подогрев счетчиков - в соответствии с 1.5.27 и 1.5.28.

4.2.22. Ошиновка РУ и подстанций должна выполняться, как правило, из алюминиевых, сталеалюминиевых и стальных проводов, полос, труб и шин из профилей алюминия и алюминиевых сплавов электротехнического назначения.

Токопроводы следует выполнять в соответствии с требованиями гл. 2.2.

4.2.23. Обозначение фаз электрооборудования и ошиновки РУ и подстанций должно выполняться в соответствии с требованиями гл. 1.1.

4.2.24. Распределительные устройства 3 кВ и выше должны быть оборудованы оперативной блокировкой, исключающей возможность:

включения выключателей, отделителей и разъединителей на заземляющие ножи и короткозамыкатели;

включения заземляющих ножей на ошиновку, не отделенную разъединителями от ошиновки, находящейся под напряжением;

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 запираания заземляющих ножей замками в отключенном положении.

Для РУ с простыми схемами электрических соединений рекомендуется применять механическую (ключевую) оперативную блокировку, а во всех остальных случаях - электромагнитную. Приводы разъединителей, доступные для посторонних лиц, должны иметь приспособления для запираания их замками в отключенном и включенном положениях.

4.2.25. РУ и подстанции выше 1 кВ должны быть оборудованы стационарными заземляющими ножами, обеспечивающими в соответствии с требованиями безопасности заземление аппаратов и ошиновки, как правило, без применения переносных заземлений.

Заземляющие ножи должны быть окрашены в черный цвет. 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 могут быть применены, на токоведущих и заземляющих шинах должны быть подготовлены контактные поверхности для присоединения переносных заземляющих проводников.

При наличии трансформаторов напряжения заземление сборных шин должно осуществляться, как правило, заземляющими ножами разъединителей трансформаторов напряжения.

4.2.26. 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 4.2.57 и 4.2.58), 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 запираания 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 4.2.39.

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.

4.2.27. В случае, когда деформации проводов (шин), обусловленные изменениями температуры, вибрацией и т. п., могут вызывать опасные механические напряжения в проводах или изоляторах, следует предусматривать меры, исключающие возникновение таких напряжений (компенсаторы, ослабленное тяжение и т. п.).

4.2.28. 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 (например, со стороны прохода в камеру).

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.

4.2.29. Электропроводка цепей защиты, измерения, сигнализации и освещения, проложенная по электротехническим устройствам с масляным наполнением, должна быть выполнена проводами с маслостойкой изоляцией.

4.2.30. 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.

4.2.31. Распределительные устройства и подстанции должны быть оборудованы электрическим освещением. Осветительная арматура должна быть установлена таким образом, чтобы было обеспечено ее безопасное обслуживание.

4.2.32. Распределительное устройство и подстанции должны быть обеспечены телефонной связью в соответствии с принятой системой обслуживания.

4.2.33. Размещение РУ и подстанций, генеральный план и инженерная подготовка территории и защита их от затопления, оползней, лавин и т. п. должны быть выполнены в соответствии с требованиями СНиП Госстроя России.

4.2.34. Компоновка и конструктивное выполнение ОРУ и ЗРУ должны предусматривать возможность применения механизмов, в том числе специальных, для производства монтажных и ремонтных работ.

4.2.35. Расстояния между РУ (подстанциями) и деревьями высотой более 4 м должны быть такими, чтобы исключались повреждения оборудования и ошиновки при падении дерева.

4.2.36. Для РУ и подстанций, размещаемых в районе жилой и промышленной застройки, должны предусматриваться мероприятия по снижению шума, создаваемого работающим электрооборудованием (трансформаторами, синхронными компенсаторами и т. п.), до значений, указанных в СНиП II-12-77 Госстроя России.

4.2.37. 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.

4.2.38. 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 выгребам.

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.

4.2.39. Территория ОРУ и подстанции должны быть ограждены внешним забором высотой 1,8-2,0 м. Внешние заборы высотой более 2,0 м могут применяться в местах с высокими снежными заносами, а также для подстанций со специальным режимом допуска на их территорию. Вспомогательные сооружения (мастерские, склады, ОПУ и т. п.), расположенные на территории ОРУ, следует огораживать 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 могут не предусматриваться:

для закрытых подстанций, расположенных на охраняемой территории промышленного предприятия;

для закрытых подстанций, расположенных на территории городов и поселков;

для столбовых подстанций (см. также [4.2.134](#)).

4.2.40. Металлические конструкции ЗРУ, ОРУ и подстанций, а также подземные части металлических и железобетонных конструкций должны быть защищены от коррозии.

4.2.41. 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.

4.2.42. 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.

Открытые распределительные устройства

4.2.43. В ОРУ 110 кВ и выше должен быть предусмотрен проезд вдоль выключателей для передвижных монтажно-ремонтных механизмов и приспособлений, а также передвижных лабораторий; габарит проезда должен быть не менее 4 м по ширине и высоте.

Для ОРУ на территориях промышленных предприятий при стесненных условиях требования настоящего параграфа не обязательны.

4.2.44. Соединение гибких проводов в пролетах должно выполняться, как правило, 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 следует применять двухцепную.

Разделительные (врезные) гирлянды не допускаются, за исключением гирлянд, с помощью которых осуществляется подвеска высокочастотных заградителей.

Закрепления гибких шин и тросов в натяжных и подвесных зажимах в отношении прочности должны соответствовать требованиям, приведенным в 2.5.82, 2.5.84 и 2.5.85.

4.2.45. Ответвления от сборных шин ОРУ, как правило, должны располагаться ниже сборных шин. Подвеска ошиновки одним пролетом над двумя и более секциями или системами сборных шин не допускается.

4.2.46. Нагрузки на шины и конструкции от ветра и гололеда, а также расчетные температуры воздуха должны определяться в соответствии с требованиями гл. 2.5.

При определении нагрузок на гибкие шины должен учитываться и вес гирлянды изоляторов и спусков к аппаратам и трансформаторам.

При определении нагрузок на конструкции следует учитывать 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.

4.2.47. Коэффициент запаса механической прочности для гибких шин при нагрузках, соответствующих требованиям, приведенным в 4.2.46, должен быть не менее 3 по отношению к их временному сопротивлению разрыву.

4.2.48. Коэффициент запаса механической прочности для подвесных изоляторов при нагрузках, соответствующих требованиям, приведенным в 4.2.46, должен быть не менее 4 по отношению к гарантированной минимальной разрушающей нагрузке целого изолятора (механической или электромеханической в зависимости от требования ГОСТ на примененный тип изолятора).

4.2.49. Расчетные механические усилия, передающиеся при КЗ жесткими шинами на опорные изоляторы, должны приниматься в соответствии с 1.4.15.

4.2.50. Коэффициент запаса механической прочности в сцепной арматуре для гибких шин при нагрузках, соответствующих требованиям, приведенным в 4.2.46, должен быть не менее 3 по отношению к минимальной разрушающей нагрузке.

4.2.51. Опоры для подвески шин ОРУ должны выполняться сборными железобетонными или из стали.

4.2.52. Опоры для крепления шин ОРУ выполняются и рассчитываются как промежуточные или концевые в соответствии с требованиями, приведенными в гл. 2.5. Промежуточные опоры, временно используемые как концевые, должны быть усилены при помощи оттяжек.

4.2.53. Количество подвесных и опорных изоляторов, внешняя изоляция электрооборудования РУ выбираются в соответствии с "Инструкцией по проектированию изоляции в районах с чистой и загрязненной атмосферой".

4.2.54. Расстояния в свету при жестких шинах между токоведущими и заземленными частями $A_{\Phi-З}$ и между токоведущими частями разных фаз

$A_{\Phi-\Phi}$

должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.2 (рис. 4.2.1).

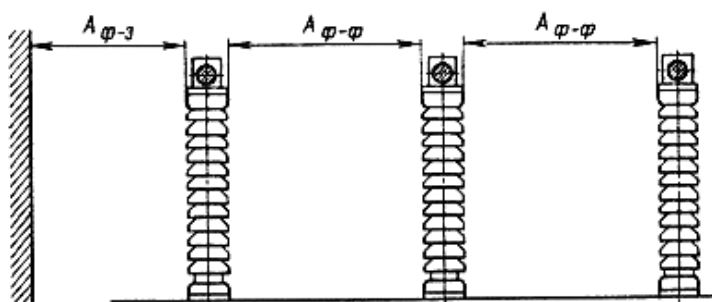


Рис. 4.2.1. Наименьшие расстояния в свету при жестких шинах между токоведущими и заземленными частями (

$A_{\Phi-З}$

) и между токоведущими частями разных фаз (

$A_{\Phi-\Phi}$

)

В случае, если в высокогорных установках расстояния между фазами увеличиваются по сравнению с приведенными в табл. 4.2.2 на основании проверки на корону, соответственно должны быть увеличены и расстояния до заземленных частей.

Количество изоляторов для крепления шин

Таблица 4.2.1

Тип изолятора	Количество изоляторов, шт., при напряжении, кВ							
	6-10	20	35	110	150	220	330	500
ПФ6-Б (ПМ-4,5)	-	3	5	8	10	15	21	30
ПФ6-В	-	3	4	8	10	14	21	29

ПС6-А (ПС-4,5)	-	3	5	9	11	16	23	33
ПС6-Б	-	3	4	9	11	16	22	32
ПС12-А	-	-	-	-	-	-	21	30
ШН-10; ОНШ-10 (ИШД-10);	1	-	-	-	-	-	-	-
ОНС-10-500; ОНС-10-2000;								
ОНС-20-500; ОНС-20-2000	-	1	-	-	-	-	-	-
ОНШ-35-1000 (ШТ-35)	-	1	1	3	4	-	-	-
ОНШ-35-2000 (ИШД-35)	-	1	1	3	4	5	-	-
ШО-35	-	-	1	-	-	-	-	-
ШО-110	-	-	-	1	-	-	-	-
ШО-150	-	-	-	-	1	-	-	-
ШО-220	-	-	-	-	-	1	-	-
ШО-330М	-	-	-	-	-	-	1	-
ШО-500М	-	-	-	-	-	-	-	1
ОС-1	-	1	2	5	7	-	-	-

Наименьшее расстояние от токоведущих частей до различных элементов ОРУ (подстанций) в свету по рис. 4.2.1-4.2.10

Таблица 4.2.2.

Номер рисунка	Наименование расстояния	Обозначение	Изоляционное расстояние, мм, для номинального напряжения, кВ							
			до 10	20	35	110	150	220	330	500
4.2.1; 4.2.2; 4.2.3	От токоведущих частей или от элементов оборудования и изоляции, находящихся под напряжением, до заземленных конструкций или постоянных внутренних ограждений высотой не менее 2 м	А	200	300	400	900	1300	1800	2500	3750
4.2.1; 4.2.2	Между проводами разных фаз	А	220	330	440	1000	1400	2000	2800	4200
4.2.3; 4.2.5; 4.2.9	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	2050	2550	3250	4500
4.2.6	Между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях при обслуживаемой нижней цепи и неотключенной верхней	В	950	1050	1150	1650	2050	3000	4000	5000
4.2.4; 4.2.10	От неогражденных токоведущих частей до земли или до кровли зданий при наибольшем провисании проводов	Г	2900	3000	3100	3600	4000	4500	5000	6450
4.2.6; 4.2.7; 4.2.8; 4.2.10	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	3300	3800	4500	5750
4.2.9	От контакта и ножа разъединителя в отключенном положении до ошиновки, присоединенной ко второму контакту	Ж	240	365	485	1100	1550	2200	3100	4600

4.2.55. Расстояния в свету при гибких шинах (рис. 4.2.2) между токоведущими и заземленными частями $A_{\Phi \Delta r}$

, а также между токоведущими частями

$$A_{\Phi-\Phi}$$

, при их расположении в одной горизонтальной плоскости должны быть не менее

$$A_{\Phi-a} = A_{\Phi-a} + \alpha$$

;

$$A_{\Phi-\Phi} = A_{\Phi-\Phi} + \alpha$$

,

где

$$\alpha = f \sin \alpha; f$$

- стрела провеса провода при температуре плюс 15 °С, м;

$$\alpha = \arctg(P/Q)$$

;

$$Q$$

- вес провода на 1 м длины, даН/м; P- скоростной напор ветра на 1 м длины провода, даН/м; при этом скорость ветра принимается равной 60% значения, выбранного при расчете строительных конструкций.

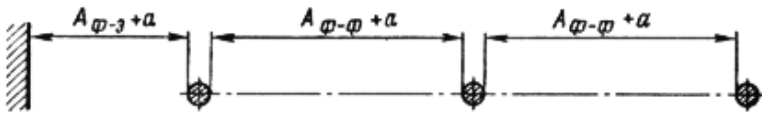


Рис. 4.2.2. Наименьшие расстояния в свету при гибких шинах между токоведущими и заземленными частями и между токоведущими частями разных фаз, расположенными в одной горизонтальной плоскости

4.2.56. При токах трехфазного КЗ 20 кА и более гибкие шины РУ следует проверять 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 гл. 2.5.

В гибких токопроводах, выполненных из нескольких проводов в фазе, должны устанавливаться дистанционные распорки.

4.2.57. Расстояния по горизонтали от токоведущих и незаземленных частей или элементов изоляции (со стороны токоведущих частей) до постоянных внутренних ограждений в зависимости от их высоты должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.2 для размера Б при высоте ограждения 1,6 м и для

размера $A_{\Phi-a}$

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 (рис. 4.2.3).

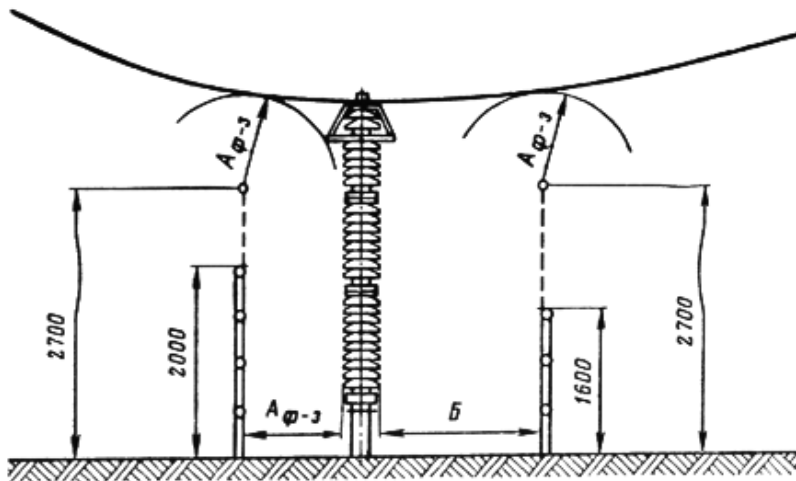


Рис. 4.2.3. Наименьшие расстояния от токоведущих частей и элементов изоляции, находящихся под напряжением,

до постоянных внутренних ограждений

Расстояния от точки, расположенной на высоте 2,7 м в плоскости ограждения, до этих частей или элементов должны быть не менее

$A_{ф-з}$

(рис. 4.2.3).

4.2.58. Токоведущие части (выводы, шины, спуски и т. п.) могут не иметь внутренних ограждений, если они расположены над уровнем планировки или уровнем сооружения (например, плиты кабельных каналов или лотков, по которым могут ходить люди) на высоте не менее значений, приведенных в табл. 4.2.2 для размера Г (рис. 4.2.4).

Неогражденные токоведущие части, соединяющие конденсатор устройств высокочастотной связи, телемеханики и защиты с фильтром должны быть расположены на высоте не менее 2,5. При этом рекомендуется устанавливать 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 и т. п.) на высоте не менее 2,5 м, разрешается не ограждать (рис. 4.2.4). При меньшей высоте оборудование должно иметь постоянное ограждение, удовлетворяющее требованиям 4.2.26 и находящееся от трансформаторов и аппаратов на расстоянии не менее приведенного в 4.2.57.

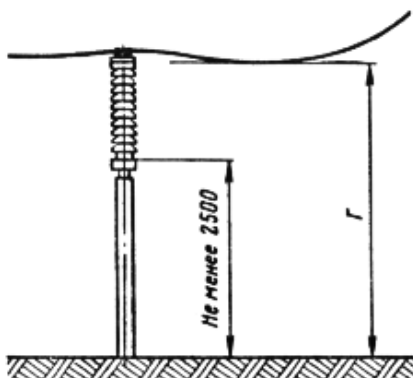


Рис. 4.2.4. Наименьшие расстояния от неогражденных токоведущих частей и от нижней кромки фарфора изоляторов до земли

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-а

.

3. Расстояния А

Ф-а

и А

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*.

Требования к открытой установке трансформаторов у стен зданий см. в 4.2.69.

4.2.59. Неограждаемые токоведущие части должны быть расположены так, чтобы расстояния от них до габаритов машин, механизмов и транспортируемого оборудования (см. 4.2.43) были не менее значений, приведенных для размера Б в табл. 4.2.2. (рис. 4.2.5).

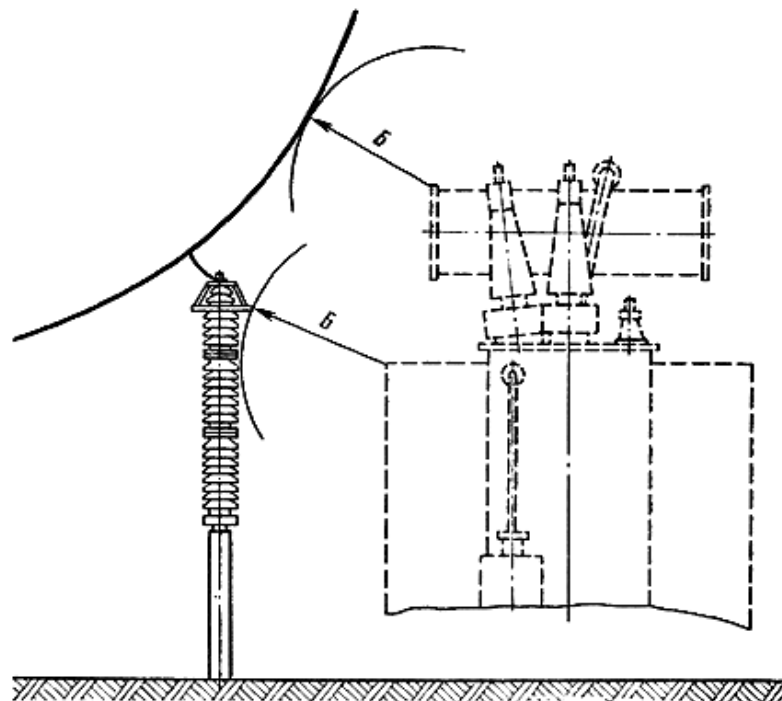
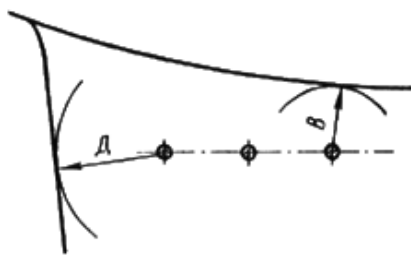


Рис. 4.2.5. Наименьшие расстояния от токоведущих частей до транспортируемого оборудования

4.2.60. 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 табл. 4.2.2 для размера В, а по горизонтали - для размера Д (рис. 4.2.6). 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.

Рис. 4.2.6. Наименьшие расстояния между токоведущими частями разных цепей, расположенных в различных плоскостях, с обслуживанием нижней цепи при неотключенной верхней

Если такое обслуживание не предусматривается, расстояния между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях должны приниматься в соответствии с 4.2.54 и 4.2.55; при этом должна быть учтена возможность сближения проводов в условиях эксплуатации (под влиянием ветра, гололеда, температуры).

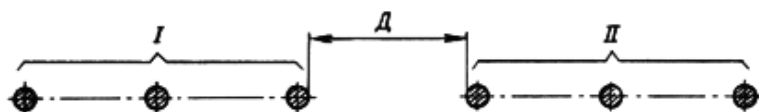
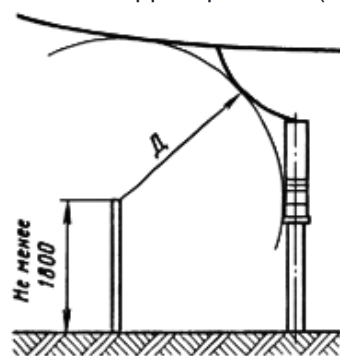


Рис. 4.2.7. Наименьшие расстояния по горизонтали между токоведущими частями разных цепей с обслуживанием одной цепи при неотключенной другой

4.2.61. Расстояния между токоведущими частями разных цепей, расположенных в одной горизонтальной плоскости, устанавливаются по высшему напряжению и должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.2 для размера Д (рис. 4.2.7). Размер Д предусматривает обслуживание одной цепи при неотключенной другой.

4.2.62. Расстояния между токоведущими частями и верхней кромкой внешнего забора должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.2 для размера Д (рис. 4.2.8). При этом расстояния по вертикали от токоведущих частей до земли вне территории ОРУ (подстанции) должны быть не менее указанных в первом



и третьем абзацах 4.2.87.

Рис. 4.2.8. Наименьшие расстояния от токоведущих частей до верхней кромки внешнего ограждения

4.2.63. Расстояния от контактов и ножей разъединителей в отключенном положении до заземленных частей должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.2 для размера А^Ф, до ошиновки своей фазы, присоединенной ко второму контакту, - не менее значений для размера Ж, до ошиновки других присоединений - не менее значений для размера Б (рис. 4.2.9).

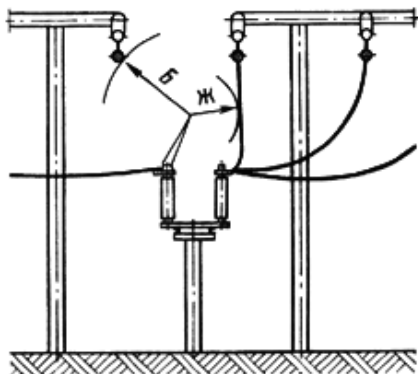
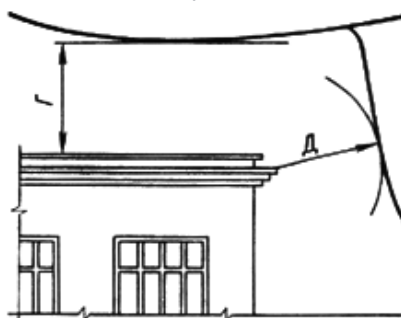


Рис. 4.2.9. Наименьшие расстояния от контактов и ножей разъединителей в отключенном положении до заземленных и токоведущих частей

4.2.64. Расстояния между токоведущими частями ОРУ и зданиями или сооружениями (ЗРУ, щит управления, трансформаторная башня и др.) должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.2 для размера Д, а расстояния по вертикали между токоведущими частями и перечисленными выше сооружениями - не



менее размера Г (рис. 4.2.10); см. также 4.2.88.

Рис. 4.2.10 Наименьшие расстояния между токоведущими частями и зданиями и сооружениями

4.2.65. Прокладка воздушных осветительных линий, линий связи и сигнализации над и под токоведущими частями ОРУ не допускается.

4.2.66. Расстояния от открыто установленных электротехнических устройств до водоохладителей подстанций должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.3.

Для районов с расчетными температурами наружного воздуха ниже минус 36 °С приведенные в табл. 4.2.3 расстояния должны быть увеличены на 25%, а с температурами выше минус 20 °С - уменьшены на 25%. Для реконструируемых объектов приведенные в табл. 4.2.3 расстояния допускается уменьшать, но не более чем на 25%.

Наименьшее расстояние от открыто установленных электротехнических устройств до водоохладителей подстанций

Таблица 4.2.3.

Водоохладитель	Расстояние, м
Брызгальные устройства и открытые градирни	80
Башенные и одновентиляторные градирни	30
Секционные вентиляторные градирни	42

4.2.67. 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 см. в 4.2.69): 16 м при степенях огнестойкости этих зданий и сооружений I и II; 20 м при степени огнестойкости III; 24 м при степенях огнестойкости IV и V.

Расстояния от маслonaполненного оборудования до взрывоопасных зон и помещений следует принимать по гл. 7.3.

Расстояния между отдельными зданиями подстанций в зависимости от степени их огнестойкости следует принимать по СНиП II-89-80* "Генеральные планы промышленных предприятий" (изд. 1995 г.) Госстроя России.

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 ч.

Расстояния от складов водорода до зданий подстанции и опор ВЛ должны быть не менее указанных в табл. 4.2.4.

Наименьшее расстояние от складов водорода до зданий подстанции и опор ВЛ

Таблица 4.2.4.

Количество хранимых на складе баллонов	Расстояние, м	
	до зданий подстанций	до опор ВЛ
До 500	20	1,5 высоты опоры
Более 500	25	То же

Расстояния от складов водорода до ОРУ, трансформаторов, синхронных компенсаторов должны быть не менее 50 м.

Степень огнестойкости зданий и категории производства принимаются по СНиП 21.01-97 "Пожарная безопасность зданий и сооружений" Госстроя России.

4.2.68. Расстояния от маслonaполненного 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.

4.2.69. При установке у стен зданий с производствами категорий Г и Д (по противопожарным нормам) маслonaполненных трансформаторов, обслуживающих эти производства, на расстоянии от них более 10 м и вне пределов участков шириной Б (рис. 4.2.11) 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 г менее 5 м и степенях огнестойкости зданий IV и V стена здания должна выполняться как противопожарная с пределом огнестойкости 2,5 ч 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 ч 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 ч.
5. Вентиляционные приемные отверстия в стене здания при расстоянии г до 5 м не допускаются, вытяжные отверстия с выбросом незаряженного воздуха в указанном пределе допускаются на высоте д.

6. Расстояние б см. в 4.2.233, расстояние г должно быть не менее 0,8 м.

7. Вдоль всех трансформаторов следует предусматривать проезд шириной не менее 3 м или пожарный подъезд к каждому из них.

Приведенные на рис. 4.2.11 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 МВ·А

$b \geq$

1,5 м,

$e \geq$

8 м; более 1,6 МВ·А

$b \geq$

2 м;

$e \geq$

10 м.

Требования настоящего параграфа распространяются также на КТП наружной установки.

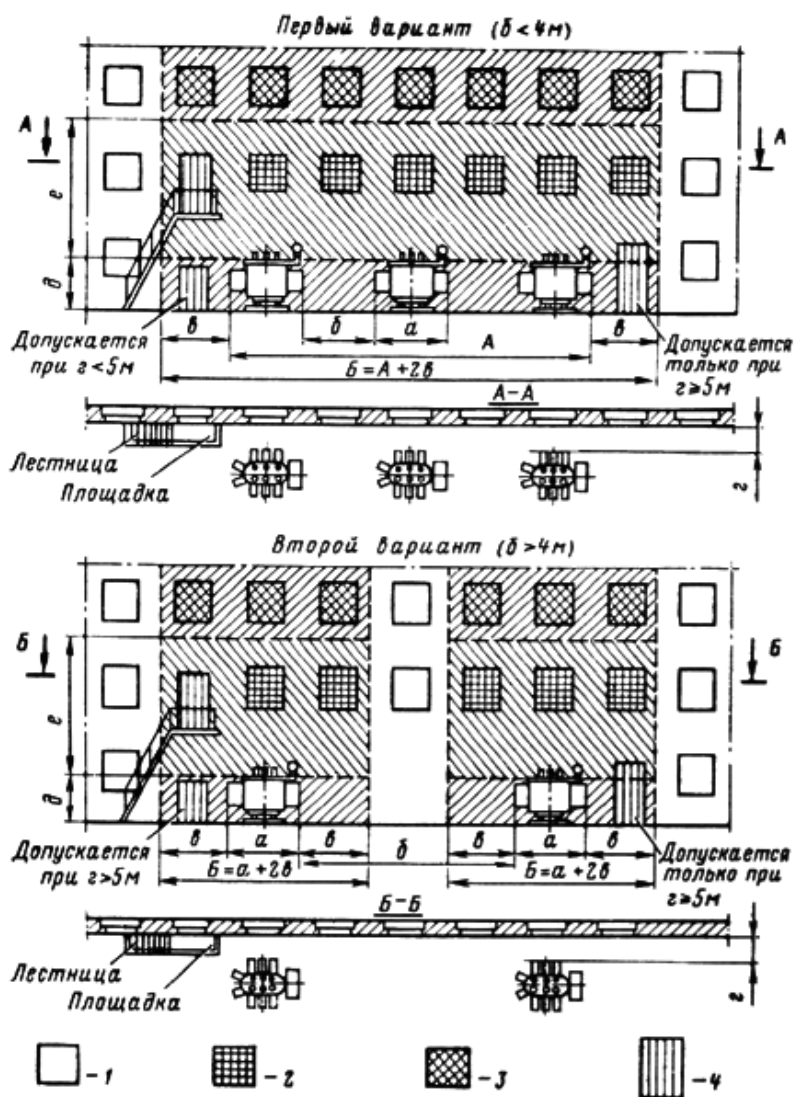


Рис. 4.2.11. Требования к открытой установке маслонаполненных трансформаторов у зданий с производствами категорий Г и Д (по противопожарным нормам):

- 1 - обычное окно; 2 - неоткрывающееся окно с несгораемым заполнением;
- 3 - окно, открывающееся внутрь здания, с металлической сеткой снаружи;
- 4 - огнестойкая дверь

4.2.70. Для предотвращения растекания масла и распространения пожара при повреждениях маслонаполненных силовых трансформаторе (реакторов) с массой масла более 1 т 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 т; 1 м при массе более 2 до 10 т; 1,5 м при массе более 10 до 50 т; 2 м при массе более 50 т. 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 и т. п.

3. Для трансформаторов (реакторов) мощностью до 10 МВ·А 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 рекомендуется выполнение простейшего устройства для проверки отсутствия масла (воды) в маслоприемнике.

4. Маслоприемники с отводом масла могут выполняться 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, указанный в п. 1.

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 ч. Маслоотводы могут выполняться 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.

По согласованию с органами Государственного санитарного надзора допускается устройство маслоборника в виде котлована в грунте со спланированными откосами.

4.2.71. На подстанциях с трансформаторами 110-154 кВ 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 следует предусматривать водопровод с питанием от существующей внешней сети или от самостоятельного источника водоснабжения.

На подстанциях с трансформаторами 220 кВ единичной мощностью менее 40 МВ·А следует предусматривать 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 35-154 кВ единичной мощностью менее 63 МВ·А противопожарный водопровод и водоем не предусматриваются.

4.2.72. Фундаменты под маслonaполненные трансформаторы или аппараты должны выполняться из негорючих материалов.

4.2.73. На подстанциях, оборудованных совмещенными порталами, у трансформаторов (автотрансформаторов) железнодорожные пути для их перекачки, как правило, не предусматриваются. При наличии подъездного железнодорожного пути к подстанции последний доводится до фундаментов трансформаторов (автотрансформаторов), оборудованных совмещенными порталами.

4.2.74. По спланированной территории ОРУ и подстанций должен быть обеспечен проезд для автомобильного транспорта с улучшением в случае необходимости грунтовой поверхности твердыми добавками или засеивом трав.

Автомобильные дороги с покрытием (усовершенствованным, переходным, низшим) предусматриваются, как правило, к следующим зданиям и сооружениям: portalу 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 330 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 [4.2.43](#).

4.2.75. 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, рекомендуется установка 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 [4.2.13-4.2.16](#), [4.2.18-4.2.25](#), [4.2.28-4.2.30](#), [4.2.33-4.2.36](#), [4.2.39](#), [4.2.40](#), [4.2.225](#), [4.2.226](#).

Соединения между отдельными секциями КРУН и КТП наружной установки с открытыми сборными и соединительными шинами должны отвечать также требованиям, приведенным в [4.2.44-4.2.74](#).

Закрытые распределительные устройства и подстанции

4.2.76. Здания и помещения ЗРУ и камеры трансформаторов должны быть I или II степени огнестойкости.

4.2.77. Расстояния от отдельно стоящих зданий ЗРУ до производственных зданий и сооружений промышленных предприятий, а также до жилых и общественных зданий следует принимать по СНиП II-89-80* (изд. 1995 г.) Госстроя России.

Для стесненных условий приведенные в СНиП расстояния по согласованию с местными органами пожарной охраны могут быть уменьшены при условии, что стена ЗРУ, обращенная в сторону здания, предусмотрена глухой.

Расстояние между расположенными по периметру промышленных зданий пристроенными или встроенными подстанциями не нормируется.

Специальные требования к сооружению встроенных и пристроенных подстанций в жилых и общественных зданиях см. в гл. 7.1.

4.2.78. 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.

4.2.79. ЗРУ напряжением до и выше 1 кВ, как правило, должны размещаться 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 и т. п. должны быть отделены от служебных и других вспомогательных помещений (исключения см. в гл. 4.3, 5.1 и 7.5).

4.2.80. Трансформаторные помещения и ЗРУ не допускается размещать:

1) под помещением производств с мокрым технологическим процессом, под душевыми, уборными, ванными и т. п. 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 чел. в период более 1 ч над и под площадью перекрытия трансформаторного помещения и ЗРУ.

Требование п. 2 не распространяется на трансформаторные помещения, в которых установлены трансформаторы сухие или с негорючим наполнением.

4.2.81. 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 с учетом требований "Инструкции по проектированию изоляции в районах с чистой и загрязненной атмосферой".

4.2.82. 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 в табл. 4.2.5 (рис. 4.2.12-4.2.15).

Гибкие шины в ЗРУ следует проверять на их сближение под действием токов КЗ в соответствии с требованиями, приведенными в 4.2.56.

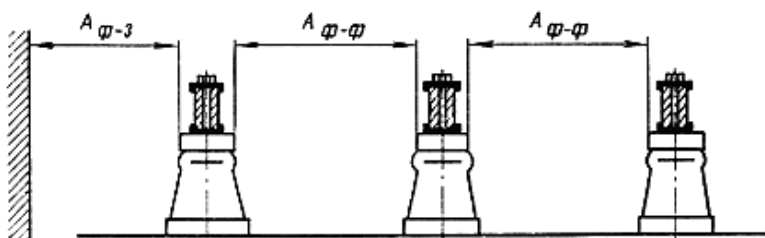


Рис. 4.2.12. Наименьшие расстояния в свету между неизолированными токоведущими частями разных фаз в ЗРУ и между ними и заземленными частями (по табл. 4.2.5)

Наименьшее расстояние в свету от токоведущих частей до различных элементов ЗРУ

Таблица 4.2.5.

Номер рисунка	Наименование расстояний	Обозначение	Изоляционное расстояние, мм, для напряжения, кВ							
			3	6	10	20	35	110	150	220
4.2.12	От токоведущих частей до заземленных конструкций и частей зданий	А	65	90	120	180	290	700	1100	1700
4.2.12.	Между проводниками разных фаз	А	70	100	130	200	320	800	1200	1800
4.2.13	От токоведущих частей до сплошных ограждений	Б	95	120	150	210	320	730	1130	1730
4.2.14	От токоведущих частей до сетчатых ограждений	В	165	190	220	280	390	800	1200	1800
4.2.14	Между неогражденными токоведущими частями разных цепей	Г	2000	2000	2000	2200	2200	2900	3300	3800
4.2.15	От неогражденных токоведущих частей до пола	Д	2500	2500	2500	2700	2700	3400	3700	4200
4.2.15	От неогражденных выводов из ЗРУ до земли при выходе их не на территорию ОРУ и при отсутствии проезда под выводами	Е	4500	4500	4500	4750	4750	5500	6000	6500
4.2.14	От контакта и ножа разъединителя в отключенном положении до ошиновки, присоединенной ко второму контакту	Ж	80	110	150	220	350	900	1300	2000

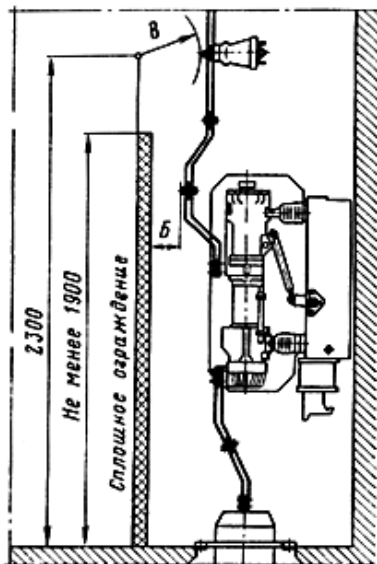


Рис. 4.2.13. Наименьшие расстояния между неизолированными токоведущими частями в ЗРУ и сплошными ограждениями (по табл. 4.2.5)

4.2.83. Расстояние от контактов и ножей разъединителей в отключенном положении до ошиновки своей фазы, присоединенной ко второму контакту, должно быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.5 для размера Ж (см. рис. 4.2.14).

4.2.84. Неизолированные токоведущие части должны быть защищены от случайных прикосновений путем помещения их в камеры, ограждения сетками и т. п.

При размещении неизолированных токоведущих частей вне камер и расположении их ниже размера Д по табл. 4.2.5 от пола они должны быть ограждены. Высота прохода под ограждением должна быть не менее 1,9 м (см. рис. 4.2.15).

Токоведущие части, расположенные выше ограждений до высоты 2,3 м от пола, но ниже размера Д, должны находиться от плоскости ограждения на расстояниях, приведенных в табл. 4.2.5 для размера В (см. рис. 4.2.14).

Неогражденные токоведущие части, соединяющие конденсатор устройства высокочастотной связи, телемеханики и защиты с фильтром, должны быть расположены на высоте не менее 2,2 м. При этом рекомендуется устанавливать 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.

4.2.85. Неогражденные неизолированные токоведущие части различных цепей, находящихся на высоте, превышающей значения, приведенные в табл. 4.2.5 для размера Д, должны быть расположены на таком расстоянии одна от другой, чтобы после отключения какой-либо цепи (например, секции шин) 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 табл. 4.2.5 для размера Г (см. рис. 4.2.14).

4.2.86. 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.

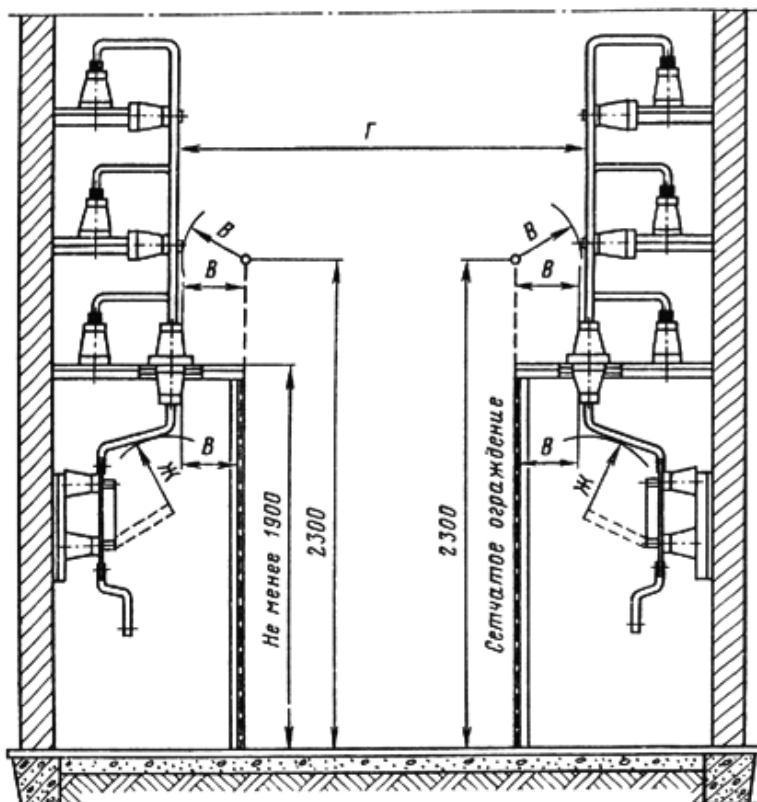


Рис. 4.2.14. Наименьшие расстояния от неизолированных токоведущих частей в ЗРУ до сетчатых ограждений и между неогражденными неизолированными токоведущими частями разных цепей (по табл. 4.2.5)

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 - см. 4.2.121 и 4.2.122. 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 - см. 4.2.123.

4.2.87. При воздушных вводах в ЗРУ, не пересекающих проездов или мест, где возможно движение транспорта и т. п., расстояния от нижней точки провода до поверхности земли должны быть не менее приведенных в табл. 4.2.5 для размера Е (см. рис. 4.2.15).

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.

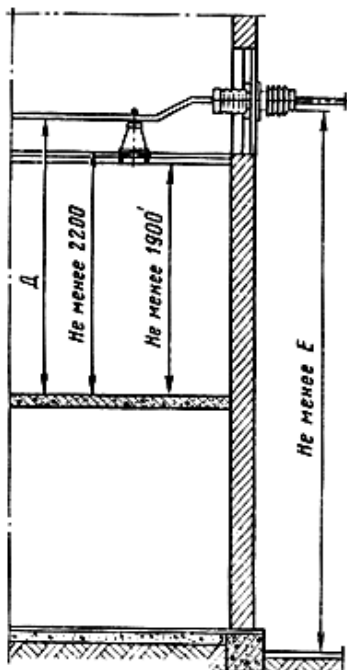


Рис. 4.2.15. Наименьшие расстояния от пола до неогражденных неизолированных токоведущих частей и до нижней кромки фарфора изолятора и высота прохода в ЗРУ.

Наименьшие расстояния от земли до неогражденных линейных выводов из ЗРУ вне территории ОРУи при отсутствии проезда транспорта под выводами

При воздушных вводах, пересекающих проезды или места, где возможно движение транспорта и т. п., расстояния от низшего провода до земли следует принимать в соответствии с 2.5.111 и 2.5.112.

При воздушных выводах из ЗРУ на территорию ОРУ указанные расстояния должны приниматься по табл. 4.2.2 для размера Г (см. рис. 4.2.4).

Расстояния между смежными линейными выводами двух цепей должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.2, 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.

4.2.88. Провода ввода в здание РУ, расположенные над его крышей, должны находиться от нее на высоте не менее приведенной в 4.2.64.

4.2.89. 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 могут быть выполнены наружу, на лестничную клетку или в другое производственное помещение с несгораемыми 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 могут быть предусмотрены также на балкон с наружной пожарной лестницей.

4.2.90. Взрывные коридоры большой длины следует разделять на отсеки не более 60 м несгораемыми перегородками с огнестойкостью не менее 1 ч с дверями, выполняемыми в соответствии с [4.2.92](#). Взрывные коридоры должны иметь выходы наружу или на лестничную клетку.

4.2.91. Полы помещений РУ рекомендуется выполнять по всей площади каждого этажа на одной отметке. Конструкция полов должна исключать возможность образования цементной пыли (см. также [4.2.118](#)). Устройство порогов в дверях между отдельными помещениями и в коридорах не допускается (исключения - см. [4.2.97](#), [4.2.98](#), [4.2.100](#) и [4.2.101](#)).

4.2.92. Двери из РУ должны открываться в направлении других помещений или наружу и иметь samozапирающиеся 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 samozапирающихся замков не распространяется на распределительные устройства городских электросетей 10 кВ и ниже.

4.2.93. 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 ч 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 могут быть выполнены из сгораемых материалов и иметь меньший предел огнестойкости. Ворота камер с шириной створки более 1,5 м должны иметь калитку, если они используются для выхода персонала.

4.2.94. Закрытые распределительные устройства рекомендуется выполнять без окон; на неохраняемых территориях такое выполнение является обязательным. В случае необходимости в естественном освещении следует применять стеклоблоки или армированное стекло.

Оконные переплеты помещений РУ и подстанций могут быть выполнены 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.

4.2.95. 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 ч, при этом неизолированные токоведущие части выше 1 кВ должны быть ограждены в соответствии с [4.2.84](#). Баковые масляные выключатели в указанных случаях должны устанавливаться в соответствии с [4.2.98](#).

4.2.96. Аппараты, относящиеся к пусковым устройствам электродвигателей, синхронных компенсаторов и т. п. (выключатели, пусковые реакторы, трансформаторы и т. п.), могут быть установлены в общей камере без перегородок между ними.

4.2.97. 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.

4.2.98. 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 могут устанавливаться 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 следует устанавливать 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 [4.2.13](#). 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.

4.2.99. Во взрывных коридорах не должно устанавливаться оборудование с открытыми токоведущими частями.

Взрывные коридоры должны иметь выходы, выполненные в соответствии с требованиями [4.2.90](#).

4.2.100. 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.

4.2.101. При сооружении камер над подвалом, на втором этаже и выше (см. также [4.2.237](#)), 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 прямка, 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 воздухоподводящего вентиляционного канала. Дно маслоприемника должно иметь уклон 2° в сторону приемка. 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.

4.2.102. 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, 20 °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.

4.2.103. 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.

4.2.104. В помещениях, в которых дежурный персонал находится 6 ч 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.

4.2.105. Проемы в междуэтажных перекрытиях, стенах, перегородках и т. п. 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 ч.

4.2.106. 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.

4.2.107. Пересечение камер аппаратов и трансформаторов кабелями, относящимися к другим цепям, как правило, 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, могут быть допущены только на коротких участках и притом лишь в той мере, в какой это необходимо для осуществления присоединений (например, к измерительным трансформаторам).

4.2.108. Прокладка в помещениях РУ относящихся к ним (нетранзитных) трубопроводов (отопление) допускается при условии применения цельных сварных труб без фланцев, вентиля и т.д., 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.

Внутрицеховые трансформаторные подстанции

4.2.109. Требования, приведенные в 4.2.110-4.2.124, распространяются на внутрицеховые подстанции напряжением до 35 кВ, за исключением преобразовательных подстанций (см. гл. 4.3) и электротермических установок (см. гл. 7.5).

4.2.110. Внутрицеховые подстанции могут размещаться 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 следует выполнять в соответствии с требованиями гл. 7.3 и 7.4.

В помещениях пыльных и с химически активной средой устройство внутрицеховых подстанций допускается при условии принятия мер, обеспечивающих надежную работу их электрооборудования (см. 4.2.115).

4.2.111. В производственных помещениях трансформаторы и РУ могут устанавливаться 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. Требования к установке КРУ и КТП в электромашинах помещений - см. гл. 5.1.

4.2.112. На внутрицеховой подстанции установка КТП или трансформаторов должна быть выполнена с соблюдением следующих требований:

1. На каждой открыто установленной внутрицеховой подстанции могут быть применены 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 рекомендуется устанавливать одну 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 т.

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 негорючих материалов с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

Требования п. 2 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.

4.2.113. Под каждым масляным трансформатором и аппаратом с массой масла 60 кг и более должен быть устроен маслоприемник в соответствии с требованиями 4.2.101, п. 2, как для трансформаторов и аппаратов с массой масла более 600 кг.

4.2.114. Выключатели, устанавливаемые на внутрицеховых подстанциях, должны быть, как правило, безмасляные или малообъемные масляные.

Установка боковых 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 кг.

4.2.115. 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 [4.2.245](#).

4.2.116. В случае применения искусственной вентиляции камер трансформаторов автоматическое отключение вентиляционного устройства одновременно с отключением трансформатора может не предусматриваться.

4.2.117. При установке КТП в отдельных помещениях вентиляция трансформаторов должна отвечать требованиям, приведенным в [4.2.102](#).

4.2.118. 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.

4.2.119. Двери камер маслonaполненных силовых трансформаторов и баковых выключателей должны иметь предел огнестойкости не менее 0,6 ч.

4.2.120. 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).

Как правило, КРУ и КТП следует размещать 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 рекомендуется ограждать. При этом внутри ограждений должны быть выдержаны проходы шириной не менее приведенной в [4.2.122](#).

4.2.121. 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.

4.2.122. 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 м;
- 2) для двухрядного исполнения - длина тележки КРУ плюс не менее 0,8 м.

Во всех случаях ширина прохода должна быть не менее приведенной в [4.2.86](#) (при этом сужение прохода напротив выкатываемых тележек запрещается) 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 м; допускаются отдельные местные сужения не более чем на 0,2 м.

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 м.

4.2.123. Высота помещения должна быть не менее высоты КРУ (КТП), считая от выступающих частей шкафов, плюс 0,8 м до потолка и 0,3 м до балок. Допускается меньшая высота помещения, если при этом обеспечиваются удобство и безопасность замены, ремонта и наладки оборудования КРУ (КТП).

4.2.124. Расчетные нагрузки на перекрытия помещений по пути транспортировки КРУ (КТП) должны приниматься с учетом массы наиболее тяжелой части устройства (например, трансформатора), а проемы должны соответствовать габаритам транспортируемых частей.

Столбовые (мачтовые) трансформаторные подстанции

4.2.125. Правила, приведенные в 4.2.126-4.2.134, распространяются на столбовые подстанции до 35 кВ мощностью не более 0,4 МВ·А.

4.2.126. Присоединение трансформатора к сети высшего напряжения должно осуществляться при помощи предохранителей и разъединителя, управляемого с земли. Привод разъединителя должен запирается на замок. Разъединитель, как правило, должен быть установлен на концевой опоре ВЛ.

4.2.127. Трансформатор должен быть установлен на высоте не менее 4,5 м, считая от земли до токоведущих частей. Для обслуживания подстанций на высоте не менее 3 м должна быть устроена площадка с перилами. Для подъема на площадку рекомендуется применять 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.

4.2.128. Части, остающиеся под напряжением при отключенном положении разъединителя, должны находиться на высоте не менее 2,5 м от уровня площадки обслуживания для подстанций 10 кВ и не менее 3,1 м для подстанций 35 кВ. Положение разъединителя должно быть видно с площадки. Разъединитель должен иметь заземляющие ножи со стороны трансформатора.

4.2.129. Щиток низшего напряжения подстанции должен быть заключен в шкаф. Для отключения трансформатора со стороны низшего напряжения должен быть установлен аппарат, обеспечивающий видимый разрыв.

4.2.130. Электропроводка между трансформатором и щитком, а также между щитком и ВЛ низшего напряжения должна быть защищена от механических повреждений (трубой, швеллером и т. п.) и выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в гл. 2.1.

4.2.131. Расстояние от земли до изоляторов вывода на ВЛ до 1 кВ должно быть не менее 4 м.

4.2.132. По условию пожарной безопасности подстанция должна быть расположена на расстоянии не менее 3 м от зданий I, II и III степеней огнестойкости и 5 м от зданий IV и V степеней огнестойкости.

4.2.133. Конструкции столбовых подстанций, используемые как опоры ВЛ, должны быть анкерными или концевыми. Это требование не распространяется на одностоечные подстанции.

4.2.134. В местах возможного наезда транспорта столбовые подстанции должны быть защищены отбойными тумбами.

Защита от грозовых перенапряжений

4.2.135. 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 МВ·А 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 Ом·м при числе грозовых часов в году не более 20. Здания ЗРУ и закрытых подстанций следует защищать 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, следует выполнять 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, следует устанавливать 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 в соответствии с РД 34.21.122-87 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений" Минэнерго СССР.

4.2.136. Защита от прямых ударов молнии ОРУ 220 кВ и выше должна быть выполнена стержневыми молниеотводами, устанавливаемыми, как правило, на конструкциях ОРУ. Следует использовать также защитное действие высоких объектов, которые являются молниеприемниками (опоры ВЛ, прожекторные мачты, радиомачты и т. п.). Установка молниеотводов на порталах, расположенных вблизи трансформаторов или шунтирующих реакторов, допускается при выполнении требований [4.2.137](#). На конструкциях ОРУ 110 и 150 кВ стержневые молниеотводы могут устанавливаться при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон: до 1000 Ом·м - независимо от площади заземляющего контура подстанции; более 1000 и до 2000 Ом·м - при площади заземляющего контура подстанции 10 000 м

1

и более.

От стоек конструкций ОРУ 110 и 150 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: до 500 Ом·м независимо от площади заземляющего контура подстанции; более 500 и до 750 Ом·м при площади заземляющего контура подстанции 10 000 м

2

и более.

От стоек конструкций ОРУ 35 кВ с молниеотводами должно быть обеспечено растекание тока молнии по магистралям заземления в трех-четыре 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 (см. [4.2.53](#)).

Расстояние по воздуху от конструкций ОРУ, на которых установлены молниеотводы, до токоведущих частей должно быть не менее длины гирлянды.

4.2.137. На трансформаторных порталах, порталах шунтирующих реакторов и конструкциях ОРУ, удаленных от трансформаторов или реакторов по магистралям заземления на расстояние менее 15 м, молниеотводы могут устанавливаться при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон не более 350 Ом·м 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 рекомендуется присоединять 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.

4.2.138. Защиту от прямых ударов молнии ОРУ, на конструкциях которых установка молниеотводов не допускается или нецелесообразна по конструктивным соображениям, следует выполнять отдельно стоящими молниеотводами, имеющими обособленные заземлители с сопротивлением не более 80 Ом. Расстояние

S_3

, м, между обособленным заземлителем молниеотвода и заземляющим устройством ОРУ (подстанции) должно быть равным (но не менее 3 м)

$$S_3 \geq 0,2R_{\text{н}}$$

где

$R_{\text{н}}$

- импульсное сопротивление заземления, Ом, отдельно стоящего молниеотвода при импульсном токе 60 кА.

Расстояние по воздуху

$S_{\text{в.}}$

, 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)

$$S_{\text{в.}} \geq 0,12R_{\text{н}} + 0,1H,$$

где

H

- высота рассматриваемой точки молниеотвода над уровнем земли, м.

Заземлители отдельно стоящих молниеотводов в ОРУ могут быть присоединены к заземляющему устройству ОРУ (подстанции) при соблюдении указанных в 4.2.136 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 35-150 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 4.2.136, дополнительно к общим требованиям присоединения заземлителей отдельно стоящих молниеотводов должны быть соблюдены следующие требования:

1. На расстоянии 5 м от молниеотвода следует устанавливать 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

$S_{\text{вз}}$

, м, от отдельно стоящего молниеотвода, заземлитель которого соединен с заземляющим устройством ОРУ (подстанции), до токоведущих частей должно составлять

$$S_{\text{вз}} \geq 0,1H + m,$$

где

H

- высота токоведущих частей над уровнем земли, м;

m

- длина гирлянды изоляторов, м.

4.2.139. 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.

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 Ом·м - 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.

Тросовые молниеотводы на подходах ВЛ 35 кВ к тем ОРУ, для которых не допускается установка или присоединение стержневых молниеотводов, должны заканчиваться на ближайшей к ОРУ опоре. Первый от ОРУ бестросовый пролет этих ВЛ должен быть защищен стержневыми молниеотводами, устанавливаемыми на подстанции, опорах ВЛ или около ВЛ.

4.2.140. 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).

4.2.141. Устройство и защита подходов ВЛ к ОРУ и подстанциям должны отвечать помимо требований, приведенных в 4.2.139, 4.2.144-4.2.149, 4.2.156-4.2.163, также требованиям, приведенным в гл. 2.5.

4.2.142. Не допускается установка молниеотводов на конструкциях ОРУ, находящихся на расстоянии менее 15 м от трансформаторов, к которым гибкими связями или открытыми шинпроводами присоединены вращающиеся машины; от открытых шинпроводов и от опор гибких связей, если к ним присоединены вращающиеся машины.

Порталы трансформаторов, связанных открытыми шинпроводами или гибкими связями с вращающимися машинами, должны входить в зоны защиты отдельно стоящих или установленных на других конструкциях молниеотводов.

4.2.143. 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 м.

В месте ввода кабелей в кабельное сооружение металлическая оболочка кабелей, броня и металлическая труба должны быть соединены с заземляющим устройством подстанции.

4.2.144. 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 табл. 4.2.6.

На каждой опоре подхода, за исключением случаев, предусмотренных в 2.5.68, трос должен быть присоединен к заземлителю опоры.

В районах со слабой интенсивностью грозовой деятельности допускается увеличение по сравнению с приведенными в табл. 4.2.6 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.

4.2.145. 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 табл. 4.2.6. 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 МВ·А подходы ВЛ 35 кВ к подстанции должны быть защищены тросом на длине не менее 0,5 км.

4.2.146. 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.

Защита ВЛ от прямых ударов молнии на подходах к РУ и подстанциям

Таблица 4.2.6

Номинальное напряжение ВЛ, кВ	Подходы ВЛ на порталных опорах с двумя тросами		Подходы ВЛ на одностоечных опорах			Наибольшее допустимое сопротивление заземляющего устройства опор, Ом, при эквивалентном удельном сопротивлении земли, Ом·м*		
	Длина защищаемого	Защитный угол троса,	Длина защищаемого	Количество тросов, шт.	Защитный угол	до 100	более 100 до 500	более 500

	подхода с повышенным защитным уровнем, км*	град.	подхода с повышенным защитным уровнем, км*		троса, град.			
35	0,5	25-30	1-2	1-2	30	10	15	20
	1-2							
110	1-3	25-30	1-3	1-2	25	10	15	20
150	2-3	25-30	2-3	1-2	25	10	15	20
220	2-3	25	2-3	2	20	10	15	20
330	2-4	25	2-4	2	20	10	15	20
500	3-4	25	-	-	-	10	15	20

*Выбор длины защищаемого подхода производится с учетом расстояний между вентильным разрядником и защищаемым оборудованием, указанных в табл. 4.2.8.

❏

На подходах ВЛ 110-330 кВ 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.

❏

Применяется только для подстанций с трансформаторами мощностью до 1,6 МВ·А.

❏

На одностоечных железобетонных опорах допускается угол защиты до 30°.

❏

Для порталных опор, устанавливаемых в земле с эквивалентным удельным сопротивлением более 1000 Ом·м, допускается сопротивление заземляющего устройства более 20, но не более 30 Ом.

3. На подходах ВЛ 35 кВ на деревянных опорах к подстанциям 35 кВ, защита которых выполняется упрощенно в соответствии с 4.2.145.

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, как правило, следует устанавливать 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.

4.2.147. 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.

4.2.148. 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 следует выбирать 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.

Рекомендуемые размеры основных защитных промежутков приведены в табл. 4.2.7.

4.2.149. На ВЛ 3-35 кВ с деревянными опорами в заземляющих спусках защитных промежутков следует выполнять дополнительные защитные промежутки, установленные на высоте не менее 2,5 м от земли.

Рекомендуемые размеры дополнительных защитных промежутков приведены в табл. 4.2.7.

4.2.150. В РУ 35 кВ и выше, к которым присоединены ВЛ, должны быть установлены вентильные разрядники.

Вентильные разрядники следует выбирать 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 могут быть применены вентильные разрядники с характеристиками выше требуемых по условиям координации изоляции.

Рекомендуемый размер основных и дополнительных защитных промежутков

Таблица 4.2.7

Номинальное напряжение, кВ	Размер защитных промежутков, мм	
	основных	дополнительных
3	20	5
6	40	10
10	60	15
20	140	20
35	250	30
110	650	-
150	930	-
220	1350	-
330	1850	-
500	3000	-

Расстояния по шинам, включая ответвления, от разрядников до трансформаторов и аппаратов должны быть не более указанных в табл. 4.2.8-4.2.10.

Определение наибольших допустимых расстояний между вентильными разрядниками и защищаемым оборудованием следует производить, исходя из количества линий и вентильных разрядников, включенных в нормальном режиме работы РУ (подстанции).

Количество и места установки вентильных разрядников следует выбирать, исходя из принятых на расчетный период схем электрических соединений, количества ВЛ и трансформаторов. При этом расстояния от защищаемого оборудования до вентильных разрядников 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.

4.2.151. Вентильные разрядники 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 330 и 500 кВ трансформаторов;
- 3) обмоток 150 и 220 кВ трансформаторов, имеющих уровень изоляции по ГОСТ 1516.1-76*;
- 4) шунтирующих реакторов 500 кВ.

Расстояния от вентильных разрядников до трансформаторов (автотрансформаторов, шунтирующих реакторов) и до аппаратов должны быть не более приведенных в табл. 4.2.8-4.2.10 (см. также 4.2.137). При превышении указанных расстояний должны быть дополнительно установлены разрядники на шинах.

4.2.152. При присоединении трансформатора к РУ кабельной линией 100 кВ и выше в месте присоединения кабеля к шинам РУ должен быть установлен комплект вентильных разрядников. Заземляющий зажим разрядника должен быть присоединен к металлическим оболочкам кабеля.

Таблица 4.2.8 Наибольшее допустимое расстояние от вентильных разрядников до защищаемого оборудования 35-220 кВ
(откроется в новом окне)

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, с 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.

Таблица 4.2.9 Наибольшее допустимое расстояние от вентильных разрядников до защищаемого оборудования напряжением 330 кВ

Схема подстанции, количество 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		до остального электрооборудования	
			Портальные опоры	Одностоечные опоры с двумя тросами	Портальные опоры	Одностоечные опоры с двумя тросами	Портальные опоры	Одностоечные опоры с двумя тросами

Тупиковая, по схеме блока трансформатор - линия	Один комплект вентильных разрядников II группы у силового трансформатора	2,5	45	-	75	-	130	100
		3,0	70	20	90	30	140	110
		4,0	100	50	115	85	150	130
То же	Два комплекта вентильных	2,5	70	-	250**	-	330**	235**
	разрядников II группы: один	3,0	120	20	320**	100	380**	270**
	комплект - у силового трансформатора, второй - в линейной ячейке	4,0	160	90	400**	250	450**	340**
Тупиковая, по схеме	Два комплекта вентильных	2,0	70	-	210	-	335	280
"объединенный блок"	разрядников II группы на	2,5	110	20	240	100	340	320
	трансформаторных присоединениях	3,0	150	65	260	200	355	340
Проходная, с двумя ВЛ и одним трансформатором, по схеме	Один комплект вентильных разрядников II группы у силового трансформатора	2,0	80	-	160	-	390	300
"треугольник"	трансформатора	2,5	110	50	210	120	410	350
		3,0	150	80	250	150	425	380
Проходная, с двумя ВЛ и двумя трансформаторами по схеме "мостик"	Два комплекта вентильных разрядников II группы у силовых трансформаторов	2,0	60	-	320	-	420	300
		2,5	80	20	400	260	500	360
		3,0	130	60	475	310	580	415
Проходная, с двумя ВЛ и двумя трансформаторами по схеме	То же	2,0	150	-	500	-	1000	1000
		2,5	200	80	700	320	1000	1000
"четыреугольник"		3,0	240	140	750	470	1000	1000
С секциями (системой) шин, с тремя ВЛ и двумя трансформаторами	То же	2,0	150	40	960	-	1000	1000
		2,5	220	80	1000	400	1000	1000
		3,0	300	140	1000	1000	1000	1000
С секциями (системой) шин, с тремя ВЛ и одним трансформатором	Один комплект вентильных разрядников II группы у силового трансформатора	2,0	100	30	700	-	1000	750
		2,5	175	70	800	200	1000	1000
		3,0	250	100	820	700	1000	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 4.2.10

Схема подстанции, количество ВЛ	Количество комплектов разрядников, тип, место установки	Расстояние, м		
		до силовых трансформаторов (автотрансформаторов) и шунтирующих реакторов	до транс- форматоров напряжения	до остального электро- оборудования
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	150/700	150/700
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	350/700	350/900
Проходная, с двумя ВЛ и двумя трансформаторами по схеме "четыреугольник"	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.

В случае присоединения к шинам РУ нескольких кабелей, непосредственно соединенных с трансформаторами, на шинах РУ устанавливается один комплект вентильных разрядников. Место установки разрядника следует выбирать возможно ближе к местам присоединения кабелей.

4.2.153. Неиспользуемые обмотки низшего и среднего напряжения силовых трансформаторов (автотрансформаторов) должны быть соединены в звезду или треугольник и защищены вентильными разрядниками, 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.

4.2.154. Для защиты нейтралей обмоток 110-220 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, следует устанавливать вентильные разрядники. В нейтрали трансформаторов, изоляция которой не допускает разземления, установка разъединителей не допускается.

4.2.155. Шунтирующие реакторы 500 кВ должны быть защищены от грозовых и внутренних перенапряжений грозовыми или комбинированными разрядниками, устанавливаемыми на присоединениях

реакторов.

4.2.156. Распределительные устройства 3-20 кВ, к которым присоединены ВЛ, должны быть защищены вентильными разрядниками, установленными на шинах или у трансформатора.

В РУ 3-10 кВ при выполнении связи трансформаторов с шинами при помощи кабелей расстояния от вентильных разрядников до трансформаторов и аппаратов не ограничиваются (за исключением случаев, указанных в [4.2.137](#)).

При применении воздушной связи трансформаторов с шинами РУ 3-10 кВ расстояния от вентильных разрядников 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 3-20 кВ к подстанциям тросовыми молниеотводами не требуется.

На подходах к подстанциям ВЛ 3-20 кВ с деревянными опорами на расстоянии 200-300 м от подстанции должен быть установлен комплект трубчатых разрядников (РТ1).

На ВЛ 3-20 кВ, которые в грозовой сезон могут быть длительно отключены с одной стороны, как правило, следует устанавливать 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. Расстояние от разрядников до отключенного аппарата должно быть не более 15 м.

Сопrotивление заземления РТ1 и РТ2 не должны превышать 10 Ом при удельном сопротивлении земли до 1000 Ом·м и 15 Ом при более высоком удельном сопротивлении.

На подходах к подстанциям ВЛ 3-20 кВ с металлическими и железобетонными опорами установка трубчатых разрядников (комплектов РТ1 и РТ2) не требуется. Металлические и железобетонные опоры на протяжении 200-300 м подхода к подстанции должны быть заземлены с сопротивлением не более приведенных в табл. [2.5.22](#).

Защита подстанций 3-20 кВ, с низшим напряжением до 1 кВ, присоединенных в ВЛ 3-20 кВ, должна выполняться вентильными разрядниками, устанавливаемыми с высокой и низкой сторон подстанции.

При мощности трансформатора до 0,63 МВ·А допускается не устанавливать трубчатые разрядники на подходе ВЛ 3-20 кВ с деревянными опорами.

При установке вентильного разрядника в одной ячейке с трансформатором напряжения разрядник рекомендуется присоединять до предохранителя.

4.2.157. Кабельные вставки 35-220 кВ при их длине менее 1,5 км должны быть защищены с обеих сторон трубчатыми или вентильными разрядниками. Кабели 35-110 кВ защищаются вентильными разрядниками типа РВС (III группа по ГОСТ 16357-83*) или трубчатыми разрядниками, а кабели 220 кВ - вентильными разрядниками типа РВМГ (II группа по ГОСТ 16357-83*). При длине кабеля 1,5 км и более установка разрядников по концам кабеля не требуется.

В случае присоединения ВЛ 3-20 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 следует устанавливать второй комплект трубчатых разрядников.

При применении кабельной вставки длиной более 50 м в месте присоединения кабеля к ВЛ следует устанавливать комплект вентильных разрядников.

Разрядники должны быть соединены кратчайшим путем с металлическими оболочками кабеля и присоединены к заземлителю. Сопrotивление заземлителя должно быть не более приведенных в [4.2.156](#).

4.2.158. Защиту подстанций 35-110 кВ с трансформаторами мощностью до 40 МВ·А, присоединяемых к ответвлениям протяженностью менее требуемой длины защищаемого подхода (см. табл. [4.2.6](#) и [4.2.8](#)) от действующих ВЛ с деревянными, металлическими или железобетонными опорами без троса, допускается выполнять по упрощенной схеме (рис. 4.2.16), включающей:

вентильные разрядники, устанавливаемые на подстанции на расстоянии не более 10 м от силового трансформатора;

тросовые молниеотводы подхода к подстанции на всей длине ответвления; при длине ответвления менее 150 м следует дополнительно защищать тросовыми или стержневыми молниеотводами по одному пролету действующей ВЛ в обе стороны от ответвления;

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.

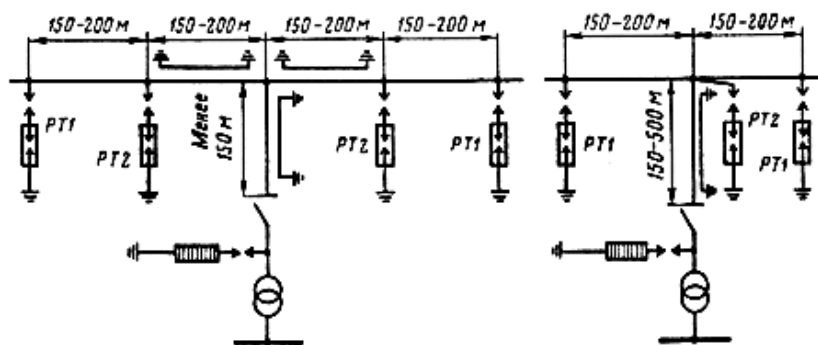


Рис. 4.2.16. Схемы защиты от грозовых перенапряжений подстанций, присоединенных к ВЛ ответвлениями длиной до 150 и более 150 м

При длине захода более 500 м установка РТ1 не требуется.

Защита подстанций, на которых расстояния между вентильными разрядниками и трансформаторами превышают 10 м, выполняется в соответствии с требованиями, приведенными в 4.2.144, 4.2.150.

Упрощенную защиту подстанций в соответствии с указанными выше требованиями допускается выполнять и в случае присоединения подстанций к действующим ВЛ с помощью коротких заходов (рис. 4.2.17). При этом трансформаторы должны быть защищены вентильными разрядниками типа РВМГ (II группа по ГОСТ 16357-83).

Выполнение грозозащиты подстанций, присоединяемых к вновь сооружаемым ВЛ, по упрощенным схемам не допускается.

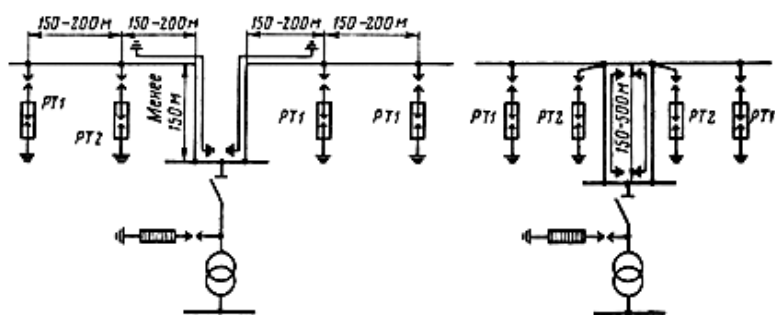


Рис. 4.2.17. Схемы защиты от грозовых перенапряжений подстанций, присоединенных к ВЛ с помощью заходов длиной до 150 и более 150 м

4.2.159. В районах с удельным сопротивлением земли 1000 Ом·м 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.

4.2.160. Разъединители, устанавливаемые на опорах ВЛ до 110 кВ, имеющих защиту тросом не по всей длине, как правило, должны быть защищены 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, как правило, не требуется. Если эти разъединители могут иметь длительно отключенное положение, со стороны ВЛ на опоре должны быть установлены разрядники (как правило, трубчатые).

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 4.2.158, 4.2.166 и в табл. 4.2.8, 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.

4.2.161. Сопротивление заземления трубчатых разрядников, указанных в 4.2.160, должно удовлетворять требованиям, приведенным в 2.5.74 и 2.5.75.

4.2.162. 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 ответвленные электроустановки (например, тяговые подстанции).

При выполнении ответвления на деревянных опорах в месте его присоединения к линии должен быть установлен комплект трубчатых разрядников.

4.2.163. 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 следует присоединять к заземляющему устройству переключательного пункта.

Защита вращающихся электрических машин от грозовых перенапряжений

4.2.164. Воздушные линии с металлическими и железобетонными опорами допускается присоединять к генераторам (синхронным компенсаторам) мощностью до 50 МВт (до 50 МВ·А).

Воздушные линии с деревянными опорами допускается присоединять к генераторам (синхронным компенсаторам) мощностью до 25 МВт (до 25 МВ·А).

Присоединение ВЛ к генераторам (синхронным компенсаторам) мощностью более 50 МВт (более 50 МВ·А) допускается только при помощи разделительного трансформатора.

4.2.165. Для защиты генераторов и синхронных компенсаторов, а также электродвигателей мощностью более 3 МВт, присоединяемых к ВЛ, должны быть применены вентильные разрядники I группы по ГОСТ 16357-83 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 следует устанавливать для защиты: генераторов (синхронных компенсаторов) мощностью более 15 МВт (более 15 МВ·А) - на присоединении каждого генератора (синхронного компенсатора); 15 МВт и менее (15 МВ·А и менее) - на шинах (секция 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 МВ·А и более), вместо емкостей 0,5 мкФ на фазу может быть применен вентильный разрядник в нейтрали генератора (синхронного компенсатора) 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.

4.2.166. 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 (рис. 4.2.18, а). 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 следует подвешивать 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 могут быть установлены вентильные разрядники IV группы по ГОСТ 16357-83 *. 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, следует устанавливать комплект трубчатых разрядников на расстоянии 150 м от начала тросового подхода в сторону линии. Сопротивление заземления разрядников должно быть не более 5 Ом.

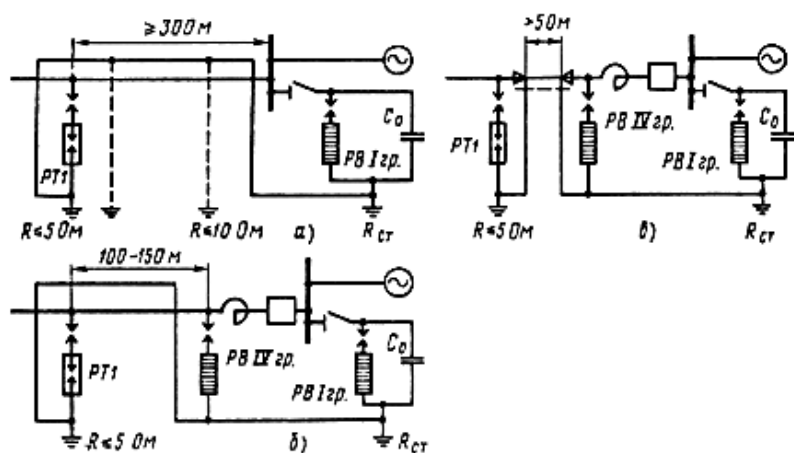


Рис. 4.2.18. Схемы защиты вращающихся машин от грозовых перенапряжений

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 (см. п. 1), и дополнительно должен быть установлен комплект вентильных разрядников IV группы по ГОСТ 16357-83 в месте присоединения ВЛ к кабелю. Разрядник кратчайшим путем следует присоединять к броне, металлической оболочке 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 по ГОСТ 16357-83 *. 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. рис. 4.2.18, б). В начале подхода, защищенного тросовым молниеотводом, должен быть установлен комплект трубчатых разрядников, а у реактора - комплект вентильных разрядников IV группы по ГОСТ 16357-83. 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 по ГОСТ 16357-83* (см. рис. 4.2.18, в).

6. На ВЛ, присоединенных к шинам электростанций (подстанций) с вращающимися машинами мощностью менее 3 МВт (менее 3 МВ·А), 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 по ГОСТ 16357-83 на расстоянии 150 м от электростанции (подстанции). Сопротивление заземления разрядников должно быть не более 3 Ом. При этом защита подхода ВЛ тросом не требуется.

4.2.167. 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 20°. 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.

4.2.168. 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 4.2.167 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 по ГОСТ 16357-83 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.

4.2.169. 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 (рис. 4.2.19, а). 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 по ГОСТ 16357-83. Заземляющий зажим разрядника должен быть кратчайшим путем присоединен к металлическим оболочкам кабеля и к заземлителю (рис. 4.2.19, б). У

электродвигателя должны быть установлены вентильные разрядники I группы и защитные емкости по 0,5 мкФ на фазу.

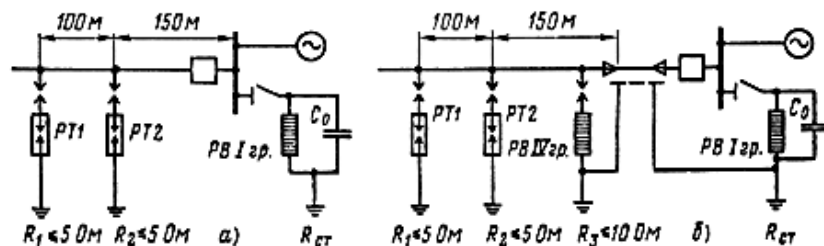


Рис. 4.2.19. Схемы защиты электродвигателей мощностью до 3 МВт при подходе ВЛ на деревянных опорах

Защита от внутренних перенапряжений

4.2.170. В электрических сетях 6-35 кВ, в которых требуется компенсация емкости токов однофазных замыканий на землю, следует выравнивать 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:

- а) присоединенным к шинам через предохранители;
- б) имеющим соединение с сетью, емкостный ток которой компенсируется только по одной линии.

Мощностью дугогасящих заземляющих реакторов выбирается по значению полного емкостного тока замыкания на землю сети с учетом ее развития в ближайшие 10 лет.

4.2.171. В сетях 110-220 кВ, которые работают с заземленной нейтралью и имеют изоляцию, соответствующую требованиям ГОСТ 1516.1-76*, и повышенный по сравнению с ГОСТ 1516-73 уровень изоляции обмоток 150 и 220 кВ силовых трансформаторов (автотрансформаторов), применения специальных мер для ограничения внутренних перенапряжений не требуется.

Обмотки 150 и 220 кВ трансформаторов (автотрансформаторов) с уровнем изоляции по ГОСТ 1516.1-76 *, а также обмотки 330 и 500 кВ трансформаторов (автотрансформаторов) должны быть защищены от внутренних перенапряжений вентильными разрядниками серии РВМГ, устанавливаемыми в соответствии с требованиями 4.2.151.

4.2.172. В электрических сетях 3-35 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 3-35 кВ, которые могут отделяться 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 3-35 кВ, используемой для контроля изоляции, должен быть включен резистор сопротивлением 25 Ом, рассчитанный на длительное прохождение тока 4 А.

В электрических схемах 3-35 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 3-35 кВ, в которых не требуется измерения фазных напряжений относительно земли (контроль изоляции) или напряжения нулевой последовательности, рекомендуется применять трансформаторы напряжения, первичные обмотки которых не имеют соединения с землей.

В электрических сетях и схемах соединений 3-35 кВ, в которых имеются дугогасящие реакторы или генераторы (синхронные компенсаторы) с непосредственным водяным охлаждением обмоток статора, защита от самопроизвольных смещений нейтрали не требуется.

4.2.173. В сетях 330 и 500 кВ в зависимости от протяженности и количества линий, схемы сети, типа выключателей, мощности трансформаторов и других параметров следует предусматривать 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 330 и 500 кВ повышения напряжения должны устанавливаться в зависимости от длительности их воздействия.

4.2.174. Коммутационные перенапряжения в сетях 330 и 500 кВ должны быть ограничены до расчетной кратности, равной 2,7 и 2,5 соответственно.

С целью ограничения опасных для оборудования коммутационных перенапряжений следует применять на ВЛ 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 330 и 500 кВ следует выбирать на основе расчетов внутренних перенапряжений в электропередаче.

4.2.175. Для РУ 220-500 кВ с воздушными выключателями следует предусматривать мероприятия по предотвращению феррорезонансных перенапряжений, возникающих при последовательных включениях трансформаторов напряжения и емкостных делителей напряжения выключателей.

Пневматическое хозяйство

4.2.176. 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.

4.2.177. Воздух, поступающий в аппараты, должен быть очищен от механических примесей и осушен. Относительная влажность осушенного воздуха должна удовлетворять требованиям конструкции аппаратов.

4.2.178. Для получения осушенного воздуха в компрессорной установке должны предусматриваться две ступени давления:

а) компрессорное (повышенное) - для компрессоров и воздухохранилищ - аккумуляторов сжатого воздуха, выбираемое из условия обеспечения требуемой относительной влажности сжатого воздуха электроаппаратуры распределительного устройства;

б) 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.

4.2.179. Производительность рабочих компрессоров должна быть выбрана такой, чтобы обеспечить:

1. В установках с компрессорами давлением до 5 МПа:

а) 0,5 ч непрерывной работы с двухчасовой паузой;

б) восстановление давления в воздухохоборниках компрессорного давления, сниженного на вентилирование воздушных выключателей и на утечки всей системы, за 2 ч, пока компрессоры не работают, - в течение 0,5 ч.

2. В установках с компрессорами давлением 23 МПа:

а) 1,5 ч непрерывной работы с двухчасовой паузой;

б) восстановление давления в воздухохоборниках (условия аналогичны изложенным в п. 1, б) в течение 1,5 ч.

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).

4.2.180. Пополнение воздуха в резервуарах электроаппаратов в рабочем и аварийном режимах должно осуществляться за счет запаса воздуха в воздухохоборниках компрессорного давления.

Емкость воздухохоборников должна обеспечивать покрытие суммарного расхода воздуха (при неработающих компрессорах):

а) в рабочем режиме - на вентилирование воздушных выключателей и на утечки всей системы - за 2 ч, пока компрессоры не работают. При этом остаточное давление в воздухохоборниках должно быть таким, чтобы обеспечивалась требуемая осушка воздуха в электроаппаратах;

б) 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 воздухохоборниках 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.

4.2.181. В расчетах следует принимать, что начало аварийного режима с массовым отключением выключателей совпадает с моментом периодического включения в работу компрессорной установки (т. е. когда давление в воздухохоборниках снизилось до пускового давления компрессора).

4.2.182. Воздухохоборники 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 воздухохоборника, включаемый вручную перед спуском конденсата на время таяния льда.

Для обеспечения более высокой степени осушки сжатого воздуха следует предусматривать последовательное соединение воздухохоборников (не менее трех).

4.2.183. Воздухохоборники 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 воздухохоборников должна размещаться в специальной теплоизоляционной камере, имеющей автоматический электрообогрев.

4.2.184. Между конечным водомаслоотделителем в компрессорной установке и воздухохранилищами должны устанавливаться обратные клапаны.

4.2.185. 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 мин 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, как правило, должен обеспечивать непрерывный перепуск небольшого количества воздуха для покрытия расхода на утечки и вентилирование в системе после клапана.

4.2.186. Для каждого значения номинального давления электроаппаратов распределительного устройства должна выполняться своя воздухопроводная сеть, питающаяся не менее чем двумя перепускными клапанами от компрессорной установки.

4.2.187. 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.

4.2.188. Компрессорная установка должна быть полностью автоматизирована и должна работать без постоянного дежурства персонала.

Компрессорная установка должна быть оборудована автоматическим управлением, поддерживающим давление в воздухохранилищах 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.

4.2.189. Устройство автоматизированных компрессорных установок с машинами производительностью до 5 м³

/мин в РУ регламентируется действующими "Правилами устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов", кроме п. 2.13, 2.20, 2.27, 2.52, 2.55, 4.6, 4.8.

4.2.190. Воздухохранилища должны удовлетворять действующим "Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением" Госгортехнадзора России, за исключением требования о постоянных площадках и лестницах.

4.2.191. Воздухохранилища 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 воздухохранилища без нарушения нормальной эксплуатации остальных. Допускается установка воздухохранилищ в отдельном помещении того здания, в котором размещается ЗРУ с воздушными выключателями.

4.2.192. Забор воздуха компрессорами должен осуществляться из компрессорного помещения через фильтры, расположенные на компрессоре.

4.2.193. 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.

4.2.194. В помещении компрессорной установки должны быть предусмотрены ремонтная площадка и грузоподъемное устройство для производства монтажных и ремонтных работ.

4.2.195. 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.

4.2.196. Компрессорный агрегат должен устанавливаться на фундаментах, не связанных со стенами здания.

4.2.197. 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.

4.2.198. Двери помещения компрессорной установки должны открываться наружу; замки дверей должны быть samozапирающимися, а двери должны открываться изнутри без ключа с помощью рукоятки; окна должны открываться наружу и должны быть оборудованы фрамугами.

4.2.199. Воздухопроводная распределительная сеть должна, как правило, выполняться кольцевой, разделенной на участки при помощи запорных вентилей.

Питание воздухопроводной сети должно осуществляться двумя магистралями от компрессорной установки.

4.2.200. Для защиты распределительной сети в ней должны быть установлены предохранительные клапаны, срабатывающие при превышении давления в сети до 1,1 номинального. Предохранительные клапаны следует устанавливать в обеих нитках питающей магистрали воздухораспределительной сети возле шкафа манометров, указанных в [4.2.187](#).

4.2.201. 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.

4.2.202. Воздухопроводы и арматура распределительной сети должны быть доступны для обслуживания.

4.2.203. 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.

4.2.204. Воздухопроводы следует прокладывать с уклоном 0,3% с установкой в нижних точках спускных вентилей для продувки сети. Ответвления к аппаратам следует прокладывать с уклоном 0,3% в направлении главной магистрали.

4.2.205. Для компенсации температурных деформаций в воздухопроводной распределительной сети должны быть предусмотрены компенсаторы, выполняемые из труб того же диаметра, что и магистральный воздухопровод.

4.2.206. 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 следует выполнять 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.

4.2.207. 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.

4.2.208. Внутренние детали запорных вентилей, обратных и предохранительных клапанов, устанавливаемых после фильтров выключателей, должны быть стойкими к воздействию коррозии.

4.2.209. Внутренние поверхности воздухосборников и линейных водоотделителей должны быть очищены от ржавчины и грязи и должны иметь антикоррозийное покрытие.

4.2.210. Наружные поверхности воздухосборников и линейных водоотделителей, устанавливаемых на открытом воздухе, должны быть окрашены устойчивой краской светлого тона.

4.2.211. 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.

4.2.212. Все элементы установки сжатого воздуха должны быть доступны для разборки и чистки.

Масляное хозяйство

4.2.213. Для обслуживания маслonaполненного 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.

4.2.214. На электростанциях, на подстанциях 500 кВ независимо от мощности установленных трансформаторов и на подстанциях 330 кВ с трансформаторами мощностью 200 МВ·А и выше, расположенных в удаленных или труднодоступных районах, следует предусматривать масляные хозяйства с оборудованием для обработки масла.

Склады масла таких маслохозяйств должны иметь:

- а) на тепловых электростанциях - по 4 резервуара турбинного и изоляционного масла;
- б) на гидроэлектростанциях - по 3 резервуара турбинного и изоляционного масла;
- в) на подстанциях - 3 резервуара изоляционного масла.

Объем каждого резервуара должен быть не менее:

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;

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.

4.2.215. 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 следует сооружать:

- а) при хороших транспортных связях между подстанциями и централизованным маслохозяйством энергосистемы;
- б) при количестве масляных выключателей на подстанции не более двух;
- в) на подстанциях глубокого ввода, расположенных в черте города.

4.2.216. 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.

4.2.217. На остальных подстанциях, кроме оговоренных в 4.2.214 и 4.2.215, маслохозяйство и маслосклады не должны сооружаться. Доставка на них сухого масла осуществляется в передвижных резервуарах или автоцистернах с централизованных масляных хозяйств сетевых районов энергосистемы.

4.2.218. 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 следует прокладывать 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 следует выполнять из стальных труб, соединяемых сваркой (кроме стыков с арматурой).

4.2.219. Масляное хозяйство для электроустановок промышленных предприятий должно выполняться с учетом требований "НТП. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий. Нормы технологического проектирования" (1994 г., АО ВНИПИ "Тяжпромэлектропроект").

4.2.220. Резервуары для хранения масла должны быть оборудованы воздухоосушительными фильтрами, указателем уровня масла, пробноспускным краном на сливном патрубке.

4.2.221. Расстояния от стенок резервуаров открытых складов масла должны быть не менее:

- а) до зданий и сооружений электростанций и подстанций (в том числе до трансформаторной мастерской): для складов общим объемом до 100 т масла - 12 м; для складов более 100 т - 18 м;
- б) до жилых и общественных зданий - на 25% больше расстояний, указанных в п. "а";
- в) до аппаратной маслохозяйства - 8 м;
- г) до складов баллонов водорода - 20 м.

Установка силовых трансформаторов

4.2.222. Требования 4.2.223-4.2.263 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 [4.2.223-4.2.263](#) термином "трансформаторы".

Установка вспомогательного оборудования трансформаторов (электродвигателей системы охлаждения, контрольно-измерительной аппаратуры, устройств управления) должна отвечать требованиям соответствующих глав настоящих Правил.

Требования [4.2.233](#), [4.2.238](#) и [4.2.239](#) не относятся к установке трансформаторов, входящих в КТП с высшим напряжением 10 кВ и ниже.

4.2.223. Для установки на открытом воздухе в макроклиматических районах с холодным климатом должны применяться трансформаторы специального исполнения (ХЛ).

4.2.224. 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.

4.2.225. 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.

4.2.226. 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.

4.2.227. На крышках и баках трансформаторов допускается установка вентильных разрядников не выше 35 кВ, соответствующих требованиям действующего ГОСТ для разрядников, устанавливаемых на крышке трансформатора.

4.2.228. 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 т, не снабженные катками, допускается устанавливать непосредственно на фундаменте.

На фундаментах трансформаторов должны быть предусмотрены места для установки домкратов, применяемых для создания уклона трансформатора.

4.2.229. Уклон масляного трансформатора, необходимый для обеспечения поступления газа к газовому реле, должен создаваться путем установки подкладок под катки.

4.2.230. 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.

4.2.231. 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.

4.2.232. Вдоль путей перекачки, а также у фундаментов трансформаторов массой более 20 т должны быть предусмотрены анкеры, позволяющие закреплять за них лебедки, направляющие блоки, полиспасты, используемые при перекачке трансформаторов в обоих направлениях на собственных катках. В местах изменения направления движения должны быть предусмотрены площадки для установки домкратов.

4.2.233. 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 и др.) 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 м.

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.

4.2.234. Последовательные регулировочные трансформаторы должны устанавливаться в непосредственной близости от регулируемых трансформаторов. Следует предусматривать возможность их перекатки по общему пути.

4.2.235. Трансформаторы 500 кВ независимо от их мощности, а также 220-330 кВ мощностью 200 МВ·А и более должны оборудоваться стационарными автоматическими установками пожаротушения.

4.2.236. Автоматический пуск установки пожаротушения должен дублироваться дистанционным пуском со щита управления и 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.

4.2.237. Каждый масляный трансформатор, размещаемый внутри помещений, следует устанавливать в отдельной камере (исключение - см. 4.2.95), 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 4.2.101, п. 2, 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 следует руководствоваться также 4.2.80.

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 могут устанавливаться в общей камере в количестве до 6 шт., если это не вызывает усложнения в эксплуатации при проведении ремонта.

4.2.238. 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:

а) до задней и боковых стен - 0,3 м для трансформаторов мощностью до 0,4 МВ·А и 0,6 м для трансформаторов большей мощности,

б) со стороны входа: до полотна двери или выступающих частей стены - 0,6 м для трансформаторов мощностью до 0,4 МВ·А, 0,8 м для трансформаторов более 0,4 до 1,6 МВ·А и 1 м для трансформаторов мощностью более 1,6 МВ·А.

4.2.239. Пол камер масляных трансформаторов должен иметь уклон 2% в сторону маслоприемника.

4.2.240. Двери (ворота) камер трансформаторов должны быть выполнены в соответствии с [4.2.93](#). Непосредственно за дверью камеры допускается устанавливать на высоте 1,2 м барьер (для осмотра трансформатора с порога, без захода в камеру).

4.2.241. В камерах трансформаторов могут устанавливаться относящиеся к ним разъединители, предохранители и выключатели нагрузки, разрядники и дугогасящие заземляющие реакторы, а также оборудование системы охлаждения.

4.2.242. 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 [4.2.105](#), [4.2.113](#), [4.2.115](#) и [4.2.120](#).

4.2.243. 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 МВ·А 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.

4.2.244. Вентиляционная система камер трансформаторов должна обеспечивать отвод выделяемой ими теплоты (см. [4.2.102](#)) 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.

4.2.245. 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 парпетом 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 следует устраивать 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.

4.2.246. 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.

4.2.247. 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.

4.2.248. 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.

4.2.249. 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.

4.2.250. Внешние маслопроводы систем охлаждения ДЦ и Ц должны выполняться из нержавеющей стали или материалов, устойчивых против коррозии.

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.

4.2.251. Для контроля работы маслососов 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.

4.2.252. 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 могут размещаться как непосредственно на фундаменте, так и на рельсах, уложенных на фундамент, если предусматривается выкатка этих установок на своих катках.

4.2.253. 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.

4.2.254. 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.

4.2.255. Для шкафов приводов устройств регулирования напряжения под нагрузкой должен быть предусмотрен электрический подогрев с автоматическим управлением.

4.2.256. 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.

4.2.257. Эластичные резервуары азотной защиты масла трансформатора должны быть защищены от солнечного излучения и от воздействия температуры ниже минус 35 °С.

4.2.258. Для ремонта без разборки активной части трансформаторов до 330 кВ при массе кожуха или выемной части не более 25 т 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.

4.2.259. Стационарные устройства для ремонта трансформаторов без разборки активной части (башни, оборудованные мостовыми кранами) должны предусматриваться: на подстанциях 500 кВ и на подстанциях 330 кВ с трансформаторами 200 МВ·А и более, расположенных в труднодоступных или удаленных местах, с которых нецелесообразна отправка трансформаторов на

ремонтные заводы;

на ОРУ электростанций при установке на них трансформаторов, если трансформаторы невозможно доставить на монтажную площадку гидроэлектростанции или ремонтную площадку машинного зала тепловой электростанции.

4.2.260. При наличии на подстанциях до 330 кВ трансформаторов без съемного кожуха с массой выемной активной части более 25 т для ремонта должны быть предусмотрены стационарные или инвентарные грузоподъемные устройства, связанные с фундаментом трансформатора железнодорожным путем.

4.2.261. При открытой установке трансформаторов вдоль машинного зала электростанции должна быть обеспечена возможность перекачки трансформатора к месту ремонта без разборки трансформатора, снятия вводов и разборки поддерживающих конструкций токопроводов, порталов, шинных мостов и т. п.

4.2.262. Для демонтажа и монтажа узлов трансформатора и системы охлаждения должен быть обеспечен подъезд автокранов соответствующей грузоподъемности и длины стрелы или должны быть предусмотрены другие способы механизации монтажных работ на месте установки трансформатора.

4.2.263. Грузоподъемность крана в трансформаторной башне должна быть рассчитана на массу кожуха трансформатора.