ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54828— 2022

УСТРОЙСТВА КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ В МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ С ГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ (КРУЭ) НА НОМИНАЛЬНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ 110 кВ И ВЫШЕ

Общие технические условия

(IEC 62271-1:2017, NEQ)
(IEC 62271-102:2018, NEQ)
(IEC 62271-203:2022, NEQ)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Научно-технический центр Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы» (АО «НТЦ ФСК ЕЭС») и Всероссийским электротехническим институтом — филиалом Федерального государственного унитарного предприятия «Российский Федеральный Ядерный Центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина» (ВЭИ — филиалом ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени академика Е.И. Забабахина»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 016 «Электроэнергетика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2022 г. № 1690-ст

4 В настоящем стандарте учтены основные нормативные положения следующих международных стандартов:

- МЭК 62271-1:2017 «Высоковольтные распределительные устройства — Часть 1. Общая спецификация» (IEC 62271-1:2017 «High-voltage switchgear and controlgear — Part 1: Common specification», NEQ);
- МЭК 62271-102:2018 «Высоковольтные распределительные устройства — Часть 102. Разъединители и заземлители переменного тока» (IEC 62271-102:2018 «High-voltage switchgear and controlgear — Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches», NEQ);
- МЭК 62271-203:2022 «Высоковольтные распределительные устройства — Часть 203. Газоизолированные в металлической оболочке распределительные устройства на номинальные напряжения переменного тока свыше 52 кВ» (IEC 62271-203:2022 «High-voltage switchgear and controlgear — Part 203: AC gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV», NEQ)

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р 54828—2011

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, сокращения и обозначения 4
4 Номинальные параметры, условия эксплуатации 11
5 Технические требования 13
6 Требования безопасности и охраны окружающей среды (экологичности) 29
7 Правила приемки 33
8 Методы испытаний 34
9 Транспортирование, хранение, монтаж, эксплуатация и обслуживание 57
10 Информация, указываемая в технических условиях, эксплуатационной и тендерной документации 63
11 Гарантии изготовителя 63
Приложение А (справочное) Методика оценки повышения давления при внутреннем коротком замыкании 64
Приложение Б (справочное) Особенности принципиальных электрических схем и компоновок распределительных устройств подстанций с КРУЭ 65
Приложение В (справочное) Информация, подлежащая включению в протокол квалификационных испытаний 66
Библиография 67

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УСТРОЙСТВА КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ В МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ С ГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ (КРУЭ) НА НОМИНАЛЬНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ 110 кВ И ВЫШЕ

Общие технические условия

Gas-insulated metal-enclosed switchgear for nominal voltages 110 kV and over.
General specifications

Дата введения — 2023—02—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на комплектные распределительные устройства в металлической оболочке с газовой, частично или полностью элегазовой, изоляцией (далее — КРУЭ) внутренней и наружной установки на номинальные напряжения переменного тока 110 кВ и выше при частоте 50 Гц. Его требования распространяются на оборудование, произведенное после введения стандарта в действие.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 2.602 Единая система конструкторской документации. Ремонтные документы

ГОСТ 9.301 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования

ГОСТ 9.401 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов

ГОСТ 12.1.004 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.030 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление

ГОСТ 12.2.007.0 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.007.3 Система стандартов безопасности труда. Электротехнические устройства на напряжение свыше 1000 В. Требования безопасности

ГОСТ 403 Аппараты электрические на напряжение до 1000 В. Допустимые температуры нагрева частей аппаратов

ГОСТ 1516.3 Электрооборудование переменного тока на напряжение от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции

ГОСТ 1983 Трансформаторы напряжения. Общие технические условия

ГОСТ 6827 [МЭК 59(1938), СТ СЭВ 780—77] Электрооборудование и приемники электрической энергии. Ряд номинальных токов

ГОСТ 7746 Трансформаторы тока. Общие технические условия

ГОСТ 8024 Аппараты и электротехнические устройства переменного тока на напряжение свыше 1000 В. Нормы нагрева при продолжительном режиме работы и методы испытаний

ГОСТ 8865—93 Системы электрической изоляции. Оценка нагревостойкости и классификация

Издание официальное

ГОСТ 9920—89 (МЭК 694—80, МЭК 815—86) Электроустановки переменного тока на напряжение от 3 до 750 кВ. Длина пути утечки внешней изоляции

ГОСТ 10434 Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования

ГОСТ 12450 Выключатели переменного тока на номинальные напряжения от 110 до 750 кВ. Технические требования к отключению ненагруженных воздушных линий и методы испытаний

ГОСТ 12969 Таблички для машин и приборов. Технические требования

ГОСТ 12971 Таблички прямоугольные для машин и приборов. Размеры

ГОСТ 14192 Маркировка грузов

ГОСТ 14254—2015 (IEC 60529:2013) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)

ГОСТ 15150—69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категория, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ 15543.1 Изделия электротехнические и другие технические изделия. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам

ГОСТ 15846 Продукция, отправляемая в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение

ГОСТ 16962.1 (МЭК 68-2-1—74) Изделия электротехнические. Методы испытаний на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам

ГОСТ 16962.2 Изделия электротехнические. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам

ГОСТ 17412 Изделия электротехнические для районов с холодным климатом. Технические требования, приемка и методы испытаний

ГОСТ 17516.1 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам

ГОСТ 19132 Зажимы наборные контактные. Общие технические условия

ГОСТ 20074 Электрооборудование и электроустановки. Метод измерения характеристик частичных разрядов

ГОСТ 21130 Изделия электротехнические. Зажимы заземляющие и знаки заземления. Конструкция и размеры

ГОСТ 23216 Изделия электротехнические. Хранение, транспортирование, временная противокоррозионная защита, упаковка. Общие требования и методы испытаний

ГОСТ 23941 Шум машин. Методы определения шумовых характеристик. Общие требования

ГОСТ 24054 Изделия машиностроения и приборостроения. Методы испытаний на герметичность. Общие требования

ГОСТ 28207 (МЭК 68-2-11—81) Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Ка: Соляной туман

ГОСТ 29322 (IEC 60038: 2009) Напряжения стандартные

ГОСТ 30546.1 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости

ГОСТ 30546.2 Испытание на сейсмостойкость машин, приборов и других технических изделий. Общие положения и методы испытаний

ГОСТ 30630.0.0 Методы испытаний на стойкость к внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Общие требования

ГОСТ 30804.4.4 (IEC 61000-4-4:2004) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к наносекундным импульсным помехам. Требования и методы испытаний

ГОСТ 30804.4.11 (IEC 61000-4-11:2004) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к провалам, кратковременным прерываниям и изменениям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний

ГОСТ 30804.6.2 (IEC 61000-6-2:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в промышленных зонах. Требования и методы испытаний

ГОСТ Р 2.601 Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы

ГОСТ Р 2.610 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов

ГОСТ Р 15.301 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство

ГОСТ Р 15.309 Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения

ГОСТ Р 51317.4.1 (МЭК 61000-4-1—2000) Совместимость технических средств электромагнитная. Испытания на помехоустойчивость. Виды испытаний

ГОСТ Р 51317.4.17 (МЭК 61000-4-17—99) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к пульсациям напряжения электропитания постоянного тока. Требования и методы испытаний

ГОСТ Р 51317.6.5 (МЭК 61000-6-5:2001) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых на электростанциях и подстанциях. Требования и методы испытаний

ГОСТ Р 51337 Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей

ГОСТ Р 51369 Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие влажности

ГОСТ Р 51801 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к воздействию агрессивных и других специальных сред

ГОСТ Р 52565—2006 Выключатели переменного тока на напряжения от 3 до 750 кВ. Общие технические условия

ГОСТ Р 52725—2021 Ограничители перенапряжений нелинейные для электроустановок переменного тока напряжением от 3 до 750 кВ. Общие технические условия

ГОСТ Р 52726—2007 Разъединители и заземлители переменного тока на напряжение свыше 1 кВ и приводы к ним. Общие технические условия

ГОСТ Р 54426 (МЭК 60480:2004) Руководство по проверке и обработке элегаза (SF_6), взятого из электрооборудования, и технические требования к его повторному использованию

ГОСТ Р 55187—2012 Вводы изолированные на номинальные напряжения свыше 1000 В переменного тока. Общие технические условия

ГОСТ Р 55191 (МЭК 60270:2000) Методы испытаний высоким напряжением. Измерения частичных разрядов

ГОСТ Р 55192 Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжение 3 кВ и выше. Методы испытаний электрической прочности изоляции на месте установки

ГОСТ Р 55194 Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Общие методы испытаний электрической прочности изоляции

ГОСТ Р 55195—2012 Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции

ГОСТ Р 57382 Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Электроэнергетические системы. Стандартный ряд номинальных и наибольших рабочих напряжений

ГОСТ Р 59279 Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Электрические сети. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств от 35 до 750 кВ подстанций. Типовые решения. Рекомендации по применению

СП 112.13330.2011 Пожарная безопасность зданий и сооружений

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины, определения, сокращения и обозначения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

Термины и определения, относящиеся к конструкции КРУЭ

3.1.1 **вакуумная (дугогасительная) камера:** Устройство коммутации, в котором электрические контакты высокого напряжения работают в сильно разреженной, герметичной среде.

3.1.2 **ввод:** Составляющий элемент КРУЭ, содержащий один или более проводников на выводе из оболочки, изолирующий вывод и средства подсоединения (например, воздушные вводы).

3.1.3 **вспомогательный контакт:** Контакт, входящий во вспомогательную цепь контактного коммутационного аппарата и механически приводимый в действие этим аппаратом.

3.1.4 **вспомогательная цепь (коммутационного аппарата):** Совокупность токоведущих частей коммутационного аппарата, входящих в электрические схемы, кроме главной цепи и цепи управления аппарата.

3.1.5 **вспомогательные цепи и цепи управления:** Комплект цепей, состоящий из установленных в КРУЭ или вблизи него цепей управления и вспомогательных цепей, оборудования для мониторинга и диагностирования, которое является частью вспомогательных цепей КРУЭ, а также цепей, подсоединенных к вторичным выводам измерительных трансформаторов, которые являются частью КРУЭ.

Примечание — Включая цепи главного шкафа управления.

3.1.6 **вывод:** Место соединения элемента электрической цепи, электрической цепи или сети с другими элементами электрической цепи, электрическими цепями или сетями.

3.1.7

выключатель: Контактный коммутационный аппарат, способный включать, проводить и отключать токи при нормальных условиях в цепи, а также включать, проводить в течение нормированного времени и отключать токи при нормированных анормальных условиях в цепи, таких как короткое замыкание.

[ГОСТ Р 52565—2006, пункт А.2.1]

3.1.8 **главная цепь:** Совокупность токоведущих частей КРУЭ, входящих в цепь, предназначенную для передачи электроэнергии.

3.1.9 **зависимая двигательная операция (контактного коммутационного аппарата):** Операция, осуществляемая за счет энергии постороннего источника, завершение которой зависит от непрерывности питания энергией (соленоиды, электрические и пневматические двигатели и др.).

3.1.10

заземлитель: Контактный коммутационный аппарат, используемый для заземления частей цепи, способный выдерживать в течение нормированного времени токи при ненормальных условиях, таких как короткое замыкание, но не предусмотренный для проведения тока при нормальных условиях в цепи.

[ГОСТ Р 52726—2007, пункт 3.17]

Примечание — Заземлители изготавливаются исполнениями классов Е0, Е1 и Е2, отличающихся коммутационной способностью.

3.1.10.1 **заземлитель класса Е0:** Заземлитель, пригодный для использования в распределительных системах и линиях передач 110 кВ и выше, выполняющий основные требования по заземлению частей цепи и способный выдерживать в течение нормированного времени сквозные токи короткого замыкания.

3.1.10.2 **заземлитель класса Е1:** Заземлитель класса Е0 с включающей способностью на короткое замыкание.

Примечание — Заземлитель класса Е1 способен выполнять два включения при номинальном токе включения.

3.1.10.3 **заземлитель класса Е2:** Заземлитель класса Е1, способный коммутировать наведенные токи.

Примечание — Заземлитель класса Е2 способен выполнять не менее 5 включений при номинальном токе включения.

3.1.11 **кабельный ввод:** Конструктивный элемент, позволяющий ввести кабели внутрь оболочки КРУЭ.

3.1.12 **комплектное распределительное устройство с газовой изоляцией,** КРУЭ: Сборка аппаратуры полностью во внешней металлической оболочке, заполненной изоляционным газом и предназначенной для заземления, за исключением внешних соединений.

Примечания

1 Термин КРУЭ применим к аппаратуре высокого напряжения в комплекте с аппаратурой управления.

2 Термин «трехфазное КРУЭ» применяют только к аппаратуре с тремя полюсами, расположенными в общей оболочке.

3 Термин «однофазное КРУЭ» применяют только к аппаратуре, каждый полюс которой расположен в отдельной оболочке.

4 Изоляционный газ или смесь газов в КРУЭ отличны от воздуха при атмосферном давлении.

3.1.13 **контакт (контактного коммутационного аппарата):** Совокупность токоведущих частей коммутационного аппарата, которые предназначены для установления непрерывности цепи, когда они соприкасаются, и которые при их взаимном перемещении во время операции размыкают или замыкают цепь или, в случае скользящих или шарнирных контактов, поддерживают непрерывность цепи.

3.1.14 **контакт управления:** Контакт, входящий в цепь управления контактного коммутационного аппарата, который приводится в действие самим аппаратом.

3.1.15 **независимая операция:** Операция посредством запасенной энергии, при которой энергия запасена и освобождается в одной непрерывной операции, где скорость и приложенные силы не зависят от уровня приложенной энергии.

3.1.16

ограничитель перенапряжений нелинейный; ОПН: Аппарат, предназначенный для защиты изоляции электрооборудования от грозовых и коммутационных перенапряжений, состоящий из последовательно и/или параллельно соединенных нелинейных металлооксидных резисторов без каких-либо последовательных или параллельных искровых промежутков, заключенных в изоляционный корпус с выводами для электрического и механического соединения.

[ГОСТ Р 52725—2021, пункт 3.1.1]

3.1.17 **операция посредством запасенной энергии:** Операция, осуществляемая за счет энергии, запасенной в самом механизме до начала операции и достаточной для ее завершения в заданных условиях.

Примечание — Этот тип операции может быть подразделен по следующим признакам:

- способу накопления энергии (пружина, масса груза и др.);
- происхождению энергии (мускульная, электрическая и др.);
- способу освобождения энергии (ручному, электрическому и др.).

3.1.18 **оболочка КРУЭ:** Часть КРУЭ, удерживающая изоляционный газ в предписанных условиях, необходимых для безопасного поддержания нормированного уровня изоляции, защищающая оборудование от внешних воздействий и обеспечивающая высокий уровень защиты персонала.

3.1.19 **опорный изолятор:** Внутренний изолятор, поддерживающий один или более проводников.

3.1.20 **отсек:** Закрытая часть КРУЭ, полностью отделенная от других отсеков изоляционными перегородками.

Примечания

1 Отсек, как правило, именуют по основному содержащемуся в нем элементу КРУЭ, например отсек выключателя, отсек шин.

2 В перегородках и оболочке могут быть отверстия для соединения с соседними отсеками и обеспечения управления.

3.1.21 **перегородка:** Опорная изолирующая конструкция, отделяющая один отсек КРУЭ от другого.

3.1.22

разъединитель: Контактный коммутационный аппарат, который обеспечивает в отключенном положении изоляционный промежуток, удовлетворяющий нормированным требованиям.

[ГОСТ Р 52726—2007, пункт 3.69]

3.1.23 **сборная шина:** Токоведущий проводник, к которому может быть подсоединено несколько различных электрических цепей.

3.1.24 **соединение (болтовое или эквивалентное):** Два или более проводника, предназначенные для обеспечения неразрывности цепи, соединенные винтами, болтами или эквивалентными средствами.

3.1.25 **соединительный зажим:** Составная часть, которой оканчиваются проводники, обеспечивающая соединения и разъединения с соответствующей сочленяемой составной частью.

3.1.26 **составляющий элемент:** Основная часть главной цепи КРУЭ, которая выполняет особую функцию (например, выключатель, разъединитель, измерительный трансформатор, ввод, шинопровод и т. д.).

3.1.27 **съемная перемычка:** Часть токоведущей системы, которая может быть снята, чтобы изолировать две части КРУЭ друг от друга.

3.1.28 **транспортная единица:** Часть КРУЭ, которую можно транспортировать в собранном виде.

3.1.29

трансформатор тока: Трансформатор, в котором при нормальных условиях применения вторичный ток практически пропорционален первичному току и при правильном включении сдвинут относительно него по фазе на угол, близкий к нулю.

[Адаптировано из ГОСТ 18685—73, статья 2]

3.1.30

трансформатор напряжения: Трансформатор, в котором при нормальных условиях применения вторичное напряжение практически пропорционально первичному напряжению и при правильном включении сдвинуто относительно него по фазе на угол, близкий к нулю.

[Адаптировано из ГОСТ 18685—73, статья 2]

3.1.31 **указатель положения:** Часть контактного коммутационного аппарата, которая указывает нахождение аппарата в отключенном или во включенном положении или, где это применимо, в заземленном положении.

3.1.32 **устройство блокировки:** Устройство, которое обусловливает возможность срабатывания коммутационного аппарата положением или срабатыванием одного или нескольких других элементов оборудования.

3.1.33 **устройство сброса давления:** Устройство, содержащее клапаны с присущими им давлениями открытия и закрытия, и устройства для сброса давления без повторного закрытия отверстия сброса, например диафрагмы и разрывные мембраны.

3.1.34 **цепь управления (коммутационного аппарата):** Совокупность токоведущих частей коммутационного аппарата, не входящих в главную цепь и входящих в цепь, используемую для управления операцией включения или отключения или обеими операциями аппарата.

3.1.35 **электронное устройство:** Устройство, принцип действия которого основан на движении носителей зарядов в полупроводнике, глубоком вакууме или в газовом разряде.

Термины и определения, относящиеся к характеристикам КРУЭ

3.1.36 **внешняя изоляция:** Воздушные промежутки и поверхность твердой изоляции в атмосферном воздухе, которые подвергаются непосредственному влиянию атмосферных и других внешних факторов.

3.1.37 **внутренняя изоляция:** Твердая, жидкая, газообразная изоляция (или их комбинация) внутренних частей электрооборудования, не подвергающаяся непосредственному влиянию атмосферных и других внешних факторов (загрязнение, увлажнение, воздействие животных).

3.1.38 **время простоя:** Интервал времени, в течение которого изделие находится в состоянии простоя.

3.1.39 **давление при квалификационных испытаниях:** Избыточное давление, при котором проводят гидравлическое (пневматическое) испытание оболочки.

3.1.40 **давление срабатывания устройства сброса давления:** Избыточное давление срабатывания устройства сброса давления.

3.1.41 **испытательное давление оболочек и перегородок:** Избыточное давление, при котором испытывают оболочки и перегородки после изготовления.

3.1.42 **коммутация зарядных токов сборных шин:** Включение и отключение разъединителем малых емкостных токов (не токов нагрузки), которые возникают при включении или отключении секций шинопроводов или делительных конденсаторов, находящихся под напряжением.

3.1.43 **коммутация наведенного тока:** Включение или отключение заземлителем индуктивных или емкостных токов, которые наводятся в заземленных или незаземленных линиях соседними линиями, находящимися под напряжением.

3.1.44 **коммутация уравнительного тока:** Включение и отключение разъединителем уравнительного тока.

3.1.45 **наибольшее рабочее напряжение КРУЭ $U_{н.р.}$:** Наибольшее междуфазное напряжение (действующее значение), на которое рассчитано КРУЭ (в частности, в условиях длительного приложения этого напряжения).

3.1.46 **номинальная длительность короткого замыкания $t_{к.з.}$:** Промежуток времени, в течение которого КРУЭ и аппаратура управления в замкнутом положении могут пропускать ток, равный номинальному кратковременному выдерживаемому току.

3.1.47 **номинальный кратковременный выдерживаемый ток (ток термической стойкости) $I_т$:** Действующее значение тока, который КРУЭ и аппаратура управления в замкнутом положении должны пропускать в течение нормированного короткого промежутка времени при предписанных условиях применения.

3.1.48 **номинальное напряжение КРУЭ $U_{ном}$:** Напряжение (действующее значение), равное номинальному междуфазному напряжению электрических сетей, для работы в которых предназначено КРУЭ.

3.1.49 **номинальное напряжение питания включающих и отключающих устройств, вспомогательных цепей и цепей управления $U_{всп.}$:** Напряжение (действующее значение), при котором (с нормированными предельными отклонениями) рассчитана работа включающих и отключающих устройств и вспомогательных цепей.

3.1.50 **номинальный ток главной цепи и аппаратуры управления КРУЭ $I_{ном}$:** Ток (действующее значение), который главные цепи и аппаратура управления КРУЭ способны пропускать в продолжительном режиме при нормированных условиях эксплуатации и на который рассчитано КРУЭ и аппаратура управления.

3.1.51 **отказ:** Полное или частичное прекращение работоспособности либо правильного функционирования изделия.

3.1.52 **полный [завершенный] разряд:** Электрический разряд, возникающий под действием электрического поля, полностью шунтирующий изоляцию между электродами и вызывающий снижение значения напряжения между электродами практически до нуля.

3.1.53 **проверка:** Контроль с добавлением, при необходимости, частичной разборки, дополненный как измерениями, так и неразрушающими испытаниями для получения надежной оценки состояния коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления.

3.1.54 **расчетное давление оболочек:** Максимальное избыточное давление, достигаемое при расчетной температуре оболочки.

Примечания

1 Расчетное давление оболочек, по крайней мере, равно давлению в оболочке при самой высокой температуре, которой может достигнуть газ, используемый для изоляции в предписанных максимальных условиях эксплуатации.

2 Значение этого давления используют для определения конструкции оболочки.

3 Переходное давление, возникающее во время или после операции отключения тока короткого замыкания (например, выключателем), не учитывается при определении расчетного давления.

3.1.55 **расчетное давление перегородок:** Разница давлений, действующих на перегородку.

Примечания

1 Это давление, по крайней мере, равно максимальной разнице давлений, с учетом вакуумирования смежного отсека, действующей на перегородку во время проведения работ по обслуживанию.

2 Переходное давление, возникающее вовремя и после операции отключения тока короткого замыкания (например, выключателем), не учитывается при определении расчетного давления.

3.1.56 **расчетная температура оболочек:** Максимальная температура, до которой нагреваются оболочки в условиях эксплуатации.

3.1.57 **ремонт:** Работа, выполняемая с целью восстановления или замены частей, в которых обнаружены отклонения от допуска при осмотре, испытании, проверке или в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации, совершаемая для того, чтобы восстановить составную часть и/или коммутационную аппаратуру и аппаратуру управления до приемлемого состояния (в пределах допустимого).

3.1.58 **ресурс:** Суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до момента достижения предельного состояния.

3.1.59 **сквозной ток короткого замыкания (коммутационного электрического аппарата):** Ток, проходящий через включенный коммутационный электрический аппарат при внешнем коротком замыкании.

3.1.60 **средство измерений:** Техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики.

Примечание — К средствам измерений относятся технические средства утвержденного типа (зарегистрированные в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений как тип средства измерений), а также технические средства, отнесенные приказом Росстандарта к средствам измерений. Подтверждающая информация о средствах измерений размещена в соответствующих разделах Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений (ФГИС «Аршин»).

3.1.61

срок службы: Календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации объекта или ее возобновления после ремонта до момента достижения объектом предельного состояния.

[ГОСТ Р 27.102—2021, статья 29]

3.1.62 **срок службы до среднего ремонта:** Время от ввода в эксплуатацию до обслуживания со вскрытием газовых отсеков.

3.1.63 **температура окружающего воздуха:** Определенная при предписанных условиях температура воздуха, окружающего оболочки КРУЭ с располагающимися в них аппаратами.

3.1.64 **техническое обслуживание:** Комплекс технологических операций и организационных действий по поддержанию работоспособности или исправности оборудования.

3.1.65 **фрагментация:** Повреждение оболочки, вызванное повышенным давлением и сопровождающееся выбросом твердых частиц.

Примечание — Термин «без фрагментации» означает «без взрыва и без вылета из отсека твердых частиц», за исключением:

- частиц устройства сброса давления, если их выброс имеет направление;
- раскаленных частиц и расплавленного материала, возникших в результате прожига оболочки.

3.1.66 **IP код:** Система кодирования, характеризующая степени защиты, обеспечиваемые оболочкой для предотвращения доступа к опасным частям, попадания твердых посторонних предметов, попадания воды и дающая дополнительную информацию, касающуюся такой защиты.

Примечание — Оболочка КРУЭ обеспечивает защиту от доступа к опасным частям, в том числе защиту от:

- контакта с опасными механическими частями;
- контакта с опасными частями, находящимися под низким напряжением;
- приближения к опасным частям внутри оболочки, находящимся под высоким напряжением, на расстояние менее допустимого.

Термины и определения, относящиеся к газовой и вакуумной системам

3.1.67 **абсолютная скорость утечки *F*, Па · м^3/с:** Количество газа, истекающее в единицу времени и приведенное к стандартным атмосферным условиям (температура 20 °С и давление 101,3 кПа).

3.1.68 **автономная система давления газа:** Объем, который подпитывается периодически посредством подсоединения внешнего источника газа.

Примечание — Примером автономной системы давления являются элегазовые выключатели с одной ступенью давления.

3.1.69 **время между подпитками *T*:** Время между двумя подпитками, выполняемыми или вручную, или автоматически, когда давление (или плотность) достигает уровня срабатывания сигнализации, для возмещения утечки.

Примечание — Этот параметр применим для управляемых систем давления.

3.1.70 **газ:** Изоляционный газ, используемый в аппаратах КРУЭ в качестве газовой изоляции и дугогасительной среды и герметично отделенный от атмосферного воздуха оболочкой, может полностью или частично состоять из элегаза или иного изоляционного газа, или смеси газов и находится, как правило, под избыточным давлением в процессе эксплуатации.

Примечание — Свойства используемого в КРУЭ элегаза должны соответствовать элегазу повышенной чистоты.

3.1.71 **газонаполненный отсек:** Отсек КРУЭ, в котором давление газа поддерживается автономной или замкнутой системами давления.

Примечание — Отдельные газонаполненные отсеки могут быть постоянно соединены, чтобы образовывать общую газовую систему (газонепроницаемый комплект).

3.1.72 **давление сигнализации $P_{сиг.из}$ [плотность $\rho_{сиг.из}$] для изоляции и/или коммутации, Па (кг/м^3):** Абсолютное давление для изоляции и/или выполнения коммутаций при рабочих напряжениях, приведенное к стандартным атмосферным условиям (температура 20 °С) (или плотность) и при котором может быть подан предостерегающий сигнал.

3.1.73 **давление сигнализации $P_{сиг.в}$ [плотность $\rho_{сиг.в}$] для оперирования, Па (кг/м^3):** Абсолютное давление изоляционного газа, приведенное к стандартным атмосферным условиям (температура 20 °С) (или плотность), при котором возможно проведение механических операций коммутационными аппаратами и может быть подан предостерегающий сигнал.

3.1.74 **допустимая скорость утечки $F_д$:** Максимальная допустимая абсолютная скорость утечки газа, указываемая изготовителем для части оборудования, составной части или сборочной единицы, или при использовании карты координации герметичности составных частей или сборочных единиц, соединенных вместе в одну систему давления

3.1.75 **замкнутая система давления газа:** Объем, для которого не требуются подпитки газа или вакуумирования в течение ожидаемого срока службы.

Примечания

1 Примерами замкнутых систем являются камеры вакуумных выключателей и некоторые элегазовые выключатели.

2 Замкнутые системы давления полностью собирают и испытывают на предприятии-изготовителе.

3.1.76 **минимальное рабочее давление $P_{мин.из}$ [плотность $\rho_{мин.из}$] для изоляции и/или коммутации, Па (кг/м^3):** Абсолютное давление для изоляции и/или коммутации, приведенное к стандартным атмосферным условиям (температура 20 °С) (или плотность), при котором и выше которого нормированные характеристики коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления сохраняются.

3.1.77 **минимальное рабочее давление для оперирования $P_{мин.в}$ [плотность $\rho_{мин.в}$], Па (кг/м^3):** Абсолютное давление изоляционного газа, приведенное к стандартным атмосферным условиям (температура 20 °С) (или плотность), при котором и выше которого номинальные характеристики коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления сохраняются.

Примечание — Это давление часто обозначают как блокировочное давление.

3.1.78 **номинальное давление $P_{ном.в}$ [плотность $\rho_{ном.в}$] заполнения для оперирования, Па (кг/м^3):** Абсолютное давление изоляционного газа, приведенное к стандартным атмосферным условиям (температура 20 °С) (или плотность), до которого устройство управления заполняется для проведения наладки оборудования.

3.1.79 **номинальное давление заполнения $P_{ном.из}$ [плотность $\rho_{ном.из}$] для изоляции и/или коммутации, Па (кг/м^3):** Абсолютное давление для изоляции и/или для коммутации, приведенное к

стандартным атмосферным условиям (температура 20 °С) (или плотность), до которого оборудование заполняется перед вводом в эксплуатацию или автоматически подпитывается.

3.1.80 **определение утечки течеискателем:** Медленное перемещение течеискателя вокруг оборудования для определения места течи газа.

3.1.81 **относительная скорость утечки $F_{отн}$, % в год:** Количество газа по массе, истекающее за один год, отнесенное к общему количеству газа в системе при номинальном давлении заполнения (или плотности).

3.1.82 **управляемая система давления газа:** Объем, который автоматически подпитывается от внешнего источника сжатого газа или от внутреннего источника газа. Объем может состоять из нескольких постоянно соединенных газонаполненных отсеков.

3.1.83

уравнительный ток: Ток, который разъединитель способен коммутировать при передаче нагрузки с одной системы шин на другую.

[ГОСТ Р 52726—2007, пункт 3.79]

3.2 Сокращения и обозначения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения и обозначения:

ЗИП — запасные части, инструменты и принадлежности;

КРУЭ — комплектное распределительное устройство с газовой (элегазовой) изоляцией;

ОПН — ограничители перенапряжений нелинейные;

ТУ — технические условия;

ЭМС —электромагнитная совместимость;

ПВН — переходное восстанавливающееся напряжение;

F — абсолютная скорость утечки;

$F_д$ — допустимая скорость утечки;

$F_{отн}$ — относительная скорость утечки;

$f_{ном}$ — номинальная частота;

$I_т$ — номинальный кратковременный выдерживаемый ток (ток термической стойкости);

$i_д$ — пик номинального выдерживаемого тока (ток электродинамической стойкости);

$I_{ном}$ — номинальный ток (главных цепей);

$P_{ном.из}$ — номинальное давление заполнения газа для изоляции;

$\rho_{ном.из}$ — номинальная рабочая плотность заполнения газа для изоляции;

$P_{ном.в}$ — номинальное давление заполнения газа для оперирования;

$\rho_{ном.в}$ — номинальная рабочая плотность заполнения газа для оперирования;

$P_{сиг.из}$ — давление сигнализации газа для изоляции;

$\rho_{сиг.из}$ — плотность сигнализации газа для изоляции;

$P_{сиг.в}$ — давление сигнализации газа для оперирования;

$\rho_{сиг.в}$ — плотность сигнализации газа для оперирования;

$P_{мин.из}$ — минимальное рабочее давление газа для изоляции;

$\rho_{мин.из}$ — минимальная рабочая плотность газа для изоляции;

$P_{мин.в}$ — минимальное рабочее давление газа для оперирования;

$\rho_{мин.в}$ — минимальная рабочая плотность газа для оперирования;

tg δ — тангенс угла диэлектрических потерь;

$t_{к.з}$ — номинальная длительность короткого замыкания;

$t_{бк}$ — бесконтактная пауза;

$U_{п.ном}$ — номинальное напряжение питания вспомогательных цепей и цепей управления;

$U_{исп}$ — нормированное кратковременное испытательное переменное напряжение;

$U_{исп.ги}$ — нормированное испытательное напряжение грозового импульса;

$U_{исп.ки}$ — нормированное испытательное напряжение коммутационного импульса;

$U_{ном}$ — номинальное напряжение;

$U_{н.р}$ — наибольшее рабочее напряжение.

4 Номинальные параметры, условия эксплуатации

4.1 Номинальные параметры КРУЭ:

а) номинальное напряжение $U_{ном}$, соответствующее ему наибольшее рабочее напряжение $U_{н.р}$;

б) номинальная частота $f_{ном}$;

в) номинальный ток $I_{ном}$ (для главных цепей);

г) номинальный кратковременный выдерживаемый ток (ток термической стойкости) $I_т$ (для главных и заземляющих цепей);

д) пик номинального выдерживаемого тока (ток электродинамической стойкости) $i_д$ (для главных и заземляющих цепей);

е) номинальная длительность короткого замыкания $t_{к.з}$;

ж) номинальные параметры элементов, образующих часть КРУЭ, включая их приводные механизмы и вспомогательные устройства.

и) номинальные уровни давления газа.

4.2 Номинальное/наибольшее рабочее напряжение $U_{ном}/U_{н.р.}$

Значения номинального/наибольшего рабочего напряжения выбирают в соответствии с ГОСТ Р 57382 из следующего ряда значений: 110/126; 150/172; 220/252; 330/363; 500/525; 750/787 кВ.

Примечание — Элементы, составляющие часть КРУЭ, могут иметь индивидуальные значения номинального и наибольшего рабочего напряжений для оборудования согласно стандартам на элементы КРУЭ. Их значения не должны быть ниже нормированных значений для КРУЭ.

4.3 Номинальная частота $f_{ном}$

Стандартное значение номинальной частоты — 50 Гц.

4.4 Номинальный ток $I_{ном}$

4.4.1 Длительно допустимые токи для временного или повторно кратковременного режима работы согласовываются между изготовителем и потребителем.

4.4.2 Значения номинальных токов главной цепи КРУЭ выбирают, в соответствии с ГОСТ 6827, из ряда: 200; 400; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000; 6300; 8000; 10000 А.

4.5 Номинальный кратковременный выдерживаемый ток (ток термической стойкости) $I_т$

Значения номинальных кратковременных выдерживаемых токов главной цепи КРУЭ выбирают из ряда: 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100 кА.

4.6 Пик номинального кратковременного выдерживаемого тока (ток электродинамической стойкости) $i_д$

4.6.1 Значение пика кратковременного выдерживаемого тока главная цепь КРУЭ должна выдерживать во включенном положении при предписанных условиях применения.

4.6.2 Пик кратковременного выдерживаемого тока должен быть определен согласно постоянной времени затухания тока, которая является характеристикой системы.

4.6.3 Постоянная времени затухания тока 45 мс охватывает большую часть случаев и соответствует пику номинального выдерживаемого тока, равному 2,5 значения номинального кратковременного выдерживаемого тока, для номинальной частоты 50 Гц. В некоторых системах постоянная времени затухания тока может быть более 45 мс. Для таких случаев, как правило, допускается использовать значения постоянной времени затухания тока 60, 75 и 120 мс, при этом предпочтительное значение пика выдерживаемого тока составляет 2,7 значения номинального кратковременного выдерживаемого тока.

Примечание — Значения номинального кратковременного выдерживаемого тока и пика номинального выдерживаемого тока главной цепи не могут быть выше соответствующих номинальных значений наиболее слабого из последовательно соединенных элементов главной цепи.

4.7 Номинальная длительность короткого замыкания $t_{к.з.}$

Стандартное значение номинальной длительности короткого замыкания — одна секунда. Рекомендуемые значения — две или три секунды — устанавливают в стандартах на элементы КРУЭ.

4.8 Номинальное напряжение питания включающих и отключающих устройств, вспомогательных цепей и цепей управления $U_{п.ном.}$

Номинальное напряжение питания постоянного тока следует выбирать из значений 24; 48; 60; 110 или 125; 220 или 250 В.

Номинальное напряжение питания переменного тока 50 Гц по ГОСТ 29322 для трехфазных, четырехпроводных или трехпроводных систем следует выбирать из значений 230; 230/400; 400/690 и 1000 В.

Примечания

1 Не рекомендуется выполнение отдельного питания (например, с помощью промежуточных блоков, преобразователей напряжения и т.п.) критически важных устройств и электронных компонентов КРУЭ, влияющих на работоспособность схем управления коммутационными аппаратами, кроме как напрямую от основного источника (источников) оперативного тока на объекте.

2 Заводом-изготовителем на электромагниты включения и отключения коммутационных аппаратов должна быть указана допустимая длительность воздействия номинального напряжения питания.

4.9 Номинальные уровни давления газа

Для каждого газоизолированного отсека КРУЭ необходимо нормировать значения плотности или абсолютное (избыточное) давление газа в МПа (кгс/см^2), приведенные к температуре 20 °С.

Изготовитель должен указать значения:

- номинального давления заполнения $P_{ном.из}$ (или плотности $\rho_{ном.из}$) для изоляции и/или коммутации;
- номинального давления $P_{ном.в}$ (или плотности $\rho_{ном.в}$) заполнения для оперирования;
- давления сигнализации $P_{сиг.из}$ (или плотность $\rho_{сиг.из}$) для изоляции и/или коммутации;
- давления сигнализации $P_{сиг.в}$ (или плотность $\rho_{сиг.в}$) для оперирования;
- минимального рабочего давления $P_{мин.из}$ (или плотность $\rho_{мин.из}$) для изоляции и/или коммутации;
- минимального рабочего давления для оперирования $P_{мин.в}$.

4.10 Условия эксплуатации

4.10.1 Стойкость к воздействию климатических факторов внешней среды КРУЭ должна соответствовать требованиям ГОСТ 15150, ГОСТ 17412 и ГОСТ 15543.1.

Для КРУЭ климатического исполнения У, категории размещения 3 нижнее значение температуры внешней среды помещения при эксплуатации допускается принимать равным минус 25 °С.

КРУЭ наружной установки следует изготавливать в исполнении У1 с нижним значением рабочей температуры окружающей среды до минус 45 °С, в исполнении ХЛ1(УХЛ1) с нижним значением рабочей температуры окружающей среды до минус 60 °С по специальным, согласованным с заказчиком, техническим требованиям.

Другие климатические исполнения КРУЭ разрабатывают по согласованию с изготовителем.

4.10.2 Вводы «элегаз-воздух» и вводы «элегаз-масло» (для трансформаторов наружной установки) необходимо изготавливать климатического исполнения У, категории размещения 1 с нижним значением температуры внешней среды до минус 45 °С, а для климатического исполнения ХЛ (УХЛ) категории размещения 1 — с нижним значением температуры внешней среды до минус 60 °С.

4.10.3 Основные требования к КРУЭ по условиям установки и механической стойкости к внешним воздействующим факторам: высота над уровнем моря — не выше 1000 м, тип атмосферы — II по ГОСТ 15150—69 (подраздел 3.14), сейсмостойкость должна соответствовать географическому расположению подстанции, группа механического исполнения по ГОСТ 17516.1. Справочные данные по условиям эксплуатации КРУЭ приведены в таблице 1.

4.10.4 При необходимости разработки КРУЭ для установки на высоте над уровнем моря свыше 1000 м внешняя изоляция оборудования должна быть скорректирована в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55195—2012 (подраздел 4.3).

Таблица 1 — Условия эксплуатации КРУЭ

Наименование параметра	Нормальные условия эксплуатации		Особые условия эксплуатации	
	Внутренняя установка	Наружная установка	Внутренняя установка	Наружная установка
Солнечная радиация, Вт/м^2	—	1000	—	> 1000
Высота установки над уровнем моря, м	≤ 1000	≤ 1000	≤ 1000	≤ 1000
Скорость ветра, м/с при отсутствии гололеда	—	40	—	40
Скорость ветра, м/с при толщине корки льда, мм	— —	≤ 15 1, 10 или 20	— —	< 40 > 20
Влажность, %	95	100	98	100
Конденсация или осадок	Временно	Да	Да	Да
Сейсмостойкость	По ГОСТ 17516.1			

Примечание — Спецификация потребителя может включать любую комбинацию нормальных или особых условий эксплуатации, указанных выше.

5 Технические требования

5.1 Общие требования

Технические характеристики КРУЭ должны удовлетворять требованиям настоящего стандарта и ТУ на КРУЭ конкретных типов.

Технические характеристики элементов КРУЭ должны соответствовать действующим стандартам на эти элементы, их номинальным параметрам и предъявляемым к ним техническим требованиям и соответствовать общим требованиям к КРУЭ.

5.2 Требования к электрической прочности изоляции

5.2.1 Электрическая прочность изоляции главных цепей КРУЭ, цепей управления, вспомогательных цепей должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 55195.

Электрическая прочность изоляции цепей управления и вспомогательных цепей КРУЭ относительно земли должна выдерживать испытательное кратковременное (одноминутное) переменное напряжение по ГОСТ Р 55195—2012 (пункт 4.14.1).

5.2.2 Изоляция главных цепей КРУЭ должна выдерживать испытание переменным напряжением с измерением частичных разрядов согласно ГОСТ Р 55195, ГОСТ 20074, ГОСТ Р 55191.

5.2.3 Длина пути утечки внешней изоляции вводов «элегаз-воздух» («воздух-газ») должна соответствовать степени загрязнения не менее II* по ГОСТ 9920—89 (раздел 2).

5.2.4 Испытания изоляции вторичных обмоток трансформаторов тока и напряжения следует проводить по ГОСТ 7746 и ГОСТ 1983 соответственно.

Детали методов испытаний измерительных трансформаторов определяются техническими документами изготовителя с учетом рекомендаций ГОСТ Р 55194 и ГОСТ Р 55195.

5.3 Требования к механической работоспособности

5.3.1 Требуемые характеристики работы механизма коммутационных аппаратов с предельными отклонениями от их нормированных значений следует указывать в ТУ и эксплуатационных документах.

5.3.2 Конструкции приводов коммутационных аппаратов КРУЭ должны обеспечивать выполнение операций включения — отключения и циклов операций (для привода выключателя) по сигналу дистанционного управления, а также возможность «местного» отключения путем ручного воздействия на элемент механизма привода (защелку, кнопку, клапан и пр.).

5.3.3 Приводные механизмы различаются в зависимости от рода энергии, используемой в процессе оперирования:

- с приводом зависимого действия — электромагнитным, электродвигательным, непосредственно использующим электрическую энергию постоянного, переменного или выпрямленного тока;

- с приводом независимого действия — пружинным или гидравлическим, использующим предварительно запасенную потенциальную энергию сжатого газа или пружины;
- ручного взвода.

5.3.4 Требования к механической работоспособности выключателя

5.3.4.1 Выключатель по механической работоспособности должен соответствовать ГОСТ Р 52565—2006 (пункты 6.4.1—6.4.9, 6.4.13) и обеспечивать нормированные параметры коммутационной способности выключателя.

5.3.4.2 Приводы, которыми оснащены выключатели, входящие в состав КРУЭ, должны соответствовать техническим требованиям ГОСТ Р 52565—2006 (пункты 6.12.6, 6.12.7).

Диапазон напряжений питания постоянного тока электромагнитов включения должен находиться в пределах от 85 % до 105 % $U_{п.ном}$, электромагнитов отключения — в пределах от 70 % до 110 % $U_{п.ном}$. Диапазон напряжений питания переменного тока электромагнитов отключения должен находиться в пределах от 65 % до 120 % $U_{п.ном}$.

5.3.4.3 Значение ресурса выключателя по механической стойкости (число циклов «включение — пауза — отключение» В-$t_п$-О без тока в главной цепи) должно составлять, не менее:

- 2000 циклов — для выключателей нормального исполнения;
- 10000 циклов — для выключателей с повышенной механической стойкостью.

Конкретное значение ресурса выключателя по механической стойкости указывают в ТУ и эксплуатационных документах.

5.3.5 Требования к механической работоспособности разъединителя

Разъединители по механической износостойкости изготавливают трех классов — М0, М1 и М2. В зависимости от класса они должны выдерживать при отсутствии напряжения и тока в главной цепи следующее количество рабочих циклов (включение — произвольная пауза — отключение):

- разъединитель класса М0 — 1000;
- разъединитель класса М1 — 2000;
- разъединитель класса М2 — 10000.

Включение и отключение разъединителей необходимо обеспечивать при изменении напряжения цепи питания привода в диапазоне от 85 % до 110 %$U_{п.ном}$.

5.3.6 Требования к механической работоспособности заземлителя

Заземлители по механической износостойкости должны выдерживать при отсутствии напряжения в первичной цепи не менее 1000 рабочих циклов (включение — произвольная пауза — отключение), конкретное значение должно быть указано в технических документах изготовителя.

Включение и отключение заземлителей необходимо обеспечивать при изменении напряжения цепи питания привода в диапазоне от 85 % до 110 %$U_{п.ном}$.

5.4 Требования по нагреву при длительной работе

5.4.1 КРУЭ по нагреву при длительной работе в нормальном режиме должны соответствовать требованиям ГОСТ 8024.

Наибольшие допустимые значения температуры и ее превышения над эффективной температурой окружающей среды для токоведущих частей КРУЭ в газовой среде и для выводов, соединяемых с внешними проводниками, должны соответствовать значениям, указанным в ГОСТ 8024.

5.4.2 Температура нагрева частей оболочек КРУЭ в нормальных условиях обслуживания оборудования не должна превышать для частей:

- доступных для прикосновения 70 °С,
- недоступных для прикосновения 80 °С.

При этом значение температуры, доступной прикосновению, не должно превышать ожогового порога по ГОСТ Р 51337.

5.4.3 Допустимые превышения температуры нагрева вторичных цепей оборудования КРУЭ должны соответствовать ГОСТ 403.

5.5 Требования к стойкости при сквозных токах короткого замыкания

5.5.1 КРУЭ должны выдерживать воздействие номинального кратковременного выдерживаемого тока (тока термической стойкости) $I_т$ и пика номинального кратковременного выдерживаемого тока (тока электродинамической стойкости) $i_д$ при коротких замыканиях без повреждений, препятствующих его дальнейшей исправной работе. Значение тока электродинамической стойкости $i_д$ должно быть не менее 2,5 $I_т$.

5.5.2 Цепи заземления КРУЭ должны быть устойчивы к воздействию сквозных токов короткого замыкания при длительности их протекания, определенной значениями подраздела 4.7.

5.5.3 Допускается использовать КРУЭ при времени короткого замыкания t, превышающем $t_{к.з.}$, и при уменьшенном по сравнению с $I_т$ значении тока I_t, определяемом по формуле

$$I_t = I_т\sqrt{t_{к.з.}/t}, \quad (1)$$

при этом значение t меньше 5 с.

5.5.4 Предельно допустимые значения температур нагрева контактов токоведущих частей при протекании сквозных токов короткого замыкания не должны превышать допустимых значений по ГОСТ 10434.

5.6 Требования к коммутационной способности

5.6.1 Коммутационные аппараты, образующие часть главной цепи КРУЭ, должны соответствовать требуемой включающей и отключающей способности в условиях установки и использования согласно указаниям 5.6.2, 5.6.3 и 5.6.4, а именно: их следует испытывать как нормально установленные в КРУЭ со всеми объединенными компонентами, расположение которых может оказывать влияние на характеристики КРУЭ, например соединения, опоры и т. д.

Примечание — При определении компонентов, которые могут повлиять на характеристики КРУЭ, особое внимание обращают на механические силы, образующиеся при коротком замыкании, и возможность возникновения пробивных разрядов.

5.6.2 Выключатели

Требования к коммутационной способности выключателей должны соответствовать ГОСТ Р 52565 и ГОСТ 12450.

5.6.3 Разъединители

5.6.3.1 Разъединители на номинальное напряжение 110 кВ и выше, применяемые в КРУЭ, по требованию заказчика должны коммутировать уравнительные и зарядные токи сборных шин.

Примечание — Номинальный уравнительный ток разъединителей может быть значительно больше номинального тока. Номинальный уравнительный ток значением более 80 % номинального тока или более 1600 А устанавливают по соглашению между изготовителем и потребителем.

5.6.3.2 Номинальные уравнительные напряжения, при которых разъединители КРУЭ должны коммутировать уравнительные токи, приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Номинальные уравнительные напряжения

Номинальное напряжение, кВ	Уравнительное напряжение, В
От 110 до 150 включ.	10
От 220 до 330 включ.	20
От 500 до 750 включ.	40

5.6.3.3 Разъединители, применяемые в КРУЭ, должны включать и отключать зарядные токи сборных шин и могут работать в следующих режимах:

режим 1 — коммутирование очень коротких участков сборных шин, представляет актуальную проблему для оборудования номинального напряжения более 220 кВ;

режим 2 — коммутирование емкостей, параллельных выключателям, оснащенных делителями напряжения, в условиях рассогласования фаз (180°). Режим присущ, в особенности, для разъединителей со смежным расположением с выключателями;

режим 3 — коммутирование коротких длин кабелей и длинных участков сборных шин. При коммутациях разъединителями более высоких классов напряжения для предотвращения перекрытий на землю применяются конструкции разъединителей с резисторами, которые включаются либо последовательно, либо параллельно коммутируемому промежутку. Значения сопротивления применяемых резисторов находятся в пределах от 200 до 1000 Ом, в зависимости от достигаемой степени демпфирования перенапряжений и импеданса системы. Значения нормируемых токов, коммутируемых в режиме 3, указаны в таблице 3.

Таблица 3 — Зарядные токи сборных шин

Номинальное напряжение, кВ	110	150	220	330	500	750
Зарядный ток, А	0,1	0,1	0,25	0,5	0,5	0,8

5.6.4 Заземлители

5.6.4.1 Заземлители, предназначенные для заземления линий электропередачи, должны коммутировать наведенные токи, возникающие в отключенных и заземленных линиях в результате индуктивного и емкостного взаимодействий с соседними линиями, находящимися под напряжением.

5.6.4.2 Номинальные индуктивные и емкостные токи, наведенные электромагнитными и электростатическими полями, соответственно, номинальным наведенным напряжениям, при которых заземлители должны включать и отключать вышеуказанные токи, приведены в таблице 4.

Таблица 4 — Наведенные токи

$U_{ном}$, кВ	Электромагнитное взаимодействие				Электростатическое взаимодействие			
	I_L, А		U_L, кВ		I_C, А		U_C, кВ	
	Класс заземлителя							
	А	В	А	В	А	В	А	В
110	50	80	0,5	2	0,4	2	3	6
150	50	80	1	2	0,4	3	3	9
220	80	80	1,4	2	1,25	3	5	12
330	80	160	2	10	1,25	18	5	17
500	80	160	2	20	2	25	8	25
750	80	160	2	20	3	25	12	32

Примечания

1 Заземлители класса А используют в коротких параллельных линиях или в линиях с невысокой взаимосвязью с соседними линиями, находящимися под напряжением.

Заземлители класса В используют в длинных параллельных линиях или в линиях с высокой взаимосвязью с соседними линиями, находящимися под напряжением.

2 Номинальные наведенные ток и напряжение более приведенных в настоящей таблице значений согласовывают между заказчиком и потребителем.

5.6.4.3 Заземлители, для которых установлен номинальный ток включения на короткое замыкание, должны обладать включающей способностью при этом токе. В зависимости от объема испытаний, подтверждающих включающую способность при полной апериодической составляющей и наибольшем преддуговом времени, заземлители подразделяют на классы Е1 и Е2. Минимальное числом опытов, которое должны выполнять заземлители, представлено в таблице 5.

Таблица 5 — Включающая способность заземлителей при коротком замыкании

Класс заземлителя	Включающая способность при коротком замыкании (количество операций включения)
Е1	2
Е2	5

Испытания на включение допускается выполнять как в прямой, так и в синтетической схеме.

5.7 Требования по стойкости к внутреннему дуговому короткому замыканию

5.7.1 Основные положения

5.7.1.1 Следствием внутреннего короткого замыкания являются повышение давления газа и возможный прожог оболочки. Методика оценки повышения давления при внутреннем коротком замыкании приведена в приложении А.

5.7.1.2 Следует предусмотреть меры для защиты персонала и уменьшения влияния внутренней дуги на бесперебойность питания.

Внутренняя дуга не должна проникать в соседние газовые отсеки. Применение секционирования КРУЭ должно позволять быстро восстанавливать те части, которые не подверглись воздействию дуги, и функционирование КРУЭ.

5.7.1.3 Значение тока внутреннего дугового повреждения аппаратов КРУЭ необходимо указать в технической документации на оборудование.

5.7.1.4 Стойкость оборудования КРУЭ к внутреннему дуговому повреждению в зависимости от тока дуги и времени его протекания должна соответствовать указанной в таблице 6.

Таблица 6 — Стойкость КРУЭ к внутреннему дуговому повреждению

Ток короткого замыкания	Степень стойкости	Длительность тока, с	Критерии состояния
< 40 кА (действующее значение)	1	0,2	Без внешних эффектов, кроме работы устройств сброса давления
	2	Не более 0,5	Без фрагментации (допустим прожог)
≥ 40 кА (действующее значение)	1	0,1	Без внешних эффектов, кроме работы устройств сброса давления
	2	Не более 0,3	Без фрагментации (допустим прожог)

5.7.1.5 Максимально допустимое время отключения внутреннего короткого замыкания устройствами релейной защиты определяется значением, соответствующим степени стойкости 2.

5.7.2 Локализация внутренних коротких замыканий

Последствия внутренней дуги должны быть локализованы в пределах того отсека, в котором произошло короткое замыкание.

5.8 Требования к конструкции

5.8.1 КРУЭ состоят из ячеек, отдельных модулей и элементов, разрабатываемых для конкретных КРУЭ. При необходимости ячейки КРУЭ укомплектовываются стационарными площадками обслуживания.

5.8.2 Ячейки, входящие в состав КРУЭ, по функциональному назначению могут быть следующих типов:

- линейные;
- шиносоединительные;
- трансформаторов напряжения;
- секционные, с одной или двумя системами сборных шин.

5.8.3 Ячейки в зависимости от типоисполнения могут состоять из модулей:

- выключателя;
- разъединителей;
- заземлителей;
- соединительных секций (угловых, отводных и линейных);
- трансформаторов тока;
- трансформаторов напряжения;
- ОПН.

5.8.4 Входящие в состав полюса модули могут комплектоваться в блоки.

5.8.5 Подсоединения к полюсам ячейки кабельных вводов, вводов «воздух — элегаз» необходимо осуществлять соединительными секциями.

5.8.6 Ячейки, отдельные модули и элементы должны допускать возможность компоновки КРУЭ по электрическим схемам, рекомендуемым ГОСТ Р 59279. Особенности принципиальных электрических схем распределительных устройств подстанций с КРУЭ приведены в приложении Б.

Конструктивное исполнение КРУЭ должно обеспечивать возможность проведения поверки/калибровки измерительных трансформаторов тока и напряжения в процессе эксплуатации.

5.8.7 Требования к газам, применяемым в КРУЭ

5.8.7.1 Изготовитель должен указывать тип, требуемое качество, количество и плотность газа, используемого в КРУЭ, и предоставить потребителю необходимые указания по обновлению газа и поддержанию его требуемого количества и качества (см. 9.2.8.7), за исключением замкнутых систем давления.

5.8.7.2 Для предотвращения конденсации наибольшее допустимое содержание влаги в объемах, заполненных газом при номинальной плотности $\rho_{ном.из}$, должно быть таким, чтобы температура точки росы была не выше, чем минус 5 °С при температуре окружающей среды 20 °С. Соответствующая поправка должна быть сделана для измерения, выполненного при других температурах.

Для аппаратов наружной установки во всем диапазоне рабочих температур точка росы должна быть не менее чем на 20 °С ниже среднесуточной температуры воздуха.

5.8.7.3 Требования к газу необходимо указывать в ТУ или эксплуатационных документах предприятия-изготовителя.

Методика приготовления смесей, заполнения смесями оборудования и поддержания состава смесей в процессе эксплуатации — в соответствии с ТУ или эксплуатационной документацией предприятия-изготовителя.

5.8.8 Заземление КРУЭ и аппаратуры управления

5.8.8.1 Оболочки элементов КРУЭ и все металлические составные части должны быть снабжены надежным заземляющим выводом, имеющим зажимной винт или болт для соединения с заземляющим проводником, пригодным для нормированных аварийных условий. Точку подсоединения необходимо маркировать знаком заземления согласно ГОСТ 21130. Части металлических оболочек, подсоединенных к системе заземления, можно рассматривать как заземляющий провод. Защитное заземление КРУЭ должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.030.

5.8.8.2 Заземление главной цепи

Следует предусмотреть возможность заземления всех частей главных цепей для обеспечения безопасности обслуживающего персонала во время ремонтных работ. Заземление может быть выполнено посредством:

а) заземлителя с включающей способностью, равной пику номинального выдерживаемого тока, если при заземлении есть вероятность, что подсоединяемая цепь находится под напряжением;

б) заземлителя, не имеющего включающей способности или имеющего включающую способность ниже пика номинального выдерживаемого тока, если при заземлении есть уверенность в том, что подсоединяемая цепь не находится под напряжением;

в) переносных заземлений на время проведения ремонтных работ.

5.8.8.3 Заземление оболочки

Оболочки и все металлические части, не входящие в главную или вспомогательную цепь, должны быть заземлены. Выполнение соединений оболочек, рамы и других металлических частей, в т. ч. в местах присоединения к контуру заземления, с целью обеспечения непрерывности цепи, возможно болтовым соединением или сваркой.

Непрерывность заземляющих цепей необходимо обеспечивать с учетом термических и электрических воздействий, вызванных током, проходящим через эти цепи.

Для пофазной конструкции КРУЭ для обеспечения протекания наведенных токов следует устанавливать петлевые цепи, соединяющие между собой оболочки трех фаз. Каждая из этих петлевых цепей должна быть напрямую связана, насколько это возможно, с общей системой заземления с помощью проводника, способного проводить ток короткого замыкания.

Примечание — Петлевые цепи, как правило, рассчитаны на номинальный ток и размещены в конце каждой секции.

5.8.9 Вспомогательное оборудование и оборудование управления

5.8.9.1 Вспомогательное оборудование и оборудование управления могут состоять также из электронных элементов. Для электронных устройств следует выполнять требования к ЭМС (см. 5.9).

5.8.9.2 Оболочки (шкафы, панели) для вспомогательного и оборудования управления

Шкафы для вспомогательного и оборудования управления должны быть сконструированы из материалов, способных выдерживать механические, электрические и климатические воздействия, которые могут встретиться в условиях нормальной эксплуатации. Степень защиты, обеспечиваемая шкафом для вспомогательных цепей, должна быть установлена в соответствии с 6.2. Проходы кабелей внутрь панелей, шкафов необходимо осуществлять через уплотняющие устройства, предотвращаю-

щие попадание внутрь пыли, влаги, посторонних предметов. Вентиляционные отверстия должны быть защищены или расположены таким образом, чтобы была обеспечена степень защиты, предписанная для оболочки.

5.8.9.3 Защита вспомогательных цепей и цепей управления от воздействия тока главной цепи

Вспомогательное оборудование и оборудование управления должны быть защищены от воздействия тока главной цепи КРУЭ. Провода вспомогательных цепей и цепей управления, за исключением коротких выводов измерительных трансформаторов, отключающих катушек, вспомогательных контактов и т. д., должны быть или отделены от главной цепи заземленными металлическими перегородками, или изолированы перегородками, выполненными из изоляционного материала.

5.8.9.4 Оборудование, устанавливаемое в шкафах

Элементы оборудования, устанавливаемого в шкафах, должны соответствовать требованиям стандартов на эти комплектующие. Характеристики установленного оборудования должны соответствовать условиям эксплуатации КРУЭ.

Необходимо обеспечить доступ ко всем обслуживаемым аппаратам, приборам, устройствам.

Аппараты ручного оперативного управления (переключатели, кнопки) рекомендуется располагать на высоте не более 1900 мм и не менее 700 мм от уровня пола.

Для обеспечения требуемых условий эксплуатации шкафы должны быть снабжены системами подогрева, вентиляции. Устройства подогрева должны иметь подогревательные устройства защищенного типа. Все подогревательные устройства должны быть расположены так, чтобы не вызвать нарушений целостности проводки или функционирования других элементов оборудования. Способ управления подогревательными устройствами следует указать в руководстве по эксплуатации на конкретное изделие.

5.8.9.5 Контактные соединения

Контактные соединения проводников вспомогательных цепей и цепей управления должны соответствовать требованиям ГОСТ 10434 и ГОСТ 19132.

5.8.9.6 Вспомогательные контакты и контакты управления

Вспомогательные контакты и контакты управления должны соответствовать определенному количеству электрических и механических циклов операций, предусмотренных для соответствующих аппаратов КРУЭ.

Рабочие характеристики контактов коммутационных аппаратов вспомогательных цепей при постоянном токе должны соответствовать значениям, указанным в таблице 7.

Таблица 7 — Рабочие характеристики вспомогательных контактов

Класс вспомогательных контактов	Номинальный длительный ток, А	Номинальный кратковременный выдерживаемый ток в течение 30 мс, А	Отключающая способность при номинальном напряжении питания вспомогательных цепей	
			До 48 В	От 110 до 250 В
			мА	Вт
1	10	100	—	440
2	2	10	—	30
3	0,2	1	50	—

Примечания

1 Отключающая способность вспомогательных контактов всех классов указана для цепи с постоянной времени от 20 до 24 мс.

2 Вспомогательные контакты класса 3 не предназначены для того, чтобы подвергаться полному току короткого замыкания вспомогательного питания подстанции. Контакты классов 1 и 2 предназначены для того, чтобы подвергаться полному току короткого замыкания вспомогательного питания подстанции.

3 Возможно нормально управлять вспомогательными контактами классов 1, 2 и 3 для постоянного тока при переменном токе и напряжении.

5.8.9.7 В приводах выключателей КРУЭ необходимо установить счетчики числа срабатываний. Необходимость установки счетчиков числа срабатывания в приводах разъединителей и заземлителей определяет изготовитель по согласованию с заказчиком.

5.8.9.8 Аппараты КРУЭ должны иметь коммутирующие контакты для внешних вспомогательных цепей:

- выключатели — в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52565;

- разъединители — не менее восьми штук, заземлители — не менее четырех штук; конкретное количество коммутирующих контактов устанавливает изготовитель по согласованию с заказчиком.

5.8.10 Блокировка низкого и высокого давлений и контролирующие устройства

5.8.10.1 Устройства блокировки низкого или высокого давления должны быть такими, чтобы их можно было настроить для работы в диапазоне давлений, установленных изготовителем в нормативном документе или эксплуатационной документации, в соответствии с 4.9.

5.8.10.2 Замкнутые системы давления, заполненные сжатым газом для изоляции и/или функционирования и имеющие минимальное рабочее давление для изоляции и/или функционирования более 0,2 МПа (абсолютное давление), должны быть снабжены контролирующими устройствами давления (или плотности) газа, датчиками давления (плотности) газа, для постоянного или, по крайней мере, периодического контроля как части программы обслуживания с учетом требований руководства по эксплуатации оборудования. Для коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления, имеющих минимальное рабочее давление не более 0,2 МПа (абсолютное давление), такие средства должны быть предметом соглашения между изготовителем и потребителем.

5.8.10.3 Датчики давления (плотности) газа индикаторного типа должны обеспечивать не менее двух уровней сигнализации для давления или плотности (сигнализации о снижении давления и минимального уровня давления).

Примечания

1 Если номинальные давления заполнения двух соседних отсеков различны, может быть использован третий предупредительный сигнал, указывающий на чрезмерную плотность.

2 Принимается во внимание точность датчиков давления (плотности) газа, а также возможные различия в температурах между датчиками давления (плотности) газа в контролируемых объемах.

5.8.10.4 Датчики давления (плотности) газа должны быть доступны для проверки при нахождении КРУЭ в эксплуатации.

Установка датчиков на элементах КРУЭ должна обеспечивать минимальное различие в температурах датчика давления (плотности) газа и контролируемого объема.

5.8.10.5 Датчики плотности (давления) газа — плотномеры газа (мониторы плотности газа, регуляторы плотности газа), устанавливаемые изготовителем на газонаполненных отсеках, не требуют утверждения как типа средства измерений. В процессе эксплуатации они подлежат контролю исправности и контролю показаний с использованием метода сопоставления с показаниями контрольного манометра с периодичностью в соответствии с требованиями 9.4. Отклонение в показаниях принимаются по значениям погрешностей используемых датчиков плотности.

Для контроля плотномеров газа должен использоваться контрольный манометр с классом точности не ниже 0,6 и термометр с пределом допускаемой погрешности ±1 °С или электронный манометр, имеющий температурную компенсацию, с аналогичными показателями точности измерений.

5.8.11 Устройства блокировки

5.8.11.1 Устройство блокировки КРУЭ представляет собой систему, состоящую из составных частей (механических, электромеханических, вспомогательной аппаратуры, кабелей и др.). Каждую из них следует рассматривать как часть вспомогательного оборудования и оборудования управления (см. 5.8.9).

5.8.11.2 Требования к устройствам блокировки должны быть согласованы между изготовителем и потребителем.

5.8.11.3 Оперативная блокировка главных цепей КРУЭ должна исключать:

- подачу напряжения разъединителем на участок электрической схемы, заземленной включенным заземлителем, а также на участок электрической схемы, отделенной от включенных заземлителей только выключателем;
- включение заземлителя на участке схемы, не отделенном разъединителем от других участков, которые могут быть как под напряжением, так и без напряжения;
- отключение и включение разъединителями токов нагрузки.

5.8.11.4 Заземлители должны быть блокированы с соответствующими разъединителями так, чтобы при наличии напряжения на главной токоведущей цепи было невозможно включение заземляющей цепи, а при включенном положении заземляющей цепи не допускалось включение главной токоведущей цепи.

5.8.11.5 Должны быть выполнены блокировки, исключающие операции с разъединителями при включенных выключателях в электрической цепи.

5.8.11.6 Приводы разъединителей должны быть снабжены запирающими устройствами (например, навесными замками).

5.8.11.7 Блокировка в отсеках КРУЭ по давлению (плотности) газа должна предусматривать две ступени выдачи сигнала:

- первая — о снижении давления (плотности) газа ниже номинального;
- вторая — о достижении минимального рабочего значения (аварийное состояние).

5.8.11.8 При достижении минимального рабочего давления (плотности) в отсеке коммутационного аппарата должна выполняться автоматическая блокировка схемы управления привода коммутационного аппарата, запрещающая выполнение операций с этим аппаратом.

5.8.11.9 Конструкция КРУЭ должна предусматривать возможность проведения проверки отсутствия высокого напряжения на отходящих линиях путем использования встроенных указателей напряжения.

5.8.11.10 Конструкция и системы управления приводами коммутационных аппаратов КРУЭ должны иметь автоматическую блокировку, препятствующую выполнению схемами управления приводами выключателей, разъединителей и заземлителей прерванных или невыполненных команд управления (включения и/или отключения) при исчезновении и повторном появлении напряжения питания.

5.8.12 Указатели положения

5.8.12.1 В коммутационных аппаратах должен быть предусмотрен четкий и надежный указатель положения контактов главной цепи, механически связанный с этими контактами.

Необходимо обеспечить удобство контроля указателя положения при «местном» управлении.

5.8.12.2 Цвета и маркировка положений указательного устройства в отключенном, включенном или, где предусмотрено, заземленном положении должны соответствовать ГОСТ 12.2.007.3.

Включенное положение следует маркировать как «В». Отключенное положение следует маркировать как «О».

5.8.13 Газовая и вакуумная герметичность

5.8.13.1 Данные характеристики относят ко всей коммутационной аппаратуре и аппаратуре управления, в которых используют вакуум или газ в качестве изоляции, комбинированной изоляционной и дугогасящей или оперативной среды, кроме окружающего воздуха при атмосферном давлении.

5.8.13.2 В конструкциях КРУЭ применяют автономную и замкнутую системы давления газа.

5.8.13.3 Автономные системы давления газа

Характеристика герметичности автономной системы давления и время между подпитками при нормальных условиях эксплуатации должны быть установлены изготовителем в соответствии с принципом минимального обслуживания и осмотра. Следует также принять во внимание возможные утечки через перегородки между сборочными единицами, имеющими различные давления, в т. ч. при обслуживании отсека, соседние отсеки которого содержат газ под давлением.

Герметичность автономных систем давления для газа определяют по относительной скорости утечки $F_{отн}$, %/год, которая должна составлять не более 0,5 % в год.

Примечание — Указанное значение скорости утечки учитывают при расчете давления заполнения.

Должны быть предусмотрены средства, дающие возможность безопасной подпитки газовых систем при нахождении оборудования в эксплуатации.

5.8.13.4 Замкнутые системы давления газа

Герметичность замкнутой системы давления характеризуется ожидаемым сроком службы, в течение которого не требуется подпитки газа.

Ожидаемый срок службы по режиму утечки должен быть установлен изготовителем, предпочтительные значения — от 30 до 40 лет.

Примечание — Для выполнения требования по ожидаемому сроку службы принимают уровень утечки газа не более 0,5 %/год.

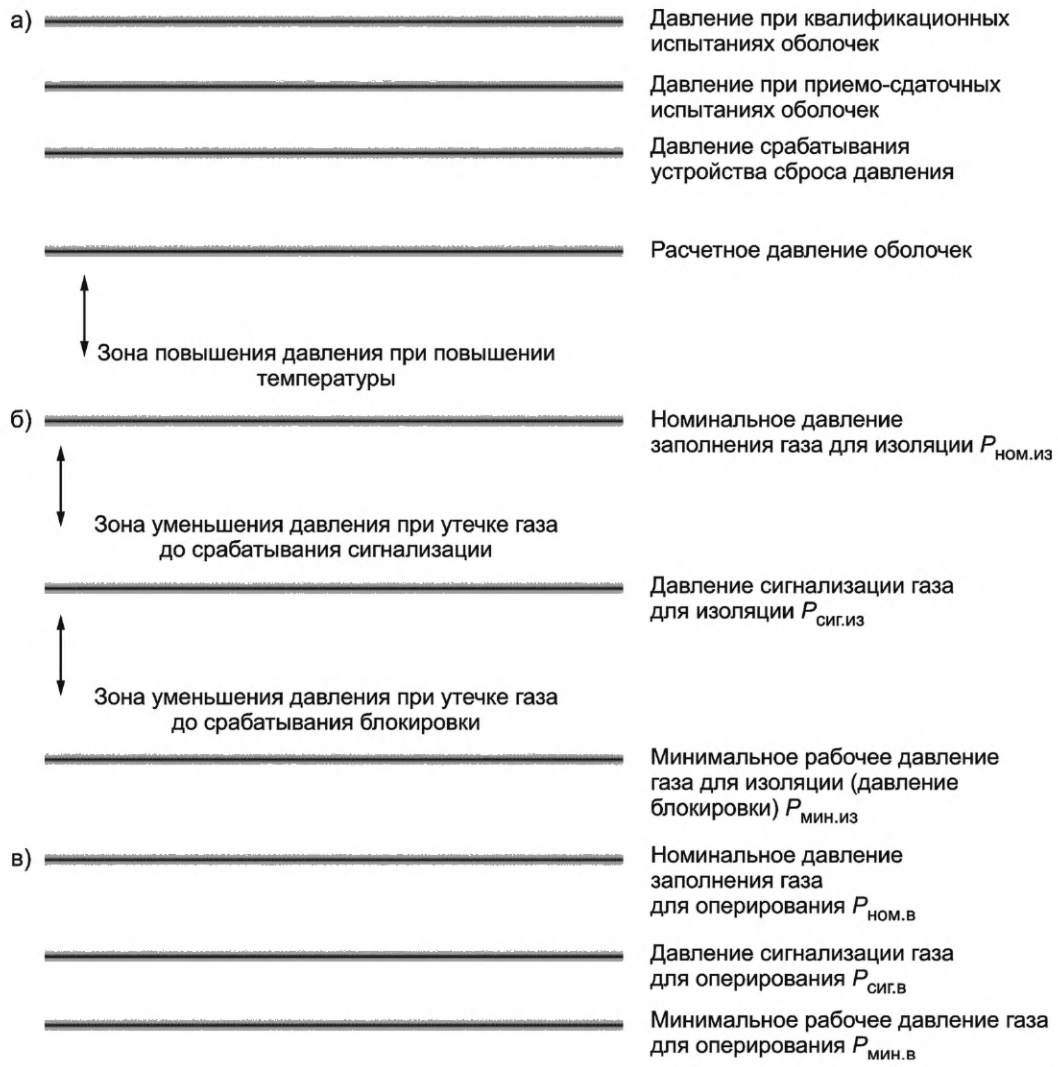
5.8.14 Координация давления

5.8.14.1 Значения функциональных давлений КРУЭ необходимо определять в зависимости от выбора минимального рабочего давления для изоляции (коммутации) $P_{мин.из}$ и минимального давления для оперирования $P_{мин.в}$.

5.8.14.2 Номинальное давление заполнения $P_{ном.из}$ следует устанавливать с учетом давления срабатывания предупредительной сигнализации $P_{сиг.из}$ и ожидаемого уровня утечки, чтобы обеспечить достаточное время для восстановления номинального давления, учитывая необходимый объем работ

по сервисному обслуживанию с учетом погрешности датчиков давления (плотности) газа. Испытательные давления, устанавливаемые изготовителем при приемо-сдаточных и типовых испытаниях, должны быть обоснованы на расчетном давлении с учетом свойств материалов и технологии изготовления оболочек и перегородок.

5.8.14.3 На рисунке 1 показаны различные уровни давления и их соотношение.



Уровни давлений группы: а) определяют прочностные свойства оборудования, группы; б) эксплуатационные характеристики КРУЭ, группы; в) представляют параметры изоляционного газа, используемые при ремонтно-наладочных работах.

Рисунок 1 — Координация давлений

Значения уровней давлений могут различаться для отдельных элементов (герметичных объемов) КРУЭ ввиду их различных функциональных назначений и конструктивных исполнений.

5.8.15 Оболочки

5.8.15.1 Общие положения

Оболочка должна выдерживать нормальные и переходные давления при эксплуатации.

Элементы КРУЭ, устанавливаемые в оболочках, должны удовлетворять требованиям стандартов на данное оборудование. Размещение элементов КРУЭ должно учитывать доступность для монтажа, прокладки проводов, обслуживания и замены.

В оболочках должны быть предусмотрены предохранительные мембраны или клапаны, снабженные направляющими козырьками для обеспечения отвода аварийного сброса газа в безопасном для обслуживающего персонала направлении.

Требования к условиям выполнения монтажа и ремонта оболочек, а также меры безопасности при обслуживании должны быть сформулированы изготовителем в руководстве по эксплуатации КРУЭ.

5.8.15.2 Конструкция оболочек

Конструкции оболочек, выполненных из алюминиевых сплавов и углеродистой стали, должны соответствовать требованиям стандартов для их изготовления и соответствовать рекомендациям для герметизированных оболочек сосудов высокого давления.

Каждый газонаполненный отсек, содержащий один и более элементов КРУЭ, должен быть оснащен приемными узлами для установки плотномера и клапана подпитки (отбора) газа. Конструкция приемного узла должна обеспечивать замену плотномера и подпитку газа в эксплуатации без потери газа.

В газонаполненном отсеке допускается установка одного мембранного предохранительного устройства при обеспечении достаточного для целостности оболочек аварийного сброса газа.

Методы расчета толщины и конструкции оболочек, изготовленных сваркой или литьем, должны быть основаны на расчетном давлении.

Примечание — При конструктивно-технологическом проектировании оболочки учитывают:

а) возможное вакуумирование газа в оболочке, как часть обычного процесса заполнения;

б) полное избыточное давление на стенки оболочки или перегородки;

в) результирующее давление при случайном протекании газа между отсеками, если смежные отсеки имеют разные рабочие давления;

г) возможность возникновения внутреннего короткого замыкания.

При определении расчетного давления оболочки за температуру газа следует принимать среднее значение верхних пределов температуры оболочки и температуры токоведущей части главной цепи при протекании номинального тока, если расчетное давление не может быть установлено на основе имеющихся результатов испытаний на нагрев.

Для оболочек и частей оболочек, прочность которых не была полностью определена расчетом, следует проводить квалификационные испытания с целью определения их полного соответствия предъявляемым требованиям.

Материалы, используемые при изготовлении оболочек, должны иметь известный проверочный минимум физических свойств, подтвержденных сертификатами соответствия, на которых основаны расчеты и/или квалификационные испытания.

Изготовитель должен нести ответственность за выбор материалов и сохранение их минимальных свойств, выбранных на основе сертификата соответствия поставщика материала или испытаний, проводимых поставщиком.

5.8.15.3 В сопроводительной документации изготовителя к оболочкам (резервуарам) КРУЭ и приводов со сжатым газом должны быть указаны:

а) описание конструкции оболочек (резервуаров) и их элементов, включая средства измерения давления и мониторинга (если используется);

б) примененные материалы оболочек (резервуаров), удовлетворяющих условиям их применения и пригодных для работы под давлением;

в) методы расчета прочности с указанием расчетных давления и температуры;

г) правила приемки и методы испытаний;

д) перечень прилагаемых документов, включая руководство по эксплуатации и паспорт, содержащий особенности технологии изготовления (при сварной конструкции — сведения о сварке, контроле сварных соединений; для отливок — метод изготовления), использованные механо- и термообработка, сведения о проведенных испытаниях, даты проведения осмотров, перечень ЗИП;

е) перечень данных в заводской табличке технических данных, включая наименование изготовителя изделия, заводской номер и год изготовления, нормируемые давления, допустимая температура эксплуатации.

5.8.16 Перегородки

5.8.16.1 Конструкция перегородок

Перегородки, используемые для разделения отсеков КРУЭ, должны быть газонепроницаемыми для поддержания плотности и/или давления газа, нормированных для каждого отсека.

Перегородки следует изготавливать из материала с изоляционными и механическими свойствами, обеспечивающими их надлежащее функционирование в течение всего срока службы КРУЭ.

Перегородки должны сохранять свои диэлектрические характеристики под действием рабочего напряжения и при загрязнении их продуктами разложения элегаза, возникающими при коммутационных операциях.

Расчетное давление перегородок определяют для наиболее жестких условий обслуживания КРУЭ, когда перегородка может испытывать давление газа с одной стороны, в то время как с другой стороны перегородки будет выполнено вакуумирование для последующей операции по осмотру (ремонту) оборудования при атмосферном давлении. В таком случае расчетное давление определяют как сумму давления в отсеке с газом, которое там возникает при максимальной температуре окружающей среды с учетом солнечной радиации (если применимо) и номинального тока (если применимо), и атмосферного давления.

Примечание — Повышение давления в результате внутренней дуги не учитывают при определении расчетного давления.

5.8.16.2 Деление на отсеки

Деление КРУЭ на отсеки обусловлено требованиями надежности электроснабжения, уменьшением ущерба и сокращением времени простоя и затрат при повреждениях.

Перегородки обеспечивают безопасность от механического воздействия газа, все еще находящегося под давлением в соседнем отсеке, при проведении технического обслуживания, ремонта либо расширения КРУЭ. При этих видах работ, кроме механического напряжения в перегородке, вызванного избыточным давлением, необходимо также учитывать возможные ударные нагрузки, а также временные механические нагрузки, передаваемые с шин.

Изготовитель КРУЭ должен описать в инструкции по эксплуатации оборудования рекомендуемые операции по переключению и монтажу элементов КРУЭ при проведении технического обслуживания, ремонта и расширения ячеек КРУЭ.

Все газовые отсеки должны быть оборудованы:

- клапаном наполнения;
- датчиками давления (плотности) газа (см. 5.14).

В зависимости от конструкции КРУЭ и требований потребителя каждый отсек может быть дополнительно оборудован:

- устройством сброса давления (см. 5.8.17);
- патроном-поглотителем;
- детектором обнаружения внутренней дуги.

Пример устройства оболочек и перегородок для различных типов газовых отсеков приведен на рисунке 2.

Изготовители определяют время, в течение которого при возникновении тока короткого замыкания дуга не вызывает внешних воздействий. Определение этого времени должно быть основано на результатах испытания или на общепризнанной методике вычислений (см. приложение А).

5.8.16.3 На присоединениях трансформатора напряжения (ТН) к сборным шинам иметь между разъединителем и ТН промежуточный герметичный элегазовый блок для возможности демонтажа/монтажа ТН при оставшихся под напряжением сборных шинах.

Примечание — Рекомендуется при работах по монтажу/демонтажу ТН при отключенном разъединителе применять в промежуточном герметичном элегазовом блоке:

- использование заземления токопровода;
- снижение давления элегаза вдвое.

5.8.17 Сброс давления

5.8.17.1 Устройства сброса давления должны быть расположены так, чтобы минимизировать опасность для оператора при выполнении им обязанностей по обслуживанию подстанции с газовой изоляцией, если под давлением происходит выброс газа или продуктов горения дуги. Проходное сечение отверстия, через которое происходит сброс газа и продуктов горения дуги, должно быть достаточным, чтобы предотвратить разрушение оболочки.

5.8.17.2 Для исключения сброса давления в нормальных условиях следует обеспечить необходимую разницу между давлением срабатывания устройства сброса давления и расчетным давлением. Кроме того, при определении давления срабатывания устройства сброса давления необходимо учитывать переходное давление, возникающее во время операций коммутационных аппаратов, например выключателя.

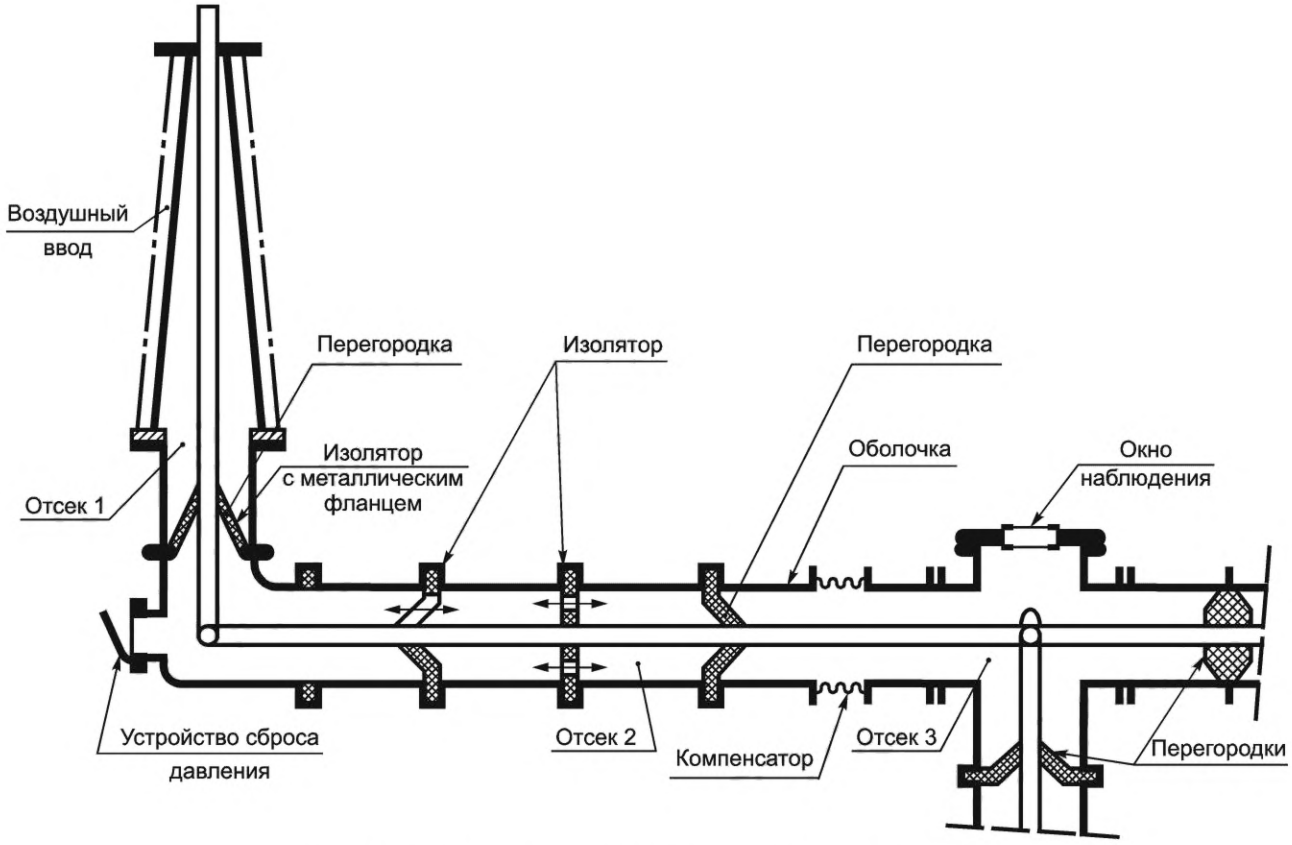


Рисунок 2 — Пример расположения оболочек и газовых отсеков

5.8.17.3 Клапан сброса давления

При заполнении отсека газом на наполнительном газопроводе следует установить клапан сброса давления, чтобы предотвратить превышение давления более чем на 10 % выше расчетного давления в отсеке.

После открывания клапан сброса давления должен снова закрыться до того, как давление упадет до 75 % от расчетного давления.

Давление заполнения следует корректировать с учетом температуры газа и окружающей температуры во время наполнения отсека газом.

5.8.17.4 Ограничение повышения давления при внутреннем коротком замыкании

Основным средством ограничения давления при внутреннем коротком замыкании является устройство сброса давления, размер проходного сечения которого должен быть установлен исходя из значения тока и продолжительности короткого замыкания.

Принятая методика расчета давления, вызванного внутренним дуговым перекрытием, приведена в приложении А.

Устройства сброса давления должны иметь дефлекторы для направленного выброса газов и продуктов горения дуги в случае внутреннего короткого замыкания в зону, которая была бы ограничена для работы и мест возможного нахождения обслуживающего персонала.

Примечание — В случае внутреннего короткого замыкания, в результате которого произошла деформация оболочки, проверяют целостность оболочек смежных отсеков.

5.8.18 Изолирующие устройства

5.8.18.1 Для обеспечения возможности поочередного испытания элементов КРУЭ повышенным напряжением должна быть предусмотрена возможность создания изоляционного разрыва между испытываемым оборудованием и другой частью КРУЭ.

Для воздушных вводов может быть достаточным отсоединение провода с внешней стороны (от линии электропередачи).

5.8.18.2 Кабельные соединения

Части КРУЭ, которые остаются соединенными с кабелем, должны выдерживать испытательные напряжения кабеля, установленные в стандартах для кабелей на то же номинальное напряжение.

Во время испытаний электрической прочности кабелей соседние части КРУЭ, как правило, должны быть отключены и заземлены, если не предприняты специальные меры, предотвращающие влияние пробивных напряжений, нормированных для кабеля, на части КРУЭ, находящиеся под напряжением. С этой целью в кабельном присоединении КРУЭ должны быть установлены технологический (неоперативный) разъединитель или съемная перемычка.

Место для вводов, используемых для испытания кабеля постоянным или переменным напряжением, должно быть предусмотрено для каждой фазы на оболочке кабельного соединения или на самом КРУЭ.

5.8.18.3 Вводы

Вводы КРУЭ должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 55187[1)], ГОСТ Р 55195, ГОСТ 8024 и ГОСТ 9920.

5.8.18.4 Границы раздела для будущих расширений

Место для будущего расширения КРУЭ должно быть совместно рассмотрено потребителем и изготовителем и указано в технической характеристике оборудования.

Детализация конструкторского решения должна быть согласована между потребителем и изготовителем.

Граница раздела должна касаться только шин или шинопроводов, но не прямых соединений с «активными» устройствами, такими как выключатели или разъединители.

При планировании расширения рекомендуется, чтобы граница раздела включала средства для установки и испытаний расширяемой части и существующей установленной части КРУЭ, которую следует испытывать повторно.

Ответственность за испытания существующих установленных частей КРУЭ возлагают на потребителя.

5.8.19 Требования к защитным антикоррозийным покрытиям

5.8.19.1 Выбор материалов и защитных покрытий деталей и сборочных единиц КРУЭ следует осуществлять в соответствии с условиями эксплуатации по ГОСТ 9.301 с указанием в эксплуатационной документации.

5.8.19.2 При эксплуатации необходимо обращать внимание на возможное возникновение коррозии оборудования.

Гальваническая коррозия между материалами должна быть исключена.

5.8.19.3 Все болтовые или резьбовые соединения оболочки должны оставаться легко разбираемыми.

Непрерывность цепей заземления должна быть гарантирована с учетом коррозии болтовых и резьбовых соединений.

5.8.20 Требования по взаимозаменяемости

Все съемные части и компоненты одного и того же типа и конструкции с одинаковыми номинальными значениями должны быть механически и электрически взаимозаменяемыми.

Съемные части и компоненты с одинаковыми или большими номинальными значениями тока и напряжения могут устанавливаться вместо съемных частей и компонентов с меньшими номинальными значениями тока и напряжения, если замена компонентов не ухудшает технических характеристик оборудования и конструкция таких съемных частей и компонентов, а также отсеков позволяет осуществлять механическую взаимозаменяемость.

5.8.21 Требования к составляющим элементам

В таблице 8 приведен перечень нормативных документов, требованиям которых должны соответствовать составляющие элементы.

[1)] Требование пункта 5.4.3 ГОСТ Р 55187—2012 в части значения тока термической стойкости не распространяется на вводы КРУЭ.

Таблица 8 — Перечень нормативных документов, требования которых распространяются на составляющие элементы КРУЭ

Наименование составляющих элементов	Нормативный документ
Выключатели	ГОСТ Р 52565, ГОСТ 12450
Разъединители и заземлители	5.3.5, 5.3.6, 5.6.3, 5.6.4, 8.4.1.3, 8.12.3, 8.12.4 настоящего стандарта
ОПН[1)]	ГОСТ Р 52725
Трансформатор тока[2)]	ГОСТ 7746
Трансформатор напряжения[1), 3)]	ГОСТ 1983
Вводы «воздух-газ»	ГОСТ Р 55187, ГОСТ 9920
Кабельные вводы	См. [1]

[1)] Включение в состав ячеек КРУЭ ОПН и измерительных трансформаторов напряжения в линейных и трансформаторных ячейках согласовывается проектной организацией с заказчиком на этапе проектирования с учетом типа присоединения линий и трансформаторов (воздушное, кабельное или элегазовым токопроводом).

[2)] По требованию заказчика для защитных трансформаторов тока, предназначенных для работы в переходных режимах, могут применяться классы 5PR, 10PR, TPY и TPZ. Требования к характеристикам и методы испытаний этих трансформаторов тока устанавливаются действующими национальными стандартами на трансформаторы тока.

[3)] По требованию заказчика индуктивные трансформаторы напряжения применяются с нерезонирующими свойствами. Изготовитель должен представить расчеты с определением зоны отсутствия резонанса. Требования к характеристикам и методы испытаний этих трансформаторов напряжения устанавливаются действующими стандартами.

5.9 Требования к электромагнитной совместимости

5.9.1 Требования к ЭМС предъявляют к КРУЭ, имеющим электронные компоненты, воздействие помех на которые может привести к неправильному функционированию.

5.9.2 Предельные допустимые значения радиопомех должны соответствовать уровню испытаний в соответствии с 8.9.1.8.

Примечание — Общие указания по ЭМС и ее улучшению приведены в ГОСТ Р 51317.6.5.

5.10 Требования к надежности

5.10.1 Срок службы КРУЭ должен быть не менее 30 лет.

Срок службы КРУЭ до среднего ремонта — 15 лет.

5.10.2 Коммутационные и механические ресурсы аппаратов КРУЭ:

- выключателей — не менее требований по ГОСТ Р 52565 для коммутационной стойкости и для механической стойкости;
- разъединителей и заземлителей — не менее требований, указанных в 5.3.5, 5.3.6 (для механической стойкости) и 5.6.3, 5.6.4 (для коммутационной стойкости).

Дополнительные показатели надежности согласовываются изготовителем с потребителем.

5.11 Требования к комплектности

5.11.1 В комплект КРУЭ должны входить:

- ячейки КРУЭ;
- шкафы управления с комплектом соединительных кабелей;
- токопроводы;
- составные части и детали;
- запасные части;
- принадлежности и монтажные материалы;
- элегаз (смесь газов).

Совместно с КРУЭ необходимо поставлять адаптеры для присоединения высоковольтных испытательных установок (согласно опросным листам).

По договоренности заказчика и изготовителя могут поставляться для КРУЭ площадки обслуживания заводского производства.

5.11.2 К комплекту КРУЭ следует прикладывать следующую сопроводительную документацию:

а) упаковочный лист;

б) эксплуатационные документы по ГОСТ Р 2.601:

1) паспорт на каждую ячейку КРУЭ — один экземпляр;

2) ведомость эксплуатационных документов — один экземпляр;

3) руководство по эксплуатации на КРУЭ — один экземпляр;

4) инструкцию по монтажу, пуску, регулированию и обкатке изделия — один экземпляр;

5) ведомость ЗИП — один экземпляр;

6) эксплуатационную документацию на основные составляющие элементы в соответствии с ТУ на аппаратуру конкретных типов — один экземпляр;

в) ремонтные документы по ГОСТ 2.602:

1) ведомость документов для ремонта — один экземпляр;

2) руководство по ремонту (общее руководство по ремонту) — один экземпляр;

г) спецификацию на КРУЭ;

д) сборочный чертеж КРУЭ и его основных частей;

е) схемы электрические принципиальные:

1) электрические схемы главных цепей — один экземпляр;

2) электрические схемы вспомогательных цепей — два экземпляра;

ж) газовую схему КРУЭ — один экземпляр;

и) паспорт на каждое средство измерений с указанием регистрационного номера в Государственном реестре средств измерений, свидетельство о поверке (либо отметка в паспорте средства измерения о поверке или сведения из федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений о результатах поверки), руководство по эксплуатации и методика поверки — 1 экз. на группу средств измерений одного типа;

к) копии документов (при наличии), установленных законодательством Российской Федерации, подтверждающих выполнение обязательной сертификации, декларации о соответствии.

5.11.3 Документация, прикладываемая к комплекту КРУЭ, должна быть выполнена на русском языке, в бумажном и электронном виде.

5.12 Требования к маркировке

5.12.1 КРУЭ, его основные части и приводные устройства должны быть снабжены заводскими табличками, соответствующими ГОСТ 12969 и ГОСТ 12971, содержание которых согласовывается между изготовителем и заказчиком.

Таблички должны быть с четким и длительно сохраняющимся текстом, устойчивым к атмосферным воздействиям и коррозии.

5.12.2 КРУЭ должно быть снабжено основной табличкой с указанием:

- товарного знака предприятия-изготовителя;
- условного обозначения типа КРУЭ;
- номинальных параметров (данные раздела 4);
- степени защиты по ГОСТ 14254;
- массы;
- даты изготовления (год).

Поскольку другие характеристики являются специальными, их следует изображать символами, которые используют в соответствующих стандартах (например, климатическое исполнение по ГОСТ 15150, тип газа химическими символами).

5.12.3 Индивидуальные таблички установленного в КРУЭ оборудования могут быть упрощены, если общая информация для КРУЭ указана в основной табличке.

5.12.4 Если коммутационная аппаратура состоит из нескольких независимых полюсов, каждый полюс должен быть снабжен дополнительной маркировочной табличкой с указанием составной части, порядкового номера по системе изготовителя и номера полюса. При установке в эксплуатацию маркировка полюсов должна быть выполнена в соответствии с принятым на объекте обозначением фаз.

5.12.5 Изготовитель должен предоставить сведения об общем количестве газа, содержащегося в КРУЭ.

5.12.6 Если перед транспортированием полную сборку коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления не выполняют, все транспортные единицы должны быть четко маркированы. Необходимо приложить чертежи, поясняющие сборку этих частей.

5.12.7 Каждое КРУЭ должно быть оснащено соответствующими подъемными средствами и иметь транспортную маркировку по ГОСТ 14192, при этом на ящиках, кроме основных и дополнительных надписей, должны быть нанесены:

- информационные надписи: масса и габаритные размеры (кроме случаев, оговоренных ГОСТ 14192, когда один из размеров менее 1 м);
- манипуляционные знаки, чтобы показать правильный метод подъема: «Места строповки», «Верх» и, при необходимости, «Хрупкое, осторожно», «Тропическая упаковка»;
- при высоте ящика более 1 м — знак «Центр тяжести».

5.12.8 Следует предоставить требуемую информацию по распаковке.

5.13 Требования к упаковке

5.13.1 Упаковка КРУЭ должна соответствовать требованиям ГОСТ 15150, ГОСТ 23216, ГОСТ 15846.

5.13.2 Упаковка должна обеспечивать исключение механических повреждений, защиту изоляционных частей от воздействия внешней среды при транспортировании и хранении до одного года.

5.13.3 Сведения об упаковке должны быть указаны в ТУ на КРУЭ конкретных типов.

5.14 Техническое диагностирование и система мониторинга

5.14.1 Программу технического диагностирования состояния КРУЭ следует определять исходя из технических характеристик оборудования, параметров надежности, которые изготовитель гарантирует оборудованию, и интенсивности его работы в эксплуатации.

5.14.2 Рекомендуется по согласованию с заказчиком выполнять диагностический контроль основных технических характеристик оборудования:

- состояния главной токопроводящей цепи (степень нагрузки по току и нагрев элементов КРУЭ);
- состояния изоляции главных цепей, уровень частичных разрядов;
- состояния газовой системы (давление/плотность газа, степень увлажнения газа, примеси в газе);
- состояния блокировок коммутационных аппаратов;
- соответствия механических параметров коммутационных аппаратов (скоростные и временные характеристики, конечные положения подвижных частей, параметры приводов);
- ресурсных характеристик коммутационных аппаратов (механическая наработка, коммутационный ресурс);
- состояния вторичных цепей измерительного оборудования и цепей управления, включая контроль оперативных цепей и системы обогрева.

Сроки диагностического тестирования элегазового оборудования необходимо соотносить с графиками технического обслуживания КРУЭ.

В системе мониторинга КРУЭ обязательно должны быть предусмотрены датчики давления (плотности) газа элементов ячейки, механических операций и наработки коммутационного ресурса коммутационными аппаратами.

Дополнительное оснащение системы мониторинга КРУЭ (контроль частичных разрядов, соответствия механических характеристик коммутационных аппаратов нормированным значениям и др.) необходимо определять исходя из экономической целесообразности и договоренностей заказчика и изготовителя.

6 Требования безопасности и охраны окружающей среды (экологичности)

6.1 Требования безопасности при рентгеновском излучении

Уровень радиации, излучаемой вакуумными дугогасительными камерами в составе КРУЭ, не должен превышать:

а) 5 мкЗв/ч на расстоянии 1 м при максимальном рабочем напряжении $U_{н.р}$;

б) 150 мкЗв/ч на расстоянии 1 м при выдерживаемом испытательном напряжении промышленной частоты $U_{исп}$.

6.2 Степени защиты оболочек

6.2.1 Степени защиты должны быть определены по ГОСТ 14254 испытанием для всех оболочек КРУЭ, коммутационных аппаратов и аппаратуры управления, содержащих элементы главной цепи и допускающих проникновение снаружи, для оболочек (шкафов), соответствующих цепей управления и/или вспомогательных цепей низкого напряжения, приводов управления всех коммутационных аппаратов высокого напряжения, аппаратуры управления и коммутационных устройств.

6.2.2 Защита персонала от доступа к опасным частям и защита оборудования от твердых посторонних предметов (код IP)

6.2.2.1 Степень защиты персонала от доступа к опасным частям главной цепи, цепей управления и/или вспомогательных цепей и любым опасным подвижным частям (кроме гладких вращающихся валов и медленно движущихся рычажных механизмов), обеспечиваемую оболочкой, следует обозначать кодом IP.

6.2.2.2 Обозначения степеней защиты по ГОСТ 14254 и соответствующие им ограничения в доступе к оборудованию приведены в таблице 9.

Таблица 9 — Степени защиты оборудования

Степень защиты	Защита от попадания твердых посторонних предметов	Защита от прикосновения к опасным частям
IP1X	Предметы диаметром 50 мм и более	Доступ щупом (испытательный щуп диаметром 12 мм, длиной 80 мм)
IP2X	Предметы диаметром 12,5 мм и более	Доступ щупом (испытательный щуп диаметром 12 мм, длиной 80 мм)
IP2XC	Предметы диаметром 12,5 мм и более	Доступ инструментом (испытательный стержень диаметром 2,5 мм, длиной 100 мм)
IP2XD	Предметы диаметром 12,5 мм и более	Доступ проволокой (испытательная проволока диаметром 1 мм, длиной 100 мм)
IP3X	Предметы диаметром 2,5 мм и более	Доступ инструментом (испытательный стержень диаметром 2,5 мм, длиной 100 мм)
IP3XD	Предметы диаметром 2,5 мм и более	Доступ проволокой (испытательная проволока диаметром 1 мм, длиной 100 мм)
IP4X	Предметы диаметром 1 мм и более	Доступ проволокой (испытательная проволока диаметром 1 мм, длиной 100 мм)
IP5X	Пыль Попадание пыли полностью не предотвращено, но она не проникает в таком количестве или в такие места, чтобы это могло мешать удовлетворительной работе аппарата или ухудшать безопасность	Доступ проволокой (испытательная проволока диаметром 1 мм, длиной 100 мм)

Примечания

1 В случае IP5X применима степень 2 (см. 13.4 ГОСТ 14254—2015).

2 Если предусматривают защиту только от проникновения к опасным частям, то первую характеристическую цифру заменяют на X.

6.2.3 Защита от попадания воды (код IP)

Для оборудования внутренней установки не указывают степень защиты от опасного попадания воды (вторая характеристическая цифра X). Оборудование для наружной установки, обеспеченное дополнительными элементами защиты от дождя и других погодных условий, следует обозначать посредством дополнительной буквы «W», которую вводят после второй характеристической цифры или после дополнительной буквы, если таковая имеется.

6.3 Шум

6.3.1 Во время работы оборудования уровень шума не должен превышать значения, установленного в [2].

6.3.2 Методика проверки уровня шума — по ГОСТ 23941.

6.4 Опасность возгорания (огнестойкость)

6.4.1 Условия пожарной безопасности и взрывобезопасности распределительных устройств с КРУЭ должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.004, [3], СП 112.13330.2011.

6.4.2 В КРУЭ следует применять материалы, ограничивающие распространение пламени в случае его появления в результате отказа, перекрытия, пробоя или других аварийных повреждений оборудования.

6.4.3 Детали, применяемые в КРУЭ, следует конструировать так, чтобы они замедляли распространение пламени, возникшего от непредвиденного перегрева оборудования главной цепи и аппаратуры управления, и уменьшали вредное влияние на местную окружающую среду.

6.4.4 Необходимо применять меры по снижению токсической опасности, возникающей при горении применяемых электротехнических продуктов.

6.4.5 Изготовитель должен предоставить в эксплуатационных документах информацию с характеристиками огнестойкости применяемых в КРУЭ неметаллических материалов, которая позволяет потребителю оценивать возможность опасности воспламенения.

6.5 Меры по обеспечению безопасности персонала, обусловленные особенностями конструкции КРУЭ

6.5.1 КРУЭ должно соответствовать общим требованиям безопасности для электротехнического оборудования, предусмотренных ГОСТ 12.2.007.0 и ГОСТ 12.2.007.3.

6.5.2 Электрические аспекты обеспечения безопасности

6.5.2.1 Значения сопротивления изоляции.

Для главных цепей элементов КРУЭ, кроме вводов:

- при вводе в эксплуатацию не менее 3000 МОм (для 110 кВ) и не менее 5000 МОм (для 220 кВ и выше);
- при среднем ремонте не менее 1000 МОм (для 110 кВ) и не менее 3000 МОм (для 220 кВ и выше).

Для изоляции вводов:

- не менее 1000 МОм при вводе в эксплуатацию;
- не менее 500 МОм при эксплуатации.

Значения $tg\delta$ для кабельных вводов и вводов конденсаторного типа:

- не более $tg\delta$ 0,7 % при вводе в эксплуатацию;
- не более $tg\delta$ 1,2 % при эксплуатации.

Для вторичных цепей не менее 1 МОм.

Сопротивления следует измерять с применением мегомметра на напряжение 2500 В.

6.5.2.2 Изолирующие промежутки (см. 5.2).

6.5.2.3 Система заземлений (см. 5.8.8).

6.5.2.4 Вспомогательное оборудование и оборудование управления (см. 5.8.4).

6.5.2.5 Устройства блокировки (см. 5.8.10, 5.8.11).

6.5.3 Тепловые аспекты обеспечения безопасности

6.5.3.1 К тепловым аспектам относят:

- максимальную допустимую температуру нагрева частей оборудования (см. 5.4);
- огнестойкость применяемых материалов (см. 6.4).

6.5.3.2 Температура на поверхности органов управления, предназначенных для выполнения операций без применения средств индивидуальной защиты рук, а также для выполнения операций в аварийных ситуациях во всех случаях, не должна превышать 40 °С для органов управления, выполненных из металла, и 45 °С — для выполненных из материалов с низкой теплопроводностью.

6.5.4 Механические аспекты обеспечения безопасности

Механические аспекты распространяются:

- на части, находящиеся под давлением (см. 5.8.15, 5.8.16);
- IP код (подвижные части) (см. 6.2.2).

6.5.5 Аспекты обеспечения безопасности при оперировании

Аспекты при оперировании распространяются:

- на зависимые и независимые двигательные операции (см. 5.3);
- устройства блокировки (см. 5.8.11);
- указатель положения (см. 5.8.12).

6.5.6 Основные меры безопасности при работе с элегазом

6.5.6.1 Обеспечение безопасности работ с чистым элегазом

Несмотря на инертность элегаза, отсутствие токсичности и то, что газ не поддерживает горения, следует соблюдать меры безопасности ввиду его высокой плотности по отношению к воздуху. Элегаз тяжелее воздуха в пять раз, способен заполнять углубления, закрытые полости, вытесняя из них воздух, и создавая атмосферу, непригодную для дыхания. Его предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны производственных помещений — 5000 мг/м^3.

При утечке и накоплении или выбросе чистого элегаза должна быть включена аварийная вентиляция, если его концентрация превышает ПДК.

6.5.6.2 Необходимые требования к помещениям КРУЭ

Помещения для КРУЭ должны быть выполнены из материалов, не выделяющих пыли, либо иметь защитное покрытие для этого. Поверхность пола залов КРУЭ должна быть гладкой, отклонение от горизонтали не должно превышать 1 мм/м. Должны быть исключены замкнутые пространства, углубления, в которых мог бы скапливаться элегаз.

Контроль концентрации эдегаза в залах КРУЭ должен производиться датчиками, устанавливаемыми на высоте 100—150 мм от уровня пола в местах наиболее вероятного скопления газа. В залах КРУЭ должна быть выполнена приточно-вытяжная вентиляция, обеспечивающая однократный обмен воздуха в час, а также предусмотрена трехкратная аварийная вентиляция. Воздух приточной вентиляции должен проходить через фильтры, предотвращающие попадание пыли в помещение. Заборные устройства вытяжной вентиляции должны располагаться на высоте не более 300 мм от пола помещения. Аварийная вытяжная вентиляция должна включаться по сигналу от датчика при превышении ПДК в зале КРУЭ.

6.5.6.3 Работа с элегазом, подвергшимся электрическим разрядам

Воздействие электрических разрядов на элегаз приводит к возникновению продуктов разложения, таких как фтор, фториды водорода, соединения металлов с продуктами распада элегаза, низших фторидов серы. Продукты разложения элегаза ядовиты.

Перед вскрытием элегазового оборудования, в котором содержатся продукты разложения элегаза, его полость должна быть опорожнена от газа с применением фильтра-поглотителя, чтобы удалить продукты разложения, и отвакуумирована. Удаление твердых продуктов разложения элегаза из оборудования производится пылесосом с адсорбционным фильтром-поглотителем и затем оборудование дополнительно вакуумируется.

Персонал, выполняющий работы с элегазом, подвергшимся электрическим разрядам, должен быть оснащен спецодеждой, респиратором, рукавицами. Адсорбент после окончания работ должен быть нейтрализован водой или в щелочном растворе.

При экстренной необходимости выполнения работ в помещении, воздух которого загрязнен продуктами разложения элегаза, необходимо, кроме спецодежды, оснастить персонал изолирующим сертифицированным противогазом.

6.5.6.4 Требования к проверке и обработке элегаза после извлечения из электрооборудования и при его повторном использовании установлены ГОСТ Р 54426.

6.6 Влияние КРУЭ на окружающую среду

6.6.1 Меры охраны окружающей среды при монтаже и эксплуатации выключателей устанавливают в ТУ и приводят в эксплуатационных документах.

6.6.2 В технической информации изготовителя должны содержаться сведения, касающиеся влияния функционирования оборудования на окружающую среду во время его срока службы.

6.6.3 Изготовитель должен предоставить инструкции относительно разборки и вывода из эксплуатации различных компонентов оборудования (структуры, массы, токсичности и т. д.) и дальнейшего обращения с выведенным из эксплуатации оборудованием для его утилизации.

7 Правила приемки

7.1 Общие требования

7.1.1 КРУЭ следует подвергать типовым, периодическим, квалификационным и приемо-сдаточным испытаниям, а также испытаниям на месте установки в соответствии с порядком, установленным ГОСТ Р 15.301 и ГОСТ Р 15.309.

7.2 Приемо-сдаточные испытания

Приемо-сдаточным испытаниям в соответствии с порядком, установленным ГОСТ Р 15.309, подвергают каждое КРУЭ при выпуске с предприятия-изготовителя.

Проведение приемо-сдаточных испытаний предусматривает следующие виды испытаний:

а) проверку на соответствие требованиям сборочного чертежа;

б) испытание электрической прочности изоляции главной цепи кратковременным (одноминутным/пятиминутным) переменным напряжением;

в) испытание электрической прочности изоляции главной цепи переменным напряжением с измерением частичных разрядов;

г) испытания вспомогательных цепей и цепей управления;

д) измерение электрического сопротивления главной токоведущей цепи;

е) испытание на герметичность;

ж) механические испытания.

7.3 Квалификационные испытания

7.3.1 Квалификационные испытания проводят после освоения технологии производства КРУЭ на образце из первой промышленной партии (при запуске в серийное производство). Объем и порядок проведения квалификационных испытаний должен соответствовать ГОСТ Р 15.301.

7.3.2 Перечень квалификационных испытаний приведен в таблице 10. Виды испытаний поделены на семь групп.

Таблица 10 — Перечень квалификационных испытаний оборудования

Группа испытаний	Вид испытаний	Пункт
1	Испытания электрической прочности изоляции главных и вспомогательных цепей	8.2
2	Испытания на нагрев	8.5
3	Испытания на стойкость при сквозных токах короткого замыкания	8.6
3	Испытания на коммутационную способность	8.12
4	Испытания на механическую работоспособность коммутационных аппаратов	8.4
4	Испытания для подтверждения механической прочности оболочек	8.14
4	Испытание перегородок давлением	8.15
4	Проверка степени защиты оболочек	8.7
4	Испытания на герметичность	8.8
5	Испытания на ЭМС	8.9
5	Дополнительные испытания вспомогательных цепей и цепей управления	8.10
5	Испытание на отсутствие коррозии на заземляющих соединениях (если это необходимо)	8.18
6	Испытание на стойкость оболочек элементов КРУЭ в условиях горения дуги при внутреннем коротком замыкании	8.16
7	Испытания на стойкость к воздействию климатических факторов окружающей среды	8.13
7	Испытания на сейсмостойкость	8.19

В приложении В приведены рекомендации по содержанию протокола квалификационных испытаний.

7.4 Периодические испытания

7.4.1 Периодические испытания следует проводить в процессе производства КРУЭ при изменениях в использовании материалов и технологии изготовления, которые могут вызвать изменение технических характеристик оборудования, а также для подтверждения стабильности качества производимого оборудования.

7.4.2 Объем периодических испытаний определяют из перечня квалификационных испытаний (см. 7.3) и проводят в соответствии с ГОСТ Р 15.309. Сроки проведения и объем периодических испытаний согласуют с заказчиком. Рекомендуемые сроки проведения и объем периодических испытаний элементов КРУЭ определены в стандартах на виды оборудования.

7.5 Типовые испытания

7.5.1 Типовые испытания в соответствии с порядком, установленным ГОСТ Р 15.309, проводят при изменении конструкции, применяемых материалов или технологии производства, а также технических параметров КРУЭ.

7.5.2 Необходимость проведения типовых испытаний и их объем при изменении конструкции, применяемых материалов, технологии производства или технических параметров определяет изготовитель (разработчик).

8 Методы испытаний

8.1 Основные положения

8.1.1 Количество образцов для квалификационных, периодических, типовых испытаний КРУЭ согласовывается между изготовителем и заказчиком, но не должно превышать четырех.

8.1.2 Каждый испытуемый образец КРУЭ должен соответствовать конструкторской документации, представляемой изготовителем перед испытаниями.

8.1.3 Испытания следует проводить на полностью собранном образце КРУЭ, заполненном предусмотренными типами и количествами жидкости и газа, а также при предписанных давлении и температуре. Когда это невозможно, испытания допускается проводить на отдельных элементах или сборочных единицах. Работоспособность любого конкретного устройства может быть подтверждена результатами испытаний отдельных элементов или сборочных единиц. При этом устройства управления и вспомогательное оборудование должны быть чистыми, новыми или восстановленными до нового состояния.

Осмотр и ремонт во время отдельных видов испытаний может быть допущен согласно утвержденной программе испытаний.

8.1.4 Изготовитель должен заявить испытательной лаборатории перечень деталей, которые могут быть восстановлены во время испытаний.

8.1.5 Изготовитель должен предоставить испытательной лаборатории чертежи и технические данные, содержащие достаточную информацию, для однозначной идентификации по типам основных деталей и частей КРУЭ, представленных на испытания.

Чертежи и технические данные должны иметь единую систему нумерации и должны содержать гарантийные обязательства изготовителя, что чертежи и технические данные правильно отражают представленные на испытания КРУЭ.

8.2 Испытания электрической прочности изоляции

8.2.1 Условия окружающей среды и нормируемые испытательные напряжения во время испытаний электрической прочности изоляции

8.2.1.1 Требования к состоянию окружающей среды во время испытаний — по ГОСТ Р 55195.

8.2.1.2 Атмосферные поправочные коэффициенты следует применять только при испытаниях электрической прочности изоляции вводов наружной установки.

8.2.1.3 Испытания электрической прочности изоляции КРУЭ следует выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55195—2012 (раздел 13).

8.2.1.4 Нормируемые испытания главных цепей КРУЭ:

- напряжением полного грозового импульса $U_{исп.ги}$;
- напряжением срезанного грозового импульса (для электромагнитных трансформаторов напряжения);
- напряжением коммутационного импульса (для КРУЭ на номинальное напряжение 330 кВ и выше) $U_{исп.ки}$;
- кратковременным (одноминутным/пятиминутным) переменным напряжением $U_{исп}$;
- переменным напряжением с измерением частичных разрядов;
- определение длины пути утечки внешней изоляции ввода «элегаз-воздух».

Примечание — Кратковременным пятиминутным переменным напряжением испытываются элементы КРУЭ, содержащие основную твердую органическую изоляцию.

8.2.1.5 Методика проведения испытаний должна соответствовать ГОСТ Р 55194.

8.2.1.6 Испытания электрической прочности изоляции при квалификационных и типовых испытаниях проводят в полном объеме, периодические испытания — в объеме, соответствующем 7.4, приемосдаточные — согласно 7.2.

8.2.1.7 Испытания КРУЭ проводят при нормированном минимальном рабочем давлении $P_{мин.из}$ (или плотности $\rho_{мин.из}$) газа.

8.2.1.8 КРУЭ должно быть смонтировано для испытаний с минимальными указанными изготовителем изоляционными промежутками и высотой.

8.2.1.9 Если изготовителем предусмотрено применение в эксплуатации дополнительной изоляции, например растяжек или перегородок, то такую дополнительную изоляцию следует устанавливать при испытаниях.

8.2.2 Испытания вводов «элегаз-воздух»

8.2.2.1 Испытания под дождем

Испытанию под дождем следует подвергать только вводы наружной установки. Испытательное напряжение и методика испытаний — согласно ГОСТ Р 55195 и ГОСТ Р 55194.

8.2.2.2 Испытания в условиях искусственного загрязнения

Испытания в условиях искусственного загрязнения проводят только для вводов наружной установки, если они предусмотрены в стандартах на конкретные типы КРУЭ.

8.2.2.3 Испытания на радиопомехи

Испытаниям на радиопомехи подвергают КРУЭ с вводами «элегаз-воздух» наружной установки.

Испытания в условиях искусственного загрязнения и испытания на радиопомехи могут быть проведены на одном полюсе при указанном изготовителем минимальном расстоянии между полюсами.

8.2.3 Критерии успешного прохождения испытаний

Критерии успешного прохождения испытаний должны соответствовать ГОСТ Р 55195.

8.2.4 Схемы и условия приложения испытательных напряжений при испытании изоляции главных цепей КРУЭ

Схемы и условия приложения испытательных напряжений при испытании изоляции главных цепей КРУЭ — согласно ГОСТ Р 55195.

8.2.5 Испытания с измерением частичных разрядов

Испытания с измерением характеристик частичных разрядов проводят после испытаний электрической прочности изоляции в соответствии с требованиями 5.2.

Испытание с измерением характеристик частичных разрядов следует выполнять приложением к испытуемой изоляции переменного напряжения, предварительное значение которого длительностью 10 с должно быть равно $1{,}05 \cdot U_{н.р}$. Затем напряжение должно быть без отключения снижено до значения $1{,}1\,U_{н.р.}/\sqrt{3}$ и выдержано в течение не менее 1 мин; при этом необходимо выполнять измерение интенсивности частичных разрядов, значение которого не должно превышать 10^{-11} Кл.

8.2.6 Испытания электрической прочности вспомогательных цепей и цепей управления

Изоляция вспомогательных цепей и цепей управления должна выдерживать испытание кратковременным (одноминутным) переменным напряжением.

Испытания проводят по ГОСТ Р 55195.

Испытания вторичных обмоток трансформаторов тока и напряжения проводят по ГОСТ 7746 и ГОСТ 1983 соответственно.

8.2.7 Проверка электрической прочности изоляции коммутационных аппаратов

После испытаний на коммутационную способность, испытаний на ресурс по механической стойкости и после проведения климатических испытаний должны быть проведены испытания внутренней изоляции на разомкнутых коммутационных аппаратах КРУЭ:

- классов напряжения от 110 кВ до 220 кВ испытательным напряжением полного грозового импульса, амплитуда которого составляет 60 % от значения, нормированного ГОСТ Р 55195—2012 (таблица 13.1);
- классов напряжения 330 кВ испытательным напряжением коммутационного импульса, амплитуда которого составляет 80 % от значения, нормированного ГОСТ Р 55195—2012 (таблица 13.2);
- классов напряжения 500 кВ и 750 кВ испытательным напряжением коммутационного импульса, амплитуда которого составляет 90 % от значения, нормированного ГОСТ Р 55195—2012 (таблица 13.2);

если не указано иное в стандартах на коммутационное оборудование.

Для аппаратов с несимметричной конфигурацией межконтактного промежутка напряжение прикладывать поочередно к обоим выводам при заземлении противоположного вывода.

Если предусмотренные пунктом испытательные напряжения между контактами аппарата выше испытательного напряжения относительно земли, при испытаниях руководствоваться рекомендациями 13.5.6, ГОСТ Р 55195—2012.

При проведении испытаний напряжениями грозовых (коммутационных) импульсов к коммутационному аппарату следует прикладывать по пять импульсов каждой полярности. Аппарат считают выдержавшим испытание, если при приложении напряжения не произошло ни одного перекрытия или пробоя изоляции.

Для испытаний выключателей напряжениями грозовых (коммутационных) импульсов допускается использовать оборудование синтетической схемы испытаний на коммутационную способность. Форма прикладываемых импульсов напряжения для перечислений может быть стандартной (в соответствии с ГОСТ Р 55194) или идентичной форме ПВН, нормированного для отключения тока 0,1 $I_{о.ном}$ по ГОСТ Р 52565, включая параметр t_3, при этом значение амплитуды должно равняться значению амплитуды нормированного испытательного импульсного напряжения (грозового/коммутационного).

В случае трехфазной коммутационной аппаратуры в металлической оболочке напряжение следует прикладывать между контактами отключенных коммутационных аппаратов, относительно земли и между полюсами.

8.3 Измерение сопротивления цепей

8.3.1 Главная цепь

8.3.1.1 Измерение сопротивления главной цепи следует проводить до и после испытаний на нагрев и испытаний при токах короткого замыкания по методике ГОСТ 8024.

8.3.1.2 Измерение падения напряжения или сопротивления между выводами каждого полюса следует проводить на постоянном токе. Значение тока во время испытаний может быть любым удобным между 50 А и номинальным током.

Измерение падений напряжения или сопротивления перед испытаниями следует проводить, когда КРУЭ находится при температуре окружающего воздуха, а после испытаний на нагрев, когда КРУЭ охладится до температуры, равной температуре окружающего воздуха.

8.3.1.3 Измеренные сопротивления после испытания не должны повышаться более чем на 20 %.

Примечание — Измеренное значение падения напряжения постоянного тока или сопротивления указывают в протоколе испытаний наряду с общими условиями испытаний (ток, температура окружающего воздуха, точки измерений и т. д.).

8.3.2 Вспомогательные цепи

8.3.2.1 Измерение сопротивления вспомогательных контактов классов 1 и 2

Для измерения сопротивления образцы каждого типа вспомогательных контактов классов 1 и 2 (см. таблицу 7) должны быть установлены в цепи активной нагрузки, через которую протекает ток, равный 10 мА, при подаче питания от источника, имеющего на выводах разомкнутой цепи напряжение постоянного тока 6 В с относительным допуском минус 15 %.

Сопротивление замкнутых контактов классов 1 и 2 не должно превышать 50 Ом.

8.3.2.2 Измерение сопротивления вспомогательных контактов класса 3

Для измерения сопротивления образец вспомогательного контакта класса 3 (см. таблицу 7) должен быть установлен в цепь активной нагрузки, с током не более 10 мА, при подаче питания от источника постоянного тока, имеющего на выводах разомкнутой цепи напряжение не более 30 мВ.

Сопротивление замкнутых вспомогательных контактов класса 3 не должно превышать 1 Ом.

8.4 Испытания на механическую работоспособность коммутационных аппаратов КРУЭ

8.4.1 Проверка механических характеристик

8.4.1.1 Коммутационные аппараты КРУЭ подвергают проверке механических характеристик согласно стандартам на данный вид оборудования. Данные проверки включают испытания на механическую работоспособность и исправность действия механизма, механическую износостойкость аппаратов (согласно требованиям 5.3).

8.4.1.2 Проверку механической работоспособности выполняют в рамках приемо-сдаточных испытаний.

8.4.1.3 Методика проведения испытаний на механическую работоспособность выключателей — по ГОСТ Р 52565.

8.4.1.4 Методика проведения испытаний на механическую работоспособность разъединителей и заземлителей предусматривает предварительно выполнение требований 8.5.1.1 ГОСТ Р 52726—2007 и включает:

а) проверку характеристик работы механизмов аппаратов — по 8.5.2 ГОСТ Р 52726—2007;

б) проверку исправности действия механизмов аппаратов — по 8.5.3 ГОСТ Р 52726—2007;

в) испытания на механическую износостойкость аппаратов в соответствии с требованиями 5.3.5 для разъединителей и 5.3.6 для заземлителей:

- при проведении испытаний должны быть зарегистрированы и занесены в протокол испытаний температура окружающей среды, сопротивление главной цепи до и после испытаний (сопротивление после испытаний не должно отличаться более чем на 20 % от значения, измеренного до испытаний). Разрешается в процессе испытаний смазка механизмов привода и передачи движения к аппарату, необходимость и периодичность которой указывается в руководстве по эксплуатации. Не допускается механическая регулировка, замена деталей и подтягивание крепежа. В случае необходимости при испытаниях разрешается делать перерывы для охлаждения двигателя и/или других электрических устройств привода;

- при номинальном напряжении источника питания и номинальном давлении газа аппараты должны подвергаться испытаниям по наработке циклов В-О в количестве, составляющем 90 % от регламентированного для разъединителей и заземлителей;

- при нормированном минимальном напряжении источника питания и минимальном давлении газа аппараты должны подвергаться испытаниям по наработке циклов В-О в количестве, составляющем 5 % от регламентированного для разъединителей и заземлителей;

- при нормированном максимальном напряжении источника питания и максимальном давлении газа аппараты должны подвергаться испытаниям по наработке циклов В-О в количестве, составляющем 5 % от регламентированного для разъединителей и заземлителей;

- после испытаний на механическую износостойкость аппараты должны быть работоспособны, допускается незначительная регулировка, подтягивание крепежа.

8.4.2 Приемо-сдаточные испытания

8.4.2.1 Коммутационные аппараты КРУЭ подвергают механическим приемо-сдаточным испытаниям согласно стандартам на данный вид оборудования. Механические приемо-сдаточные испытания допускается проводить перед или после сборки транспортных единиц.

8.4.2.2 Все коммутационные аппараты, оснащенные блокировками, следует испытывать при 50 рабочих циклах для проверки работы блокировок. Перед каждой операцией блокировки должны быть установлены в положение, предназначенное для предотвращения работы коммутационных аппаратов, и затем необходимо предпринять попытку включения каждого коммутационного аппарата.

8.4.2.3 Во время испытаний, которые проводят без напряжения или тока в главных цепях, следует убедиться в том, что коммутационные аппараты нормально включаются и отключаются в установленном диапазоне напряжения и давления оперативных устройств.

8.5 Испытания на нагрев номинальным током

8.5.1 Оборудование главной цепи

Испытание на нагрев главных цепей следует проводить на новом коммутационном аппарате с контактами, прошедшими технологическую обработку при сборке КРУЭ и заполненном соответствующим газом при минимальном рабочем давлении (или плотности) для изоляции перед испытанием.

Методика проведения испытаний — согласно ГОСТ 8024.

8.5.2 Вспомогательное оборудование и оборудование управления

8.5.2.1 Испытания проводят при нормированном напряжении питания (постоянного или переменного тока), в случае переменного тока — при номинальной частоте 50 Гц.

8.5.2.2 Вспомогательное оборудование испытывают при номинальном напряжении питания или при номинальном токе. Напряжение переменного тока должно быть синусоидальным.

8.5.2.3 Предназначенные для длительной работы элементы электромагнитных устройств необходимо испытывать в течение времени, достаточного для проверки допустимого значения превышения температуры.

8.5.2.4 Для цепей, находящихся под напряжением только во время коммутационных операций, испытания следует проводить следующим образом:

а) если коммутационный аппарат имеет автоматическое устройство отключения вспомогательной цепи в конце операции, цепь необходимо включать на напряжение десять раз на одну секунду или до тех пор, пока не сработает автоматическое устройство отключения, с интервалом времени между моментами каждого включения 10 с или, если конструкция коммутационного аппарата этого не позволяет, с наименьшим возможным интервалом;

б) если коммутационный аппарат не имеет автоматического устройства отключения вспомогательной цепи в конце операции, испытание следует проводить однократным включением цепи на 15 с.

8.6 Испытания на стойкость к сквозным токам короткого замыкания

8.6.1 Главные цепи, цепи заземления КРУЭ и цепи аппаратуры управления следует подвергать испытанию на стойкость к сквозным токам короткого замыкания, способность пропускать без повреждения пик номинального выдерживаемого тока и номинальный кратковременный выдерживаемый ток.

8.6.2 Испытание следует проводить при номинальной частоте с допуском 10 % при любом подходящем для опыта напряжении и при удобной для испытаний окружающей температуре.

8.6.3 КРУЭ с тремя фазами в общей оболочке необходимо подвергать трехфазным испытаниям. КРУЭ с однофазными оболочками должны быть испытаны при использовании одной фазы с полным обратным током в оболочке.

8.6.4 Испытания следует проводить на элементе КРУЭ, который должен включать в себя все типы соединений секции: болтовые, сварные, розеточные или какие-либо другие способы соединения секций для проверки целостности соединенных секций КРУЭ. Испытания необходимо проводить при использовании конфигураций, которые создают наиболее жесткие условия.

8.6.5 Для проверки качества контактных соединений главной цепи КРУЭ в случае расположения трех фаз в общей оболочке испытания должны проводиться с каждой фазой и при рабочем напряжении на двух других фазах, оболочка должна быть заземлена. При пофазной компоновке КРУЭ, если главная цепь испытывается при пониженном напряжении, оболочка должна находиться под рабочим напряжением. Оборудование при испытаниях должно быть заполнено газом при минимальном рабочем давлении (или плотности) для изоляции.

8.6.6 Ток и длительность короткого замыкания

8.6.6.1 Периодическая составляющая испытательного тока главной цепи должна быть равна периодической составляющей номинального кратковременного выдерживаемого тока КРУЭ. Пик тока (для трехфазной цепи — наибольшее значение в одной из крайних фаз) должен быть не меньше, чем ток электродинамической стойкости $i_д$, и не должен превышать его более чем на 5 % без согласия изготовителя.

8.6.6.2 При трехфазных испытаниях ток в любой фазе не должен отклоняться от среднего значения в трех фазах более чем на 10 %. Среднее значение периодической составляющей испытательных токов должно быть не менее номинального значения.

8.6.6.3 Испытательный ток $I_т$ следует пропускать в течение времени t_t, равного номинальной длительности $t_{к.з}$ короткого замыкания. Допускается увеличение периодической составляющей тока на значение, составляющее не более 5 % нормированного значения $I_т$.

8.6.6.4 Стойкость оборудования к сквозным токам короткого замыкания оценивают по выдерживаемому оборудованием наибольшему пику тока $i_д$ и произведению среднеквадратичного значения тока в течение опыта $I_т$ на время его протекания $t - I_т^2\ t$.

Допускается определение значения $I_т^2 \cdot t$ из осциллограммы, которое при испытаниях должно быть не менее вычисленного по номинальному току короткого замыкания $I_т$ и номинальной длительности короткого замыкания $t_{к.з}$ и без согласия изготовителя не должно превышать это значение более чем на 10 %.

8.6.6.5 В случае, когда характеристики испытательной установки не обеспечивают нормированных значений пика и действующего значения испытательного тока, допускаются следующие отклонения:

а) если декремент затухания тока короткого замыкания испытательной установки является таким, что нормированное действующее значение периодической составляющей не может быть получено для номинальной длительности тока, допускается, чтобы действующее значение периодической составляющей испытательного тока во время испытания было ниже нормированного значения, а длительность была соответственно увеличена при условии, что значение пика тока не меньше, чем предписанное, а время не превышает 5 с;

б) если для получения требуемого пика тока действующее значение тока увеличивается выше предписанного значения, длительность испытания может быть соответственно уменьшена;

в) если требования а) и б) практически невыполнимы, допускается разделение испытаний на испытания с пиком выдерживаемого тока и испытания с кратковременным выдерживаемым током.

В этом случае проводят два испытания:

- испытания с пиком выдерживаемого тока; время, в течение которого пропускается ток короткого замыкания, должно быть не менее 0,1 с;
- испытания с кратковременным выдерживаемым током; время, в течение которого пропускается ток короткого замыкания, должно быть равно номинальной длительности. Однако допускается отклонение по времени согласно перечислению а).

8.6.7 Состояние КРУЭ во время испытаний

8.6.7.1 Все элементы главной цепи КРУЭ должны быть способны пропускать сквозные токи короткого замыкания без механических повреждений, препятствующих исправной работе оборудования, и отброса контактов.

8.6.7.2 Короткие соединения с трансформаторами напряжения следует рассматривать как часть главной цепи, кроме частей, встроенных в отсек трансформатора напряжения.

8.6.7.3 Температура контактных соединений в режиме сквозного тока не должна превышать 200 °С у соединений проводников из алюмомеди, алюминия и его сплавов, а также у соединений этих проводников с медными проводниками; у соединений медных проводников температура не должна превышать 300 °С, у соединений стальных проводников — 400 °С (по ГОСТ 10434).

8.6.8 Состояние КРУЭ после испытаний

8.6.8.1 После испытания элементы КРУЭ не должны иметь изменений механических характеристик, превышающих допустимые значения, должны сохранять работоспособность, пропускать длительно номинальный рабочий ток без превышения пределов превышения температуры, нормированных ГОСТ 8024, и выдерживать напряжения, установленные для испытаний электрической прочности изоляции.

8.6.8.2 Коммутационные аппараты должны пройти проверку работы механизмов:

а) операцию без нагрузки коммутационный аппарат выполняет немедленно после испытания, и контакты размыкаются при первой попытке;

б) сопротивление главной цепи измеряют согласно 8.3.1 (за исключением заземлителей). Если сопротивление увеличилось более чем на 20 % и если невозможно удостовериться в состоянии контактов визуальным осмотром, следует провести дополнительные испытания на нагрев.

8.6.9 Испытания цепей заземления

8.6.9.1 Цепи заземления КРУЭ должны выдерживать электродинамическое и термическое воздействие сквозных токов короткого замыкания. Заземляющие проводники и заземлители следует испытывать со всеми компонентами, которые оказывают влияние на режим или ток короткого замыкания.

8.6.9.2 После испытания допускается незначительная деформация и ослабление проводников заземления, соединительных элементов и устройств заземления, но непрерывность цепи заземления должна быть сохранена. Не должно быть повреждения элементов конструкции или проводников в оболочке, которые могут нарушить нормальную работу оборудования.

8.7 Проверка степени защиты

8.7.1 Испытания оболочек КРУЭ следует проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 14254. При проверке IP кода испытываемое оборудование должно быть чистым и новым, полностью собрано, как в условиях эксплуатации, со всеми конструктивными элементами, закрепленными так, как это предусмотрено изготовителем.

8.7.2 Необходимость в проведении испытаний на соответствие требованиям настоящего стандарта оболочек (шкафов) аппаратуры управления КРУЭ должен устанавливать изготовитель по согласованию с заказчиком оборудования.

8.8 Испытание на герметичность

8.8.1 Основные положения

8.8.1.1 Измерение расхода изоляционного газа на утечки следует выполнять при испытаниях с каждым типом оборудования КРУЭ при воздействии, вызванном механическими испытаниями или испытаниями на стойкость к воздействию климатических факторов внешней среды.

8.8.1.2 Испытания на герметичность проводят с целью подтверждения того, что расход газа на утечки F не превышает допустимого расхода газа на утечки $F_д$.

8.8.1.3 Испытания на герметичность следует выполнять при заполнении элементов КРУЭ тем же газом и в тех же условиях, которые применимы при эксплуатации, или газом, точность обнаружения которого, экспериментально подтвержденная на том же оборудовании, выше, чем используемый при эксплуатации газ. Испытания могут выполняться на элементах, составных частях или сборочных единицах. В таких случаях расход на утечки всей системы необходимо определять как сумму расходов на утечки составных частей системы. Утечки между сборочными единицами, имеющими разное давление, также следует принимать в расчет.

8.8.1.4 Испытание на герметичность коммутационных аппаратов КРУЭ необходимо выполнять при включенном и отключенном положениях аппарата перед проведением, в процессе проведения и после проведения его испытаний на механический ресурс и стойкость к воздействию климатических факторов внешней среды, контролируя изменение давления в каждом герметичном отсеке. Для обнаружения мест утечки газа допускается использовать метод щупа.

8.8.1.5 Повышенный расход на утечки при низких температурах является допустимым при условии, что расход возвращается к значению не выше, чем максимально допустимое значение при нормальной температуре окружающего воздуха. Повышенный расход на утечки не должен превышать заданный ниже в таблице 11.

Таблица 11 — Нормированные значения утечки газа

Температура, °С	Допустимый расход на утечки
+40 и +50	$3F_д$
Нормальная температура от +10 до +30	$F_д$
При отрицательных значениях температуры:	
–5; –10; –15; –25; –30; –40	$3F_д$
–50	$6F_д$
–60	$10F_д$

8.8.2 Автономные газовые системы давления

8.8.2.1 Метод и программа испытаний на герметичность оборудования с автономной газовой системой давления должны быть указаны производителем в ТУ на изделие.

8.8.2.2 Для измерения расхода на утечки F могут быть использованы методы согласно ГОСТ 24054, которые позволяют в комбинации с картой координации герметичности рассчитать:

- относительный расход на утечки $F_{отн}$;
- время между подпитками T (исключая экстремальные температурные условия или частоту оперирования).

8.8.2.3 Испытание на герметичность считают успешным, если указанные в таблице 11 значения получены в пределах плюс 10 %. Необходимо учитывать неточность измерения при расчете периода времени между подпитками.

8.9 Испытания на электромагнитную совместимость

8.9.1 Испытания на радиопомехи

8.9.1.1 Условия приложения испытательных напряжений при испытании КРУЭ на радиопомехи следует соблюдать по ГОСТ Р 55195.

8.9.1.2 Испытательное напряжение следует прикладывать:

а) во включенном положении — между выводами и заземленной металлической наружной оболочкой КРУЭ;

б) в отключенном положении — между одним выводом и остальными выводами, соединенными с заземленной металлической наружной оболочкой КРУЭ, затем испытывают присоединение следующих выводов, если КРУЭ несимметрично.

Корпус, бак, рама и другие части должны быть присоединены к шине заземляющего контура.

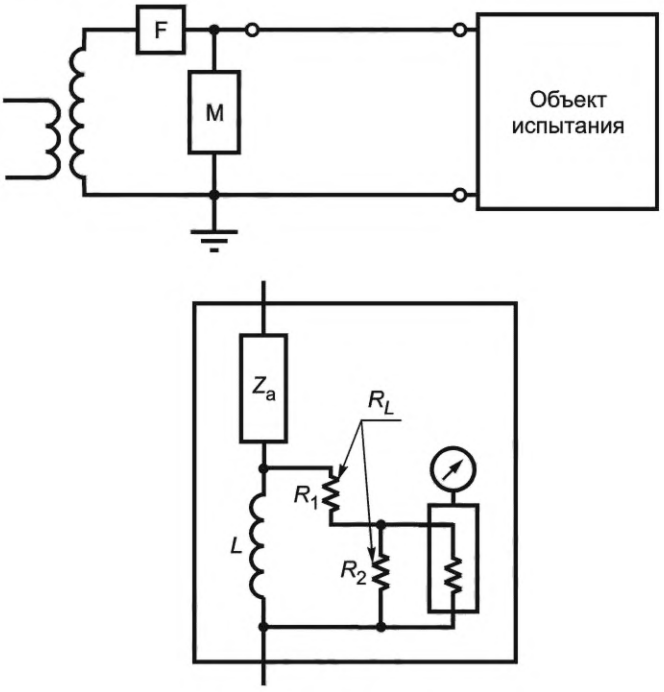
Необходимо принять меры, чтобы избежать влияния на измерения заземленных и незаземленных объектов, расположенных вблизи объекта испытаний, а также испытательных и измерительных цепей.

8.9.1.3 Испытываемое оборудование должно быть сухим и чистым. Его температура должна быть приблизительно равна температуре в помещении, в котором проводят испытание. Во время испытаний КРУЭ должно включать вспомогательное оборудование: делительные конденсаторы, экраны для распределения напряжения и другое оборудование, которое может оказывать влияние на радиопомехи.

8.9.1.4 Испытательное оборудование не должно быть источником радиопомех, значения которых превышают указанные ниже.

Измерительная цепь (см. рисунок 3) должна соответствовать руководящему документу [4].

Измерительную цепь (см. рисунок 3) следует настроить на частоту 0,5 МГц с отклонением в пределах 10 %, допускается использовать частоты в диапазоне от 0,5 до 2 МГц, при этом регистрируют измеряемую частоту. Результаты должны быть выражены в микровольтах.



Устройство блока М:

F — фильтр; R_L — эквивалентное сопротивление R_1, последовательно соединенного с параллельной комбинацией R_2 и эквивалентного сопротивления измерительного прибора; Z_a — может быть или конденсатором, или цепью, состоящей из последовательно соединенных конденсаторов и катушки индуктивности; L — полное сопротивление, используемое для шунтирования токов промышленной частоты и компенсации паразитной емкости при частоте измерения

Рисунок 3 — Схема испытательной цепи для испытания коммутационных аппаратов на радиопомехи

Значение полного сопротивления испытательной цепи должно быть в пределах от 30 до 600 Ом. Фазовый угол не должен превышать 20 электрических градусов. Эквивалентное напряжение радиопомех, отнесенное к 300 Ом, может быть вычислено, предполагая, что измеренное напряжение прямо пропорционально сопротивлению, за исключением испытуемых образцов большой емкости, для которых поправка, внесенная на основании этого предположения, может оказаться неточной. Для КРУЭ с вводами «элегаз-воздух» рекомендуется сопротивление 300 Ом.

8.9.1.5 Фильтр F должен иметь импеданс на измерительной частоте, превышающий значение импеданса между проводником высокого напряжения и землей. Значение его импеданса должно находиться в диапазоне от 10 000 до 20 000 Ом на измерительной частоте. Этот фильтр также снижает радиочастотные токи в испытательной цепи, генерируемые трансформатором высокого напряжения или возникшие от посторонних источников. Необходимо обеспечить уровень внешнего фона радиопомех (уровень радиопомех, вызванных внешним полем и трансформатором высокого напряжения в процессе намагничивания при полном испытательном напряжении), по крайней мере, на 6 дБ и предпочтительно на 10 дБ ниже нормированного уровня радиопомех испытуемого оборудования.

На уровень радиопомех может влиять загрязнение внешней изоляции, допускается протирка изоляторов чистой тканью перед испытаниями.

8.9.1.6 Измерение радиопомех следует выполнять при нормальных климатических условиях по ГОСТ 15150.

Не допускается измерять напряженность поля радиопомех на открытой площадке при дожде, снегопаде, гололеде или наличии влаги на испытуемом объекте.

8.9.1.7 Испытания проводят по приведенной ниже методике.

Напряжение, равное $1{,}1U_{\text{н.р.}}/\sqrt{3}$, прикладывают к КРУЭ и выдерживают в течение 5 мин. Затем напряжение снижают ступенями до $0{,}3\cdot U_{\text{н.р.}}/\sqrt{3}$, снова повышают ступенями до первоначального значения и, наконец, снижают ступенями до $0{,}3\cdot U_{\text{н.р.}}/\sqrt{3}$. Амплитуды ступеней напряжения должны быть приблизительно $0{,}1\cdot U_{\text{н.р.}}/\sqrt{3}$.

На каждой ступени приложенного напряжения проводят измерение радиопомех.

Результаты, полученные в последней серии снижения напряжения, представляют в виде графика зависимости уровня радиопомех от приложенного напряжения. Полученная таким образом кривая является характеристикой радиопомех КРУЭ.

8.9.1.8 КРУЭ считают выдержавшим испытания, если уровень радиопомех при напряжении $1{,}1\cdot U_{\text{н.р.}}/\sqrt{3}$ не превышает 2500 мкВ.

8.9.2 Испытания вспомогательных цепей и цепей управления на помехоустойчивость

8.9.2.1 Испытания на помехоустойчивость следует проводить на характерном конструктивном узле, включающем вспомогательные цепи и цепи управления. Отдельные составные части вспомогательного оборудования испытывают согласно стандартам на данный вид оборудования.

8.9.2.2 Предусматриваются следующие испытания на помехоустойчивость:

- испытания при импульсном электрическом переходном процессе (см. 8.9.2.4). Испытания моделируют условия, вызванные коммутацией во вторичной цепи;
- испытание на устойчивость к воздействию колебательной помехи (см. 8.9.2.5). Испытания моделируют условия, вызванные коммутацией в главной цепи.

Другие испытания на помехоустойчивость не нормированы в настоящем стандарте. Виды испытаний на помехоустойчивость приведены в ГОСТ Р 51317.4.1. В ГОСТ Р 51317.6.5 рассматривают помехоустойчивость на электростанциях и подстанциях высокого напряжения.

Испытания на воздействие радиационных и магнитных полей рассматривают как относящиеся только к специальным случаям.

Примечания

1 Пример специального случая: электронные устройства, размещенные в непосредственной близости от сборных шин коммутационной аппаратуры, заключенной в металлическую оболочку, могут быть подвержены влиянию магнитных полей. В этом случае могут быть выполнены дополнительные мероприятия для обеспечения ЭМС.

2 Пользование радиопередатчиками и сотовыми телефонами вблизи пульта управления при открытой двери может подвергать вспомогательные цепи и цепи управления воздействию радиочастотных электромагнитных полей выше указанного значения и его рекомендуется избегать.

8.9.2.3 Испытания могут быть выполнены:

- на полностью собранных вспомогательных цепях и цепях управления;

- на сборочных единицах, таких как главный шкаф управления, шкаф привода управления и другие;

- на сборочных единицах внутри шкафа, такого как шкаф системы измерений или системы мониторинга.

Отдельное испытание сборочных единиц рекомендуется при большой протяженности внутренних присоединений или взаимном влиянии напряжений между сборочными единицами. Отдельное испытание является обязательным для каждой взаимозаменяемой сборочной единицы.

При любом размещении сборочных единиц в различных местах вспомогательных цепей и цепей управления не требуются дополнительные испытания, кроме типовых испытаний всей системы, при условии, что общая длина проводки и число отдельных проводов, подсоединяющих сборочную единицу к вспомогательным цепям и цепям управления, не больше, чем в испытанной системе.

Взаимозаменяемые сборочные единицы могут быть заменены подобными сборочными единицами без дополнительных испытаний, если:

- соблюдены правила проектирования и установки, приведенные в ГОСТ Р 51317.6.5;

- выполнены типовые испытания на наиболее полной сборочной единице данного типа коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления;

- правила проектирования изготовителя такие же, как для сборочных единиц, прошедших типовые испытания.

8.9.2.4 Испытания при импульсном электрическом переходном процессе

Испытания при импульсном электрическом переходном процессе следует проводить по ГОСТ 30804.4.4 с частотой повторения 5 кГц, порты и присоединения — в соответствии с данным стандартом.

Испытательное напряжение и подсоединение определяются согласно таблице 12.

Таблица 12 — Условия испытаний при импульсном электрическом переходном процессе

Присоединение	Оборудование	Испытательное напряжение, кВ	Соединение
Вывод питания	Линии питания постоянного и переменного тока	2	СРУ
Вывод для заземления пульта	Неэкранированная линия, электрически соединенная с контуром заземления	2	СРУ
Сигнальный вывод	Экранированные и неэкранированные линии, несущие аналоговые и/или цифровые сигналы: - линии управления; - линии связи (например, шины); - линии измерения (например, для трансформаторов)	2	МСЗ или эквивалентные соединительные методы

Примечания

1 СРУ — связующие и развязывающие устройства.

2 МСЗ — мощный соединительный зажим.

8.9.2.5 Испытания на устойчивость к воздействию колебательной помехи

Порты и присоединения при испытаниях — согласно ГОСТ 30804.6.2.

Испытание затухающей колебательной волной следует проводить при 100 кГц и 1 МГц с относительным допуском 30 %.

Примечание — Оперирование разъединителями в КРУЭ может приводить к появлению волны с очень малым фронтом. По этой причине для оборудования вблизи КРУЭ рассматривают дополнительные испытательные частоты (10 и 50 МГц).

Испытания следует проводить в общем и в дифференциальном режиме. Испытательное напряжение и способ соединения — согласно таблице 13.

Таблица 13 — Условия испытаний затухающей колебательной волной

Присоединение	Оборудование	Испытательное напряжение, кВ	Соединение
Силовой вывод	Линии связи постоянного и переменного тока	Дифференциальная схема — 1,0 Общий случай — 2,5	СРУ СРУ
Сигнальный вывод	Экранированные и неэкранированные линии, несущие аналоговые и/или цифровые сигналы: - линии управления; - линии связи (например, шины); - линии измерения (например, для измерительных трансформаторов)	Дифференциальная схема — 1,0 Общий случай — 2,5	СРУ СРУ или эквивалентный метод соединения
Примечание — СРУ — связующие и развязывающие устройства.			

8.9.2.6 Поведение вспомогательных цепей и цепей управления во время и после испытаний

Вспомогательные цепи и цепи управления должны выдерживать испытания согласно 8.9.2.4 и 8.9.2.5 без устойчивого повреждения. После испытаний они должны быть полностью работоспособными. Временная утрата части функционирования допускается в соответствии с таблицей 14.

Таблица 14 — Критерии оценки испытаний вспомогательных цепей и цепей управления

Наименование функции		Критерий (примечание)
Защита, дистанционная защита		A
Аварийная сигнализация		B
Наблюдение		B
Команда и управление		A
Измерение		B
Подсчет		A
Обработка данных	для быстродействующих систем защиты	A
	для общего применения	B
Информация		B
База данных		A
Обработка		B
Мониторинг		B
Человеко-машинный интерфейс		B
Самодиагностика		B
Функции обработки, мониторинга и самодиагностики, которые проводятся в реальном времени и выполняются частью цепей подачи команды и управления, должны соответствовать критерию A.		
Примечание — Критерии — в соответствии с ГОСТ 30804.6.2. Требования и методы испытаний — см. [5]: A — нормальное функционирование в установленных пределах; B — временное снижение или утрата функции или характеристики, которые восстанавливаются самостоятельно.		

8.9.3 Дополнительные испытания на помехоустойчивость для вспомогательных цепей и цепей управления

8.9.3.1 Общие положения

Дополнительные испытания на помехоустойчивость предусмотрены для квалификации всего узла без повторения отдельных испытаний составных частей. Повторные испытания на составных частях, которые выпускаются по отдельным стандартам и имеют свои соответствующие номинальные параметры, повторять не требуется.

8.9.3.2 Испытания на выводах цепи постоянного тока на устойчивость к пульсации напряжения

Испытание электрических и электронных составных частей следует проводить по ГОСТ Р 51317.4.17.

Необходимость таких испытаний для некоторых видов оборудования (не относится к двигателям, разъединителям с двигательным приводом и т. д.) устанавливает изготовитель.

Стандарты для коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления должны устанавливать необходимость таких испытаний для некоторых видов оборудования (не относится к двигателям, разъединителям с двигательным приводом и т. д.).

Испытательное воздействие относится к классу 2, а частота пульсации равняется трехкратной номинальной частоте.

Критерий оценки — «нормальные характеристики в пределах установленных ограничений» (критерий А).

8.9.3.3 Испытания на устойчивость к кратковременным понижениям напряжения, кратковременным перерывам и колебаниям напряжения на выводах цепи питания

Испытания при кратковременном понижении напряжения, кратковременных перерывах и колебаниях напряжения на выводах цепи питания переменного тока следует проводить по ГОСТ 30804.4.11.

8.10 Испытания вспомогательных цепей и цепей управления

8.10.1 Основные положения

Повторные испытания вспомогательных цепей и цепей управления на составных частях, которые выпускаются по отдельным стандартам и имеют свои соответствующие номинальные параметры, проводить не следует.

8.10.2 Испытания на функционирование

Испытания проводят для подтверждения исправности действия вспомогательных цепей и цепей управления совместно с другими частями КРУЭ. Должны быть проверены установки реле и датчиков.

Методика испытаний определена в стандартах для элементов КРУЭ.

Испытания считают удовлетворительными, если отказы в работе вспомогательных устройств не зафиксированы, оборудование находится в рабочем состоянии и если усилие, необходимое для управления коммутационными аппаратами, остается практически одинаковым до и после испытаний. Допускается испытания на функционирование вспомогательных цепей и цепей управления совмещать с механическими испытаниями коммутационных аппаратов.

Испытания на функционирование цепей низкого напряжения сборочных единиц и элементов КРУЭ допускается не выполнять, если они проводятся на полностью собранной ячейке КРУЭ.

8.10.3 Испытания на электрическую непрерывность заземленных металлических частей

Непрерывность заземленных металлических частей оболочек, металлических перегородок до установленной точки заземления следует проверять при постоянном токе 30 А.

Падение напряжения должно быть менее 3 В.

8.10.4 Подтверждение рабочих характеристик вспомогательных контактов

8.10.4.1 Вспомогательные контакты, включенные во вспомогательные цепи, необходимо подвергнуть нижеприведенным испытаниям, если оборудование не прошло полные типовые испытания как функциональная единица.

8.10.4.2 Номинальные токи вспомогательных контактов

Испытания должны подтвердить способность предварительно замкнутых контактов длительно пропускать номинальное значение тока (см. 8.5.2).

Цепь следует замыкать и размыкать средствами, независимыми от испытуемых контактов. Контактные соединения вспомогательных цепей и цепей управления должны соответствовать 5.8.9.5. Контакты должны проводить соответствующий их классу номинальный длительный ток без превышения температуры, допустимой для материалов контактов и рабочей окружающей среды.

8.10.4.3 Нормированный кратковременный выдерживаемый ток вспомогательных контактов

Испытания должны подтвердить значение тока, который предварительно замкнутые вспомогательные контакты способны проводить в течение короткого предписанного времени.

Цепь следует замыкать и размыкать средствами, не зависимыми от испытуемых контактов. При активной нагрузке контакты должны проводить соответствующий их классу нормированный кратковременный выдерживаемый ток в соответствии с таблицей 7 (5.8.9.6) в течение 30 мс.

Нормированное значение тока должно быть достигнуто за время, не превышающее 5 мс после начала его протекания. Относительная погрешность для амплитуды испытательного тока должна быть плюс 5 %, а относительная погрешность длительности испытательного тока — плюс 10 %.

Испытания следует повторить 20 раз с интервалом в одну минуту между опытами. Значение сопротивления контактов должно быть измерено до и после испытаний при температуре окружающей среды.

Допускается увеличение сопротивления не более чем на 20 %.

8.10.4.4 Отключающая способность вспомогательных контактов

Испытание должно подтвердить отключающую способность вспомогательных контактов.

Цепь должна быть замкнута средствами, не зависимыми от испытуемых контактов. При индуктивной нагрузке контакты следует проводить в течение 5 с и отключать ток, соответствующий их классу (см. таблицу 7, 5.8.3.5). Относительная погрешность для испытательного напряжения должна быть не хуже, чем плюс 10 %, а относительная погрешность для амплитуды испытательного тока — не хуже, чем плюс 5 %.

Для всех классов постоянная времени цепи не должна быть менее чем 20 мс, с относительной погрешностью не хуже, чем плюс 20 %. Испытание следует повторить 20 раз с интервалом в 1 мин. Возвращающееся напряжение необходимо выдержать во время интервала в 1 мин и в течение (300 ± 30) мс после последней операции.

Значение сопротивления контактов должно быть измерено до и после испытаний контактов при температуре окружающей среды. Увеличение сопротивления не должно превышать 20 %.

8.10.5 Испытания на устойчивость к внешним воздействующим факторам

8.10.5.1 Испытания на устойчивость к внешним воздействующим факторам следует проводить для определения:

- эффективности принятых мер по обеспечению нормальной работы вспомогательных цепей и цепей управления при воздействии внешних климатических факторов и вибрации;
- правильности функционирования вспомогательных цепей и цепей управления в пределах полного диапазона фактических условий эксплуатации внутри оболочек.

8.10.5.2 Испытания на устойчивость к внешним воздействующим климатическим факторам проводят по ГОСТ 16962.1, на устойчивость к вибрации и сейсмостойкость — по ГОСТ 16962.2.

8.10.5.3 Испытания необходимо проводить на всех частях вспомогательного оборудования и оборудования управления при условиях, соответствующих условиям работы в полностью собранном КРУЭ.

Все испытания следует проводить на одном и том же комплекте оборудования.

Допускается не проводить отдельных испытаний на воздействие условий окружающей среды для вспомогательных цепей и цепей управления, если они перекрываются испытаниями полностью собранного КРУЭ.

8.10.5.4 Испытания на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам предпочтительно проводить с полностью собранными вспомогательными цепями и цепями управления. Такие испытания, проведенные на характерной составной части комплекта вспомогательных цепей и цепей управления, рассматривают как подтверждающие правильность функционирования подобных комплектов вспомогательных цепей и цепей управления, относящихся к той же серии КРУЭ.

Примечание — Для возможности распространения результатов испытаний на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам при изменении номинального напряжения вспомогательных цепей и цепей управления, разработанных для меньших значений номинальных напряжений питания, испытания проводят на оборудовании с наибольшим напряжением питания.

Испытания на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам вспомогательных цепей и цепей управления необходимо проводить при включенных устройствах подогрева, если в документации не оговорено иное.

В конце цикла испытаний, за исключением испытаний на воздействие вибрации, вспомогательные цепи и цепи управления следует проверить на способность функционировать в соответствии с установленными условиями.

Набор функций, подлежащих проверке в конце испытаний, определяет изготовитель.

В случае необходимости дополнительных испытаний КРУЭ, содержащего электронное оборудование и устройства, при специальных условиях окружающей среды, то их следует проводить по ГОСТ 16962.1. Дополнительные испытания в условиях повышенной влажности следует проводить по ГОСТ Р 51369.

После завершения испытаний для подтверждения отсутствия снижения характеристик в процессе испытаний необходимо повторить испытания электрической прочности изоляции напряжением промышленной частоты.

Испытания следует проводить при приложении напряжения:

а) между вспомогательными цепями и цепями управления, соединенными вместе как целое и рамой коммутационного устройства;

б) если практически осуществимо, между каждой частью вспомогательной цепи и цепью управления, которая при нормальном использовании может быть изолирована от остальных частей, и остальными частями, соединенными вместе, и основанием.

Значение испытательного напряжения — 2 кВ, длительность приложения напряжения — 1 мин.

Вспомогательные цепи и цепи управления считают выдержавшими испытания, если во время испытаний не произошло полного разряда.

Испытательное напряжение двигателей и других устройств, например, электронного оборудования, используемых во вспомогательных цепях и цепях управления, должно быть таким же, как испытательное напряжение этих устройств. Если такая аппаратура уже была испытана, она может быть отсоединена при проведении этих испытаний.

8.11 Испытание для проверки радиационного излучения вакуумных камер

8.11.1 Требования к вакуумным дугогасительным камерам

Испытания для определения излучения вакуумных дугогасительных камер следует проводить на новых камерах.

Уровень радиации, излучаемой вакуумными дугогасительными камерами, должен соответствовать требованиям подраздела 6.1.

8.11.2 Монтаж испытуемого образца

Вакуумная камера должна быть смонтирована в испытательном приспособлении, сконструированном таким образом, чтобы можно было установить рекомендуемый минимальный промежуток между разомкнутыми контактами и приложить испытательное напряжение к одному выводу при заземленном другом выводе.

Вакуумные камеры, сконструированные для работы в изолирующей среде, отличающейся от воздуха (масле или элегазе), можно испытывать в этой среде, если это необходимо, чтобы выдерживать испытательное напряжение.

Контейнер для изоляционной среды должен состоять из изоляционного материала с радиационным поглощением не более чем у метилметакрилата толщиной 9,5 мм. Изоляционная среда между вакуумной камерой и дозиметром, которая требуется для обеспечения электрической прочности изоляции, должна быть минимальных размеров.

8.11.3 Дозиметр

Необходимо использовать радиочастотный экранированный показывающий уровень радиации прибор со следующими минимальными техническими характеристиками:

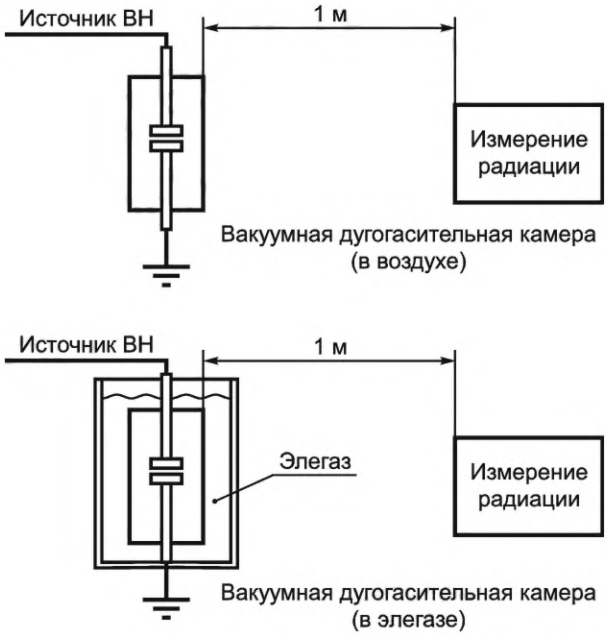
- точность измерения — способность измерять излучение от 5 мкЗв/ч до 150 мкЗв/ч с погрешностью не хуже, чем ±25 %, и временем отклика, не превышающим 15 с;
- энергия срабатывания — от 12 кэВ до 0,5 МэВ с погрешностью не хуже, чем ±15 %;
- площадь зоны чувствительности — до 100 $см^2$.

8.11.4 Расположение дозиметра

Чувствительный элемент дозиметра следует расположить в плоскости разведенных контактов на расстоянии 1 м от ближайшей наружной поверхности вакуумной камеры (см. рисунок 4). Если электрическая безопасность требует расположения дозиметра на расстоянии более чем 1 м, записывающий прибор должен быть настроен по закону обратной пропорциональности квадрату расстояния следующим образом:

$$R(1m) = R(d) \cdot d^2, \quad (2)$$

где $R(d)$ — измеренный уровень радиации на расстоянии d от наружной поверхности вакуумной камеры, м.



ВН — высокое напряжение

Рисунок 4 — Место монтажа дозиметра

8.11.5 Испытательное напряжение и методика измерения

После установки вакуумной камеры в испытательном приспособлении контакты блокируются в отключенном положении при минимальном нормированном промежутке между контактами. Дозиметр устанавливают в положение, показанное на рисунке 4, и к промежутку между контактами прикладывают напряжение, равное наибольшему рабочему напряжению вакуумной дугогасительной камеры. Уровень радиации необходимо прочитать на дозиметре не менее чем через 15 с.

Затем напряжение на контактах вакуумной камеры следует повысить до значения, равного испытательному напряжению промышленной частоты U. Уровень радиации необходимо прочитать на дозиметре не менее чем через 15 с.

8.12 Испытание на коммутационную способность

8.12.1 Коммутационные аппараты, образующие часть главной цепи КРУЭ, следует испытывать для подтверждения их включающей и отключающей способностей в условиях установки и применения, согласно стандартам, указанным ниже. Они должны быть нормально установлены в КРУЭ со всеми взаимодействующими компонентами, расположение которых может влиять на функционирование, такими как соединения, опоры и т. д.

8.12.2 Выключатели

Выключатели следует испытывать на коммутационную способность в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52565, за исключением коммутационных режимов ненагруженных воздушных линий для выключателей номинальных напряжений 330 кВ и выше. Испытания выключателей номинальных напряжений 330 кВ и выше в режимах коммутации ненагруженных воздушных линий проводятся по ГОСТ 12450.

8.12.3 Разъединители

8.12.3.1 Разъединители, применяемые в КРУЭ, необходимо испытывать на коммутацию уравнительных и зарядных токов сборных шин.

8.12.3.2 Значение номинального уравнительного тока сборных шин должно составлять 80 % номинального тока, но не должно превышать 1600 А.

8.12.3.3 Номинальные уравнительные напряжения, при которых разъединители КРУЭ должны коммутировать уравнительные токи, приведены в 5.6.3 таблицы 2.

Метод испытаний — по ГОСТ Р 52726, 8.15.2.1—8.15.2.7, 8.15.2.9.

Примечание — При испытаниях одного полюса трехполюсного разъединителя с общей оболочкой для всех полюсов два других полюса аппарата должны быть заземлены на обоих выводах.

8.12.3.4 Разъединители, применяемые в КРУЭ, должны включать и отключать зарядные токи сборных шин, значение которых указано в 5.6.3.3.

Методы испытаний изложены в 8.12.3.5.

8.12.3.5 Методы испытаний разъединителей на коммутацию зарядных токов сборных шин.

Разъединители, предназначенные для испытаний на коммутацию зарядных токов сборных шин, должны соответствовать нормированным им характеристикам при минимальном напряжении управления и/или при минимальном давлении (плотности) газа. Времена включения и отключения должны быть зарегистрированы.

Испытания разъединителя должны проводиться при минимальном давлении (плотности) газа. Смежные с разъединителем отсеки должны быть заполнены газом при минимальном рабочем давлении. Пауза между операциями должна соответствовать инструкции изготовителя.

Разъединитель должен быть установлен в схеме испытаний так, чтобы она соответствовала наиболее жестким условиям испытаний, принимая во внимание несимметричную конструкцию межконтактного промежутка аппарата. При однополюсных испытаниях трехполюсного разъединителя допускается изменение скорости подвижного контакта в операциях в пределах ±15 %. Для разъединителя с расположением трех полюсов в общей оболочке необходимы испытания всех полюсов, при этом один из полюсов включается в испытательную схему, а у двух других полюсов должны быть заземлены оба вывода.

При испытаниях допускается отклонение частоты 50 Гц в пределах ±10 %.

Испытательные напряжения при коммутациях должны быть приложены и поддерживаться, по крайней мере, в течение 0,3 с перед и после выполнения операции. Нагрузочная сторона схемы не должна заземляться между операциями «О» и «В».

Испытательные напряжения при коммутациях зарядных токов в нормируемых режимах должны соответствовать данным таблицы 15.

Таблица 15

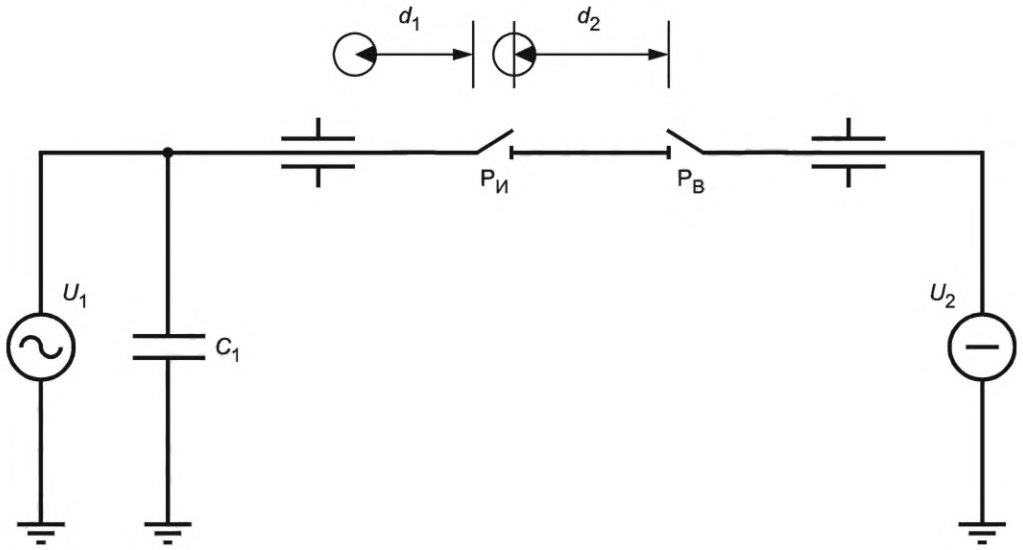
Испытательный режим	Напряжение на стороне источника питания U_1	Напряжение на стороне нагрузки U_2
1	$1{,}1U_н/\sqrt{3}$	Перед разрядом отрицательное постоянное напряжение $1{,}1U_н/\sqrt{3}$
2	$1{,}1U_н/\sqrt{3}$	Переменное напряжение промышленной частоты в противофазе $1{,}1U_н/\sqrt{3}$
3	$U_н/\sqrt{3}$	—

Разъединители, предназначенные для работы в режимах испытаний 2 и 3, производятся по запросу заказчика.

Испытание разъединителя в режиме 1.

Схема испытаний представлена на рисунке 5.

Участки сборных шин представляют: d_1 — разомкнутый контакт испытываемого разъединителя $Р_И$ с присоединением к выводу; d_2 — разомкнутый контакт испытываемого разъединителя $Р_И$ с присоединением к разомкнутому контакту вспомогательного разъединителя $Р_В$. Нагрузка представлена участком сборных шин d_2 длиной 3 м — 5 м, источник питания — участком сборных шин d_1. Чтобы получить высокочастотный процесс, отношение d_2/d_1 должно находиться в пределах 0,36—0,52. Значение емкости $С_1$ выбирается из условия получения максимального значения напряжения на выводах разъединителя $1{,}4\ U_н/\sqrt{3}$ (с допуском 5 %) при операции «В» с временем достижения максимума 500 нс. Целесообразно провести проверку, проведя предварительные испытания при напряжении источника $U_н/\sqrt{3}$ и без заряда на нагрузке с применением прямых измерений пика напряжения.



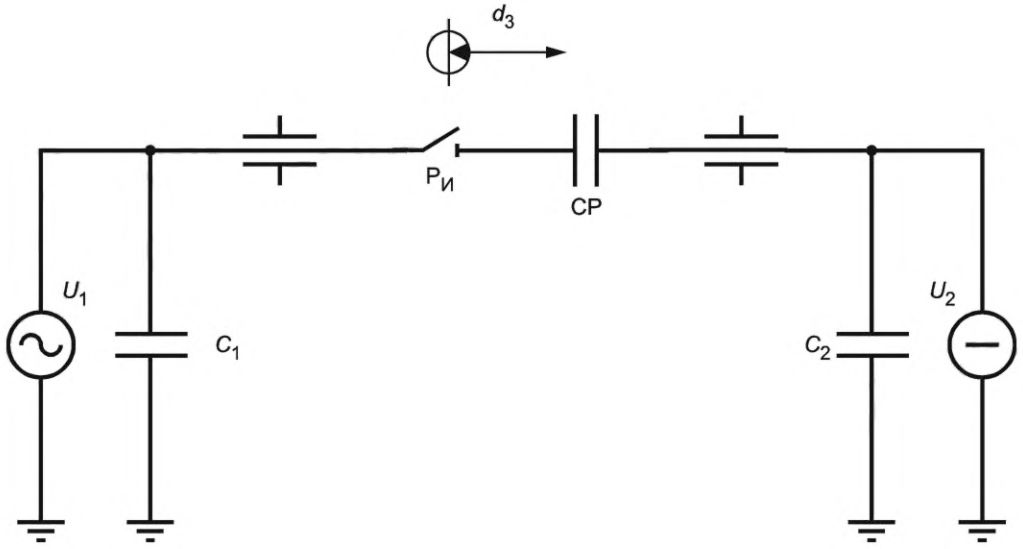
$P_И$ — испытываемый разъединитель; $P_В$ — вспомогательный разъединитель; U_1 — источник напряжения схемы; U_2 — источник постоянного напряжения; C_1 — емкость

Рисунок 5

При проведении испытаний перед операцией «В» на нагрузке должен быть создан заряд постоянного напряжения (значение указано выше) и отключен вспомогательный разъединитель $P_В$. Если испытывается разъединитель с резистором, последний должен быть закорочен, чтобы обеспечить протекание высокочастотного процесса.

Испытание разъединителя в режиме 2.

Схема испытаний представлена на рисунке 6.



$P_И$ — испытуемый разъединитель; СР — конденсатор делителя напряжения выключателя; U_1 — источник напряжения схемы; U_2 — источник создания напряжения в противофазе; C_1 — емкость источника питания напряжения; C_2 — емкость

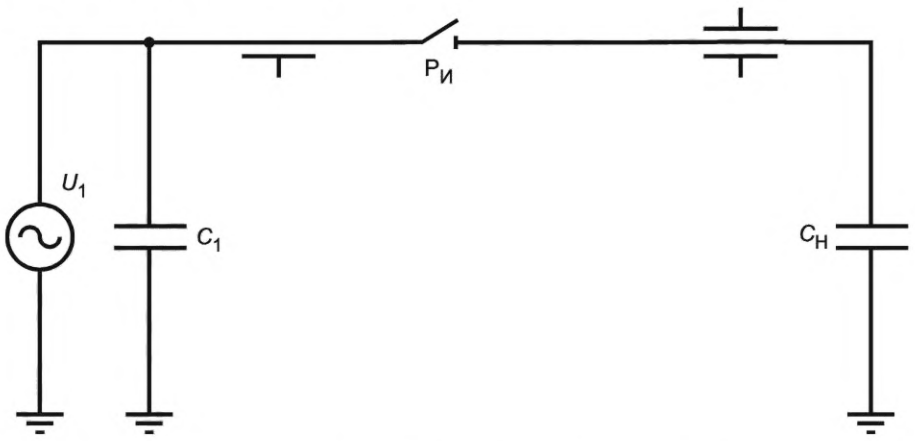
Рисунок 6

Шунтирующая емкость выключателя СР может быть представлена реальным выключателем с делительными конденсаторами или эквивалентной емкостью, равной используемой на выключателе. В схеме должно быть обеспечено наикратчайшее расстояние d_3 между конденсатором СР и разъединителем $P_И$. Длины других частей испытательной схемы не устанавливаются, но должны быть как можно короче, чтобы оказывать наименьшее влияние на емкость испытательной цепи. Емкость C_1 (со стороны

источника напряжения) должна быть не менее 400 пФ, а отношение C_1/C_2 должно быть в пределах от 4 до 6.

Испытание разъединителя в режиме 3.

Схема испытаний представлена на рисунке 7.



$Р_И$ — испытываемый разъединитель; U_1 — источник напряжения схемы; C_1 — емкость источника питания напряжения; $C_Н$ — емкостная нагрузка, эквивалентная емкости коммутируемых сборных шин

Рисунок 7

Значения длин участков сборных шин в схеме не существенны. Емкость $C_Н$ на стороне нагрузки определяет значения коммутируемых токов, нормируемые значения которых приведены в 3.6.3.3, таблица 3. Для снижения резонансного эффекта, в связи с высоким импедансом источника питания, применяется конденсатор C_1. Иные условия, связанные с переходным процессом при коммутациях, определяются по согласованию между изготовителем и заказчиком.

Нормированное количество опытов «В» и «О» при испытаниях разъединителей:

- для разъединителей со скоростями в момент размыкания контактов менее 1 м/с во всех режимах количество «В» и «О» — 50;
- для разъединителей со скоростями в момент размыкания контактов 1 м/с и более количество «В» и «О» для всех режимов — 200.

Примечания

1 Для режима 1, если невозможно определить наиболее жесткие условия проведения испытаний, нормированное количество опытов должно быть выполнено для обоих вариантов подсоединения выводов аппарата в схеме.

2 Допускается снизить нормированное количество опытов в режиме 1, если увеличить напряжение источника до значения $1{,}2U_н/\sqrt{3}$, а заряд на нагрузочной стороне — до минус $1{,}2\ U_н/\sqrt{3}$).

8.12.4 Заземлители

8.12.4.1 Заземлители, предназначенные для заземления линий электропередачи, следует испытывать на коммутацию наведенных токов (см. 5.6.4, таблица 4), возникающих в отключенных и заземленных линиях в результате индуктивного и емкостного взаимодействий с соседними линиями, находящимися под напряжением.

8.12.4.2 Номинальные индуктивные и емкостные токи, наведенные электромагнитным и электростатическим полями соответственно, номинальные наведенные напряжения, при которых заземлители должны включать и отключать вышеуказанные токи, должны соответствовать требованиям 5.6.4 (таблица 4). Методы испытаний по коммутированию наведенных токов должны соответствовать 8.16 ГОСТ Р 52726—2007.

Примечания

1 В 8.16.2.1 ГОСТ Р 52726—2007, в первом абзаце, фразу «при минимальном давлении воздуха» следует рассматривать как «при минимальном давлении газа».

2 В пунктах 8.16.2.4 и 8.16.2.5 ГОСТ Р 52726—2007 даны ссылки на таблицу 5, значения в которой эквивалентны данным таблицы 4 в 5.6.4 настоящего стандарта.

3 Ссылку в последнем предложении 8.16.2.10 ГОСТ Р 52726—2007 на ГОСТ 1516.3 следует читать «ГОСТ Р 55195».

8.12.4.3 Заземлители, для которых установлен номинальный ток включения на короткое замыкание, необходимо испытывать на включающую способность при этом токе. Требования к включающей способности — согласно 5.6.4 (таблица 5). Методы испытаний заземлителей на включающую способность должны соответствовать следующим основным положениям:

- испытаниям подвергаются заземлители классов Е1 и Е2. Трехполюсные заземлители должны быть испытаны в трехфазной схеме;
- испытания должны производиться при минимальном напряжении питания цепей управления и давлении сигнализации газа $P_{сиг.из}$;
- испытательное напряжение должно равняться при трехфазных испытаниях среднему значению линейного напряжения $U_{н.р}$, но не должно превышать 1,1 $U_{н.р}$; при однофазных испытаниях испытательное напряжение должно быть не менее $U_{н.р}/\sqrt{3}$, но не более 1,1 $U_{н.р}/\sqrt{3}$;
- ток включения при испытаниях должен соответствовать нормированному току включения, соответствующему ТУ на данный заземлитель, и его значение составлять от 1 до 1,1 нормированного значения. Длительность испытательного тока должна составлять 0,2 с;
- испытания должны быть проведены при минимальной амплитуде испытательного напряжения с допуском от минус 30 до плюс 15 электрических градусов (при симметричном токе) и при нулевом значении испытательного напряжения без предварительного дугового разряда (при максимальном значении тока короткого замыкания);
- порядок проведения испытаний должен предусматривать для заземлителей класса Е1 последовательность из двух операций «В» с одиночной холостой операцией «О» между ними («В» — «О» (без нагрузки) — «В») и для класса Е2 последовательность операций 2 «В» — х—2 «В» — у—1 «В», операция 2 «В» состоит из («В» — «О»(без нагрузки) — «В»).

Во время проведения испытаний обслуживание заземлителей не допускается.

После проведения испытаний заземлителей на включающую способность контактные части, механизмы и приводы заземлителей должны быть работоспособны.

Примечание — Допускаются альтернативные методы испытаний заземлителей на включающую способность, воспроизводящие реальные условия процесса — номинальный ток включения и испытательное напряжение при предварительном пробое межконтактного промежутка. Используется применение синтетической схемы двух источников с параметрами, соответствующими нормированным значениям для заземлителя по току и напряжению. Другие методы предусматривают испытания при пониженном напряжении как источника тока, но с источником напряжения, создающим напряжение для пробоя межконтактного промежутка, так и при пониженном напряжении и давлении газа, при которых обеспечивается нормированный ток включения, либо при пониженном напряжении и нормированном токе включения достигается пробой межконтактного промежутка с помощью введенной в него инициирующий пробой плавкой проволочки диаметром 0,5 мм.

8.13 Испытания на стойкость к воздействию температуры окружающей среды

8.13.1 Испытания при верхнем и нижнем значениях температуры внешней среды проводят в объеме испытаний на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам по ГОСТ 16962.1 с учетом требований ГОСТ 15543.1 и ГОСТ 17412.

Применяемые методы испытаний должны указываться в ТУ на конкретные виды изделий, в соответствии с ГОСТ 30630.0.0. После испытательных циклов необходимо зарегистрировать:

- давление газов, содержащихся в оболочке;
- утечку газа за период 24 ч.

8.14 Квалификационные испытания оболочек

8.14.1 Квалификационные испытания оболочек проводит изготовитель, если их прочность или прочность их частей не подтверждены расчетами.

Квалификационные испытания проводят на отдельных оболочках, в которых не установлены внутренние элементы, при давлениях, зависящих от расчетного давления, материала и условий изготовления оболочки. Допускается проводить испытания как разрушающим, так и неразрушающим методом, в зависимости от применяемого материала.

8.14.2 В 8.14.3 и 8.14.4 представлены методы и значения испытательных давлений, рекомендуемые для квалификационных испытаний оболочек КРУЭ на номинальные напряжения 110 кВ и выше. Значения этих испытательных давлений основаны на опыте международных изготовителей КРУЭ.

8.14.3 Разрушающий метод испытания давлением

8.14.3.1 При испытании скорость повышения давления не должна превышать 400 кПа/мин.

8.14.3.2 Для литого алюминия и алюминиевых оболочек сложных форм испытательное давление вычисляют по формуле

$$(3,5/0,7)\ P_{\text{расч}}. \tag{3}$$

Примечание — $P_{\text{расч}}$ — расчетное давление. Коэффициент 0,7 введен для учета возможного отклонения в производстве отливок. Допускается увеличить коэффициент до 1,0, если это может быть подтверждено специальными испытаниями материала.

8.14.3.3 Для сварного алюминия и сварных стальных оболочек давление типового испытания вычисляют по формуле

$$(2,3/v)\ (\sigma_t/\sigma_a)\ P_{\text{расч}}, \tag{4}$$

где v — коэффициент сварки, равный 1, при ультразвуковой дефектоскопии или радиографическом контроле 10 % сварных секций и 0,75 — при визуальном контроле;

σ_t — допустимое расчетное напряжение при испытательной температуре;

σ_a — допустимое расчетное напряжение при расчетной температуре;

$P_{\text{расч}}$ — расчетное давление.

8.14.3.4 Любую оболочку, остающуюся неповрежденной после воздействия давления, не следует использовать по назначению.

8.14.4 Неразрушающий метод испытания давлением

8.14.4.1 В случае неразрушающего испытания давлением с применением метода определения деформации необходимо применять следующую процедуру.

8.14.4.2 Перед испытанием датчики деформации, способные регистрировать деформации в диапазоне ±50 млн$^{-1}$, должны быть установлены на поверхности оболочки. Число датчиков, их положение, направление и метрологические характеристики следует выбрать так, чтобы напряжения и нагрузки могли быть определены во всех точках, важных для определения целостности оболочки.

8.14.4.3 Гидростатическое давление необходимо повышать поэтапно примерно по 10 % до достижения стандартного испытательного давления или до появления значительной деформации какой-либо части оболочки.

8.14.4.4 Стандартное испытательное давление должно быть в k раз больше расчетного, причем k равно:

- 1,3 — для сварных алюминиевых и сварных стальных оболочек;
- 2,0 — для литых алюминиевых и составных алюминиевых оболочек.

8.14.4.5 Испытательное давление выдерживают 1 мин.

8.14.4.6 При достижении стандартного испытательного давления далее давление не повышается.

8.14.4.7 Необходимо регистрировать давление при его увеличении и во время разгрузки. Локальную деформацию допускается не учитывать, если нет признаков общего разрушения оболочки.

8.14.4.8 Если кривая соотношения деформации/давления покажет нелинейность, давление может быть приложено снова, но не более пяти раз, пока нагрузочные и разгрузочные кривые, относящиеся к двум последовательным циклам, в значительной степени не совпадут. Если не будет совпадения, расчетное давление и испытательное давление должны быть взяты из диапазона давлений, относящегося к линейной части кривой, полученной во время конечной разгрузки.

8.14.4.9 Расчетное давление считают подтвержденным, если полученное значение стандартного испытательного давления лежит на линейной части кривой зависимости деформации/давления.

8.14.4.10 Если конечное испытательное давление или диапазон давлений, относящиеся к линейной части соотношения деформации/давления (см. выше) меньше, чем стандартное испытательное давление, расчетное давление вычисляют по формуле

$$P = \frac{1}{1,1k} \cdot \left(p_{\text{y}} \cdot \frac{\sigma_a}{\sigma_t} \right), \tag{5}$$

где P — расчетное давление;

p_{y} — давление, при котором появляется значительная упругость оболочки в диапазоне давления, соответствующего линейной части соотношения деформация/давление во время конечной разгрузки;

σ_t — допустимое расчетное напряжение при температуре испытания;

σ_a — допустимое расчетное напряжение при расчетной температуре;

k — коэффициент в соответствии с 8.14.4.4.

8.14.4.11 Допускается согласовывать альтернативные методики для неразрушающих испытаний давлением.

8.15 Испытания перегородок давлением

8.15.1 Испытания подтверждают запас прочности перегородок, находящихся под давлением в условиях эксплуатации.

8.15.2 При испытании изоляторы следует установить аналогично условиям эксплуатации. Давление необходимо повышать со скоростью не более 400 кПа/мин до достижения испытательного значения.

8.15.3 Давление при испытании должно быть в три раза больше расчетного давления.

8.16 Испытание на стойкость оболочек элементов КРУЭ в условиях горения дуги при внутреннем коротком замыкании

8.16.1 Критерии проверки

8.16.1.1 Соответствие характеристик требованиям 5.7 (таблица 6) должно быть подтверждено изготовителем результатами испытаний КРУЭ или расчетами, основанными на экспериментальных данных, полученных при испытаниях аналогичного образца. Допускается по согласованию между изготовителем и потребителем распространение результатов испытаний на КРУЭ, имеющее аналогичную конструкцию, но другие размеры и форму и/или другие испытательные параметры, при этом должны быть согласованы методы оценки между изготовителем и потребителем.

8.16.1.2 Ток дуги должен быть равен номинальному кратковременному выдерживаемому току КРУЭ.

8.16.1.3 Установлены два критерия оценки защищенности оборудования от повреждения внутренней дугой. Первый соответствует продолжительности протекания тока при срабатывании первой (главной) степени стойкости к внутреннему дуговому повреждению, а второй относится ко второй степени стойкости к внутреннему дуговому повреждению. Степени стойкости к внутреннему дуговому повреждению разнятся длительностью воздействия тока и допускаемыми внешними эффектами (см. 5.7.1.4).

8.16.1.4 КРУЭ следует считать прошедшим испытания, если оба критерии состояния, приведенные в таблице 6, удовлетворены.

8.16.1.5 Для оценки результатов испытания длительность испытания должна быть, по крайней мере, равна времени второй степени стойкости к внутреннему дуговому повреждению (см. 5.7.1.4, таблица 6).

8.16.1.6 Если второй критерий удовлетворяется с прожогом оболочки и момент прожога с нужной достоверностью определить затруднительно, допускается удовлетворение первому критерию подтвердить отдельным испытанием с временем протекания тока, соответствующим первой степени стойкости к внутреннему дуговому повреждению.

8.16.2 Условия проведения испытаний

8.16.2.1 При выборе испытуемого объекта следует руководствоваться чертежами КРУЭ. Следует выбирать отсеки с наименьшей способностью выдерживать давление и превышение температуры в случае возникновения дуги.

8.16.2.2 В любом случае должны быть соблюдены следующие положения:

а) испытания следует проводить на устройстве, ранее не подвергавшемся испытаниям дугой; ранее испытанные дугой устройства необходимо восстановить с тем, чтобы условия предстоящих испытаний дугой не ухудшались, но и не становились более легкими;

б) испытуемый объект должен быть полностью оборудован и оснащен всеми защитными устройствами, в том числе устройствами для сброса давления, короткозамыкателями и другими устройствами, предусмотренными изготовителем для ограничения эффектов дуги. Допускается проводить испытания на макетах при условии, что они имеют такой же объем, материалы и будут реагировать на дугу так же, как и само оборудование;

в) испытуемый объект должен быть наполнен используемым в КРУЭ изолирующим газом при номинальной плотности заполнения.

8.16.2.3 Однополюсные оболочки следует подвергать однофазному испытанию, а трехполюсные оболочки — трехфазному.

8.16.2.4 Напряжение

Испытание можно проводить при приложении напряжения более низкого, чем номинальное напряжение испытуемого объекта при соблюдении следующих условий:

а) ток дуги должен быть практически синусоидальным;

б) дуга не должна гаситься преждевременно.

8.16.2.5 Ток

а) Периодическая составляющая

Допуск на периодическую составляющую тока в начале испытания должен быть в пределах плюс 10 %. Во время действия первой степени стойкости к внутреннему дуговому повреждению допуск должен быть в интервале ±10 %, а во время действия второй степени стойкости к внутреннему дуговому повреждению ток не должен быть менее 80 % установленного значения при условии, что среднее значение периодической составляющей тока не меньше установленного значения тока короткого замыкания.

Примечание — Если испытательная установка не позволяет этого, длительность испытания может быть увеличена не более чем на 20 % с соответствующей корректировкой времени, для которого приводят оценку.

б) Апериодическая составляющая

Следует выбирать момент включения тока короткого замыкания таким образом, чтобы в первый полупериод ток дуги имел пик не менее 1,7 действующего значения установленной периодической составляющей тока короткого замыкания. При трехфазных испытаниях это требование относится по крайней мере к току одной фазы.

8.16.2.6 Частота

Для номинальной частоты 50 Гц частота тока в начале испытания должна быть (50 ± 4) Гц.

8.16.2.7 Продолжительность испытания

Длительность прохождения тока должна охватывать время, предусмотренное для второй степени стойкости к внутреннему дуговому повреждению (см. таблицу 6).

8.16.3 Методика проведения испытания

8.16.3.1 Испытательные соединения

Необходимо выбирать такое место подвода тока, при котором будут созданы наиболее жесткие условия.

Подсоединения испытательной цепи не должны облегчать условия испытания. Обычно оболочки заземляют на той стороне испытуемого объекта, на которую подают ток.

8.16.3.2 Зажигание дуги

Дугу следует зажигать с помощью металлической проволоки соответствующего диаметра.

Место зажигания дуги следует выбирать таким образом, чтобы дуга обеспечила реальные возможные воздействия на испытуемый объект. Обычно этого можно достигнуть зажиганием дуги у перегородки, дальше всего расположенной от точки питания и устройства для сброса давления, если оно имеется.

Примечание — Не следует вызывать дугу проколом твердой изоляции.

8.16.3.3 Измерение и регистрация характеристик

Должны быть зарегистрированы следующие данные:

- ток и его длительность;
- напряжение дуги;
- давление в одной или нескольких точках испытуемого объекта и в каждом отсеке, если их несколько в испытуемом объекте, где применимо;
- момент сброса давления (по срабатыванию устройства для сброса давления либо по повреждению оболочки).

Такие явления, как сброс давления, повреждение оболочки и внешние эффекты, должны быть записаны с помощью соответствующих средств, например фотоаппаратов, детекторов яркости света.

8.17 Испытания изоляторов

8.17.1 Испытания изоляторов (перегородок и опорных изоляторов) следует проводить в соответствии с 8.17.2, 8.17.3.

8.17.2 Термостойкость

8.17.2.1 Термические характеристики изоляторов каждой конструкции следует проверять испытаниями пяти изоляторов в десяти термических циклах каждый. Значения температур следует выбирать из значений, определяемых условиями эксплуатации (см. 4.10) и длительными тепловыми нагрузками (см. 5.4).

8.17.2.2 Тепловой цикл должен быть следующим:

а) 4 ч — при минимальной температуре окружающего воздуха (минус 45 °С);

б) 2 ч — при комнатной температуре (плюс 20 °С);

в) 4 ч — при ограничении температуры значением плюс 105 °С (класс нагревостойкости А по ГОСТ 8865—93);

г) 2 ч — при комнатной температуре.

8.17.2.3 Указанное время тепловых циклов — это минимальное время, которое необходимо продлевать, если не будет достигнута установившаяся температура.

8.17.2.4 После выполнения указанного цикла испытаний все изоляторы должны пройти приемосдаточные испытания.

8.17.3 Испытание перегородок на герметичность

8.17.3.1 Для подтверждения герметичности перегородки с одной ее стороны закачивают газ при расчетном давлении, а в соседнем отсеке обеспечивают вакуум. Утечку в отсек под вакуумом измеряют через 24 ч.

8.17.3.2 После испытания не должно быть повреждений перегородки. Испытание на герметичность следует проводить в соответствии с 8.8. Скорость утечки не должна превышать значения, указанного в 5.8.13.

8.18 Испытание на отсутствие коррозии на заземляющих соединениях

8.18.1 Испытания на стойкость к коррозии на заземляющих соединениях проводят для КРУЭ наружной установки по запросу потребителя.

8.18.2 Испытуемый образец должен быть характерным для испытуемого КРУЭ и должен включать устройства, обеспечивающие непрерывность электрической цепи заземления, вспомогательное оборудование (устройства мониторинга давления, устройства сброса давления), а также вторичную систему.

8.18.3 Методика испытания

8.18.3.1 При испытаниях на отсутствие коррозии на заземляющих соединениях следует руководствоваться общими рекомендациями ГОСТ 16962.1. Испытания на воздействие солевого тумана проводят в соответствии с ГОСТ 28207. Длительность испытания — 168 ч.

8.18.3.2 Дополнительно для окрашенных поверхностей стойкость к воздействию влажной атмосферы, содержащей сернистый газ, следует испытывать согласно ГОСТ 9.401.

8.18.4 Критерий прохождения испытания

8.18.4.1 Сопротивление заземления оболочки, измеренное согласно 8.3.1 перед и после данного испытания, не должно отличаться более чем на 20 %.

8.18.4.2 После испытания процесс демонтажа узла не должен измениться. Степень коррозии, если таковая имеется, необходимо указать в протоколе испытания. Окрашенные поверхности не должны иметь следов повреждения.

8.19 Испытания на сейсмостойкость

8.19.1 Сейсмостойкость КРУЭ должна соответствовать сейсмической зоне места установки оборудования. Испытания на сейсмостойкость оборудования и ее оценка должны быть проведены исходя из требований ГОСТ 30546.1 и ГОСТ 30546.2.

8.19.2 В случае изменений в испытанном оборудовании КРУЭ, в зависимости от характера вносимого изменения в конструкцию оборудования и технологию производства, испытаниям следует подвергать те или иные объекты КРУЭ, а также отдельные детали и образцы материалов.

8.19.3 Для подтверждения сейсмостойкости КРУЭ допускается использование комбинированных испытаний составляющих элементов КРУЭ (герметичного блока составляющих элементов) и/или теоретического расчета, если невозможно провести натурные испытания, ввиду габаритных размеров или сложной конфигурации оборудования.

Разрешается подтверждать сейсмостойкость расчетными методами в случаях КРУЭ аналогичных по конструкции уже испытанным.

Испытания или расчет на сейсмостойкость оборудования и ее оценка должны быть проведены исходя из требований ГОСТ 30546.1 и ГОСТ 30546.2.

9 Транспортирование, хранение, монтаж, эксплуатация и обслуживание

9.1 Условия транспортирования и хранения

9.1.1 Ячейки (элементы ячеек) следует транспортировать в собранном виде, заполненными элегазом или азотом при избыточном давлении от 0,03 до 0,05 МПа (от 0,3 до 0,5 кгс/см^2).

В отдельных случаях, по согласованию с заказчиком, допускается транспортирование ячеек в частично разобранном виде (герметичными отсеками) с влагопоглотителями.

9.1.2 Условия транспортирования и хранения в части воздействия климатических факторов внешней среды должны соответствовать ГОСТ 15150 и ГОСТ 23216, детальные указания по их выполнению должны быть приведены в ТУ.

9.1.3 Консервацию изделий следует выполнять по ГОСТ 23216.

9.1.4 В каждое грузовое место необходимо вложить упаковочный лист, содержащий перечень упакованных частей. Транспортируемые ячейки (отсеки) должны быть снабжены индикаторами удара («шок-индикаторами»).

9.2 Установка и монтаж

9.2.1 Распаковка и подъем

9.2.1.1 Распаковку транспортных единиц КРУЭ рекомендуется проводить непосредственно перед их монтажом на специально подготовленной площадке.

9.2.1.2 Устройства подъема должны иметь грузоподъемность, обеспечивающую подъем каждой транспортной единицы КРУЭ. В технической документации следует указать меры предосторожности при перемещении частей КРУЭ.

9.2.2 Сборка

9.2.2.1 В комплект поставки КРУЭ должны входить: транспортные единицы, элементы ячейки и детали, а также запасные части, принадлежности и монтажные материалы, предусматриваемые в ТУ на конкретные типы КРУЭ, а также газ, необходимый для заполнения.

В случае поставки КРУЭ с отсеками для кабельных вводов, оснащенных транспортными заглушками, изготовитель обязан дополнительно поставить стационарные заглушки, предусмотренные для длительной эксплуатации КРУЭ.

9.2.2.2 При поставке КРУЭ необходимо приложить следующую документацию, выполненную в соответствии с требованиями ЕСКД:

- паспорт КРУЭ;
- руководство по эксплуатации (РЭ);
- документацию по оболочкам (резервуарам) КРУЭ и приводов со сжатым газом (см. 5.8.15.3);
- электрические схемы главных цепей;
- электрические схемы вспомогательных цепей;
- документацию по монтажу и вводу в работу;
- ведомость ЗИП;
- паспорта на комплектующие изделия;
- газовую схему КРУЭ;
- комплектовочную ведомость.

Рекомендуемая первоочередная номенклатура ЗИП:

- дуговые контакты и сопла выключателей;
- главные контакты выключателей;
- наполнители фильтров;
- изоляторы-перегородки с контактными узлами (три комплекта);
- уплотнения, необходимые при замене упомянутого выше ЗИП.

По договоренности заказчика с изготовителем могут поставляться другие комплектующие изделия и элементы КРУЭ.

9.2.2.3 Все транспортные единицы КРУЭ должны иметь четкую маркировку. Чертежи, поясняющие сборку частей КРУЭ, должны быть в комплекте сопроводительной документации.

9.2.3 Монтаж

Для подготовки места установки КРУЭ, аппаратуры управления, приводных устройств и вспомогательного оборудования необходимо указать в инструкции по монтажу сведения по их размещению и требования к фундаментам.

В инструкциях следует указать:

- общую массу КРУЭ, включая газ или смесь газов;
- массу газов;
- массу наиболее тяжелой части КРУЭ, поднимаемой отдельно.

9.2.4 Присоединения

Инструкции должны содержать информацию относительно присоединения:

а) проводников, включая необходимые указания по предупреждению перегрева и чрезмерной нагрузки на коммутационную аппаратуру и аппаратуру управления, указания по обеспечению соответствующих изоляционных промежутков;

б) вспомогательных цепей;

в) систем жидкости или газа, включая размеры и расположение трубопроводов;

г) заземления.

9.2.5 Окончательный осмотр установки

Должны быть даны инструкции по осмотру и испытаниям после завершения монтажа КРУЭ и аппаратуры управления и выполнению всех присоединений.

Инструкции должны включать в себя:

- перечень обязательных и рекомендуемых испытаний на месте установки;
- методики выполнения регулировок, которые должны обеспечивать правильную работу КРУЭ;
- рекомендации по измерениям параметров с записью результатов;
- указания по окончательному осмотру и вводу в эксплуатацию.

9.2.6 Основные входные данные, указываемые потребителем

а) ограничения доступа на месте установки;

б) местные рабочие условия;

в) требования к муфтам для кабелей, вводам силовых трансформаторов и вводам воздух-элегаз;

г) для случаев расширения существующего распределительного устройства:

- тип, марку, изготовителя и основные технические параметры существующего КРУЭ;
- условия эксплуатации или рабочие ограничения,
- инструкции по безопасности.

9.2.7 Основные данные, указываемые изготовителем

а) место, необходимое для установки и сборки;

б) размер и масса составных частей и испытательного оборудования;

в) требования к месту установки, в части чистоты, температуры, площади для подготовки и характеристик подъемного оборудования;

г) число и квалификация местного персонала, выполняющего монтаж;

д) график работ по монтажу и проведению испытаний;

е) электрическая энергия, освещение, вода и другие потребности для монтажа и проведения испытаний;

ж) предложения по обучению монтажного и эксплуатационного персонала;

и) для случая расширения существующего распределительного устройства:

- требования по выводу установленного оборудования для выполнения монтажных работ и проведения испытаний;
- меры безопасности.

9.2.8 Испытания на месте установки

9.2.8.1 Испытания на месте установки проводят после окончания монтажа КРУЭ на объекте. Объем работ по проверкам и испытаниям при пусконаладочных работах выполняют согласно требованиям настоящего раздела и технической документации по эксплуатации КРУЭ.

9.2.8.2 Испытания электрической прочности изоляции главных цепей

Испытания проводят в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55195 и ГОСТ Р 55192 с целью исключения дефектов (неправильное крепление, повреждение при транспортировании, хранении и монтаже, наличие инородных тел и т. д.), которые могут стать причиной возникновения внутреннего повреждения.

Испытания электрической прочности изоляции следует проводить после того, как КРУЭ полностью смонтировано, отлажено и заполнено газом до номинальной плотности.

Испытание электрической прочности изоляции рекомендуется проводить в следующих случаях:

- после среднего при необходимости;
- после среднего и капитального ремонта обязательно.

Программа испытаний на месте установки должна быть согласована изготовителем и потребителем.

Методы проведения испытаний предусматривают их выполнение по ячейкам. Для ограничения высоких зарядных токов испытательного оборудования допускается проводить испытания на отдельных элементах КРУЭ.

На месте установки испытаниям электрической прочности изоляции необходимо подвергать каждую вновь монтируемую часть КРУЭ. Методы испытаний электрической прочности изоляции на месте установки с проверкой уровня частичных разрядов в соответствии с ГОСТ Р 55195, ГОСТ 20074 или ГОСТ Р 55191.

Используемый вид испытательного напряжения, в зависимости от имеющегося испытательного оборудования, следует указать в ТУ на КРУЭ конкретных типов (по ГОСТ Р 55195—2012, 13.7).

Максимальная интенсивность частичного разряда не должна превышать 10 пКл (по ГОСТ Р 55195).

Схемы и условия приложения напряжения должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 55195.

Источник испытательного напряжения допускается подсоединять к любой удобной точке испытуемого КРУЭ.

Допускается разъединять главную цепь КРУЭ с помощью выключателей и разъединителей на отдельные части:

- для ограничения емкостной нагрузки на источник испытательного напряжения;
- для улучшения обнаружения пробивных разрядов;
- для ограничения энергии пробоя изоляции в случае его возникновения.

Части КРУЭ, которые не подвергаются испытаниям и отключены от испытуемой части выключателем или разъединителем, должны быть заземлены.

9.2.8.3 Испытания электрической прочности изоляции вспомогательных цепей

Испытания проводят в объеме и по методикам, предусмотренным в 8.10.

9.2.8.4 Измерение сопротивления главной цепи

Измерения следует выполнять в соответствии со схемой измерения сопротивления участков главной токовой цепи, приведенной изготовителем в эксплуатационной документации на КРУЭ. Измеренное сопротивление не должно превышать максимальных значений, которые допускаются при приемо-сдаточных испытаниях.

9.2.8.5 Испытание на герметичность

Проверку герметичности необходимо выполнять на всех соединениях, смонтированных на месте установки. При проверке допускается определение утечки течеискателем.

9.2.8.6 Проверка монтажа и контроль соответствия требованиям чертежей

В контроль и проверки соответствия требованиям чертежей входят:

- правильность выполнения монтажа;
- проверка герметичности всех узлов, момента затяжки болтов и зажимов;
- правильность монтажа вспомогательных цепей и цепей управления;
- надлежащая работа блокировок;
- надлежащая работа контрольного, измерительного и защитного оборудования, а также систем подогрева и освещения.

Проверки выполняют в объеме не менее предусмотренных для приемо-сдаточных испытаний КРУЭ (см. 7.2).

Контроль и испытания на механическую работоспособность необходимо выполнять в соответствии с требованиями ТУ.

9.2.8.7 Проверка качества и работа с газом

КРУЭ должно быть сконструировано таким образом, чтобы в течение срока жизни изделия минимизировать потери газа при операциях обслуживания.

В процессе монтажа и эксплуатации КРУЭ выполняют работы, как без вскрытия, так и с вскрытием газовых объемов.

В первом случае работы могут быть связаны с контролем герметичности газовых объемов, проверкой датчиков плотности, измерением влажности газа и др.

При вскрытии элементов КРУЭ наряду с откачкой, вакуумированием и вентиляцией газовых объемов, выполняют заполнение их газом в случае продолжения работы с оборудованием. В случае применения элегаза руководствуются рекомендациями ГОСТ Р 54426.

Работы с газовым оборудованием в помещении должны предусматривать меры, обеспечивающие расчетную вентиляцию помещения. Вскрытие газовых объемов необходимо выполнять только после откачки газа и доведения давления до атмосферного уровня. Обслуживание коммутационных аппаратов после выполнения ими операций с токами короткого замыкания следует осуществлять с дополнительными мерами безопасности и персоналом в спецодежде.

Изготовитель должен установить процедуры обслуживания и испытаний, чтобы оптимизировать операции обслуживания и обработки газа и определить рекомендации по поддержанию требуемых свойств газа. Процедуры обслуживания, испытаний и рекомендации по поддержанию качества газа следует изложить в инструкции по монтажу и эксплуатации КРУЭ.

Для обеспечения надежного измерения содержания влаги в изоляционном газе данную проверку необходимо выполнять через пять дней после окончательного заполнения оборудования газом. Для газа содержание влаги не должно превышать значения, указанного в 5.8.7. Допускается в случае производственной необходимости по решению руководителя энергообъекта проводить оценку влажности газа в более короткие сроки. При отсутствии сведений о содержании влаги в газе не допускается подача рабочего напряжения на оборудование.

Контроль газа в условиях эксплуатации — в соответствии с указаниями изготовителя.

9.3 Указания по эксплуатации

9.3.1 Эксплуатацию КРУЭ следует осуществлять в соответствии с руководством по эксплуатации изготовителя, правилами [6] и [7], ГОСТ 12.1.004 и местными инструкциями по эксплуатации КРУЭ.

Руководство по эксплуатации, предоставленное изготовителем, должно удовлетворять требованиям ГОСТ Р 2.610 и содержать следующую информацию:

- общее описание оборудования КРУЭ с указанием его характеристик — для соответствующего представления об основных принципах его работы;
- описание мер безопасности для оборудования, работы блокировок и запирающих устройств;
- описание действий обслуживающего персонала, которые необходимо выполнить на КРУЭ при его отключении, заземлении, обслуживании и испытаниях (при необходимости);
- указания о порядке эксплуатации и действий обслуживающего персонала при возникновении различных нештатных, предаварийных и аварийных ситуаций, возникающих при эксплуатации оборудования и аппаратуры КРУЭ;
- меры защиты от коррозии (при необходимости);
- рекомендации по ремонту и, при необходимости, расширению ячеек КРУЭ;
- технические параметры КРУЭ и его составляющих элементов (см. 5.8.21).

9.3.2 Помещение КРУЭ, а также помещения для их ремонта и технического обслуживания должны быть изолированы от других помещений и улицы и соответствовать положениям правил [6] (раздел 5.4).

9.3.3 Залы КРУЭ и зоны ремонта должны быть оснащены грузоподъемными устройствами и механизмами, рассчитанными на максимальную массу монтируемого отсека или единицы оборудования.

9.3.4 Температура воздуха в помещении КРУЭ должна быть в пределах требований эксплуатационной технической документации изготовителя, но не выше плюс 40 °С в летнее время и не ниже плюс 5 °С в зимнее время.

9.3.5 Все основное и вспомогательное оборудование, в том числе системы и секции сборных шин и ячейки КРУЭ, должно быть пронумеровано.

9.3.6 Обслуживающий КРУЭ персонал должен располагать электрическими схемами подстанции и указаниями по допустимым режимам работы электрооборудования в нормальных и аварийных режимах.

9.3.7 При проведении ремонтных работ допускается применение управляемой системы давления газа.

9.3.8 Особенности принципиальных электрических схем распределительных устройств подстанций с КРУЭ приведены в приложении Б.

9.4 Техническое обслуживание

9.4.1 Техническое обслуживание КРУЭ следует проводить в соответствии со стандартами или иными техническими документами, утвержденными и введенными в действие на энергообъекте в качестве внутренних местных нормативных документов.

9.4.2 Периодичность контроля технического состояния КРУЭ может устанавливать технический руководитель объекта электроэнергетики с учетом условий и опыта эксплуатации, технического состояния и срока службы КРУЭ.

9.4.3 В процессе эксплуатации КРУЭ необходимо предусматривать проведение испытаний, позволяющих определить степень развития и опасность возможных дефектов на ранних стадиях. Вид и объем испытаний и измерений может устанавливать технический руководитель объекта электроэнергетики.

9.4.4 Объем планового ремонта следует определять исходя из необходимости поддержания исправного и работоспособного состояния КРУЭ. Первый плановый ремонт КРУЭ необходимо выполнить в сроки, указанные в технической документации предприятий-изготовителей. Периодичность последующих ремонтов следует определять по результатам технического диагностирования состояния КРУЭ.

9.4.5 Специалисты подрядных организаций, которые осуществляют обслуживание КРУЭ, должны иметь опыт работы с аналогичным оборудованием и быть аттестованы в соответствии с правилами [6] и [7]. Техническое обслуживание необходимо осуществлять в соответствии с правилами организации технического обслуживания и ремонта оборудования.

9.5 Рекомендации для изготовителя

9.5.1 Руководство по эксплуатации, выпущенное изготовителем, должно содержать следующую информацию:

а) перечень устанавливаемого в КРУЭ оборудования;

б) меры безопасности при работе с оборудованием и работу блокировок и запирающих устройств;

в) порядок действий, которые необходимо произвести с оборудованием при отключении, заземлении, обслуживании и испытаниях;

г) объем и периодичность обслуживания. При этом должны быть учтены следующие факторы:

- коммутационные операции (значение тока и число операций);
- общее число операций;
- время нахождения в эксплуатации;
- условия окружающей среды;
- измерения и диагностические испытания (если проводились);

д) подробное описание работ по обслуживанию:

- рекомендуемое место для работ по обслуживанию (в помещении, на заводе, на месте установки и т. д.);
- методики осмотра, диагностических испытаний, проверки, ремонта;
- ссылки на чертежи;
- ссылки на номера частей;
- использование специального оборудования или инструментов;
- меры предосторожности, которые необходимо соблюдать;
- процедуры смазки;
- чертежи деталей коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления, необходимые для обслуживания;

е) предельные значения и допуски, которые при их превышении вызывают необходимость оперативных действий:

- значения давления и плотности изоляционного газа;
- параметры резисторов и конденсаторов (главной цепи);
- времена включения и отключения аппаратов;
- сопротивление главных цепей и схема участков, на которых необходимо выполнять измерения;
- характеристики изоляционного газа;
- количество и качество газа;
- допустимая эрозия деталей, подвергаемых износу;
- основные размеры;

ж) спецификации вспомогательных материалов, содержащие предупреждения об известной несовместимости материалов:

- смазка;
- масло;
- жидкость;
- очищающие и обезжиривающие средства;

и) перечень специальных инструментов, подъемного оборудования и снаряжения, обеспечивающего доступ персонала к оборудованию, включая адаптер для подключения высоковольтной установки;

к) испытания после работ по обслуживанию;

л) перечень рекомендуемых запасных частей (наименование, порядковый номер, количество) и рекомендации по хранению;

м) оценка продолжительности непосредственно планового обслуживания;

н) утилизация оборудования в конце срока службы с учетом требований охраны окружающей среды. Для элегаза руководствоваться положениями ГОСТ Р 54426.

9.5.2 Изготовитель должен информировать покупателей конкретного типа КРУЭ о способах устранения возможных в эксплуатации повреждений.

9.5.3 Изготовитель должен обеспечить поставку запасных частей, необходимых для проведения обслуживания и ремонта, в течение не менее 10 лет, считая от даты окончания изготовления коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления. Изготовитель гарантирует поставку запасных частей, необходимых для проведения обслуживания и ремонта, по дополнительному договору еще в течение 10 лет.

9.6 Рекомендации для потребителя

9.6.1 Эксплуатирующая организация (потребитель) должна следовать указаниям руководства по эксплуатации изготовителя.

9.6.2 Эксплуатирующая организация должна регистрировать следующую информацию:

- серийный номер и тип оборудования;
- дату ввода в эксплуатацию оборудования;
- результаты всех измерений и испытаний, включая диагностические испытания, проведенные в течение срока службы оборудования;
- даты и объем выполненных работ по обслуживанию;
- историю эксплуатации, периодические записи счетчиков числа операций и другие данные (например, операции при токах короткого замыкания);
- ссылки на акты об отказах.

9.6.3 По причинам безопасности во время обслуживания может потребоваться снижение давления газа до установленного и контролируемого уровня ниже номинального. Предупреждения об этом обязательном снижении давления при работах по обслуживанию и соответствующий порядок действий должны быть приведены в эксплуатационной документации.

9.6.4 В условиях эксплуатации необходимо учитывать, если это применимо:

- вакуумирование отсека с одной стороны перегородки при рабочем давлении газа на другой стороне как часть процедуры заполнения газом; если существуют ограничения по прикладываемой разнице давлений или по времени приложения такой разницы, то это должно быть четко отражено изготовителем;
- контролируемое увеличение давления (выше максимального давления) на одной стороне перегородки при нормальном рабочем давлении на другой стороне во время испытания электрической прочности изоляции оборудования и связанных цепей;
- наихудшее направление давления для несимметричных перегородок;
- дополнительные нагрузки и вибрацию;
- возможность проведения обслуживания в непосредственной близости от перегородки, находящейся под давлением с другой стороны, приняв особые меры безопасности во избежание разрушения перегородки и риска для обслуживающего персонала.

Примечание — Повышение давления в результате внутренней дуги не учитывают при определении расчетного давления.

9.7 Акт об отказе

9.7.1 В случае отказа или дефекта эксплуатирующая организация должна составить акт об отказе и информировать изготовителя, сообщив особые подробности и принятые меры.

9.7.2 В зависимости от причины отказа необходимо выполнить его анализ совместно с изготовителем.

10 Информация, указываемая в технических условиях, эксплуатационной и тендерной документации

10.1 Информация, указываемая в технических условиях:

- нормальные и особые условия эксплуатации (см. 4.10);
- номинальные параметры (см. 4);
- конструктивные параметры (см. 5.8);
- характеристики шинопроводов, коммутационного оборудования, высоковольтных вводов (кабельного присоединения), измерительных трансформаторов.

10.2 Информация, указываемая поставщиком в тендерной и эксплуатационной документации:

- указания по монтажу, наладке, нагрузка на фундамент;
- газовая схема;
- перечень рекомендуемых запасных частей;
- требования к залам КРУЭ в здании подстанции с учетом компоновки ячеек КРУЭ, включая ширину технологического проезда, необходимую высоту для монтажа и ревизии ячеек.

10.3 Информация, указываемая потребителем в запросах:

- нормальные и особые условия эксплуатации (см. 4.10);
- номинальные параметры (см. 4);
- однолинейная электрическая схема КРУЭ;
- общая принципиальная электрическая схема подстанции.

11 Гарантии изготовителя

11.1 Изготовитель должен гарантировать соответствие КРУЭ (ячеек и отдельных модулей) требованиям настоящего стандарта при соблюдении потребителем условий транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации.

11.2 Гарантийный срок эксплуатации КРУЭ — не менее 5 лет после ввода в эксплуатацию КРУЭ на месте установки с участием официальных представителей изготовителя оборудования.

11.3 Гарантийный срок хранения КРУЭ — не менее 3 лет с даты приемки КРУЭ на входном контроле потребителя.

11.4 Изготовитель в технической документации на изделие устанавливает сроки сохраняемости КРУЭ, в соответствии с условиями хранения (см. ГОСТ 15150) и агрессивности среды (см. ГОСТ Р 51801).

11.5 Предприятие-изготовитель берет на себя обязательства по выполнению обслуживания (сервиса) КРУЭ при монтаже, наладке, испытаниях, плановых и восстановительных ремонтах на отдельно обговариваемых договорных условиях за рамками гарантийного периода.

11.6 Объем сервисных услуг, оплата стоимости выполняемых работ и запасных частей определяются соглашением между изготовителем и заказчиком.

11.7 Необходимые для проведения ремонта приборы, приспособления и запасные части поставляет предприятие — изготовитель КРУЭ.

Приложение А
(справочное)

Методика оценки повышения давления при внутреннем коротком замыкании

А.1 Повышение давления Δр, МПа, в отсеке, заполненном элегазом, при внутреннем коротком замыкании вычисляют по формуле

$$\Delta p = C_{об} \cdot I_{дуга} \cdot t_д / V_{0Т}, \quad (А.1)$$

где $I_{дуга}$ — ток дуги короткого замыкания (действующее значение), кА.

Примечание — Для определения прочности оболочки КРУЭ значение тока принимается равным номинальному кратковременному выдерживаемому току (см. 3.1.47);

$V_{0Т}$ — объем отсека, л;

$t_д$ — длительность горения дуги, мс;

$C_{об}$ — коэффициент оборудования.

Значение коэффициента оборудования $C_{об}$ изготовитель определяет при испытаниях на аналогичном оборудовании.

А.2 Расчет значения Δp по формуле (А.1) допускается применять для проверки того, что давление Δp не будет превышать давления типового испытания при коротком замыкании в газовом отсеке без устройства сброса давления.

А.3 Результат расчета давления Δp должен подтвердить, что ток и длительность горения дуги, основанные на рабочей характеристике системы защиты, не приведут к повышению давления Δp, значение которого больше испытательного давления отсека.

Приложение Б
(справочное)

Особенности принципиальных электрических схем и компоновок распределительных устройств подстанций с КРУЭ

Б.1 Опыт возведения энергообъектов с КРУЭ рекомендует учитывать ряд особенностей проектных решений при компоновке распределительных устройств.

Б.2 Компоновка КРУЭ должна быть симметричной: все три фазы одной ячейки следует расположить рядом друг с другом, предусматривая возможность расширения КРУЭ в обе стороны до двух ячеек, если заданием на проектирование не предусмотрено иное.

Б.3 Для КРУЭ, как правило, применяют те же схемы, что и для открытых распределительных устройств.

Б.4 Схемы с обходной системой шин для КРУЭ применять не рекомендуется вследствие его значительного удорожания. Надежность оборудования КРУЭ достаточно высокая и дополнительное повышение его надежности за счет применения обходной системы шин нецелесообразно. Исключение — использование обходной системы шин для плавки гололеда.

Для объектов генерации применение обходной системы шин определяется технико-экономическим обоснованием с учетом возможного удорожания оборудования КРУЭ и рисков ограничений выдаваемой мощности генерирующего источника (издержек генерирующей организации и возможных ограничений потребителей в энергоизолированных районах).

Возможность организации цепей плавки гололеда постоянным током с использованием обходной системы шин КРУЭ и необходимые дополнительные конструктивно-технологические решения (оснащение линейных ячеек заземляющими ножами для снятия остаточного заряда с кабелей) необходимо определять при проектировании по согласованию с изготовителями КРУЭ, кабелей 110 кВ и выше.

Б.5 В случае применения простых схем КРУЭ 110—220 кВ (например, схемы «мостик», «треугольник», «четырехугольник», «одна рабочая секционированная выключателем система шин» с числом линейных присоединений до четырех) и отсутствия в перспективе подключения новых присоединений следует предусматривать, как правило, подключение присоединений через вводы «элегаз-воздух». При большем количестве присоединений возможно присоединение через кабельные вставки с обустройством кабельных подвалов, этажей, полуподвалов и переходных пунктов. Допускается предусматривать кабельные каналы в полу зала КРУЭ.

Б.6 Подключение нескольких воздушных линий электропередачи к КРУЭ возможно с применением различных вариантов:

- через проходные токопроводы и вертикальное расположение вводов «элегаз-воздух»;
- через вводы «элегаз-воздух», размещенные в стене здания КРУЭ, с разнесением ячеек КРУЭ внутри здания для увеличения длины фронта подключения воздушных линий электропередачи (если позволяют условия расширения здания КРУЭ).

Б.7 При установке трансформаторно-реакторного оборудования следует рассматривать различные варианты его подключения к КРУЭ.

Б.8 На линейных вводах в КРУЭ рекомендуется применять заземлители с включающей способностью на короткое замыкание.

Б.9 Ячейки КРУЭ конструктивно необходимо выполнять таким образом, чтобы иметь возможность проводить высоковольтные испытания (после монтажа, после ремонта) всей изоляции ячейки КРУЭ, а также отдельно испытания кабельных линий, не затрагивая изоляцию КРУЭ.

Б.10 Рекомендуемое цветовое оформление наружных поверхностей элементов КРУЭ различных классов напряжения согласно цветовому регистру стандартных образцов RAL [8]:

- КРУЭ 110 кВ — RAL 7035 (светло-серая);
- КРУЭ 220 (150) кВ — RAL 6019 (светло-зеленая);
- КРУЭ 330 кВ — RAL 1023 (светло-желтая);
- КРУЭ 500 кВ — RAL 4005 (светло-фиолетовая);
- шкафы управления приводами аппаратов — RAL 7035 (светло-серая).

Б.11 Рекомендуется располагать трансформаторы тока таким образом, чтобы выключатели входили в зону защиты шин РУ, с возможностью расположения трансформаторов тока с двух сторон от выключателя.

Приложение В
(справочное)

Информация, подлежащая включению в протокол квалификационных испытаний

В.1 Результаты квалификационных испытаний, подтверждающие соответствие требуемым номинальным параметрам КРУЭ, следует заносить в протоколы квалификационных испытаний.

В.2 Протокол должен содержать информацию, достаточную для идентификации основных частей КРУЭ и аппаратуры управления.

В.3 В протокол квалификационных испытаний необходимо включать следующую информацию:

- изготовитель;
- тип конструкции и серийный номер испытуемого КРУЭ и аппаратуры управления;
- номинальные характеристики испытуемого КРУЭ и аппаратуры управления;
- общее описание испытуемого КРУЭ и аппаратуры управления, данное изготовителем, включая число полюсов;
- изготовитель, тип, серийные номера и маркировки основных узлов (например, приводов, дугогасительных камер);
- основные детали КРУЭ в закрытой оболочке, с которой коммутационные аппараты составляют одно целое;
- детали приводных механизмов и устройств, используемых при испытаниях;
- фотоснимки для иллюстрации состояния испытуемого КРУЭ и аппаратуры управления до и после испытаний;
- достаточное число поясняющих рисунков и схем, чтобы представить испытуемое КРУЭ и аппаратуру управления;
- перечень номеров всех чертежей, включая чертежи, предоставленные для идентификации основных узлов испытуемого КРУЭ и аппаратуры управления;
- подробности, касающиеся испытательного оборудования (включая схему испытательной цепи);
- информацию о состоянии испытуемого КРУЭ и аппаратуры управления во время и после испытаний, о восстановлении или замене (каких-либо) частей, регистрационных данных для каждого испытания или режима испытания.

Библиография

[1] МЭК 62271-209:2019 Коммутационная аппаратура высокого напряжения с аппаратурой управления. Часть 209. Кабельные соединения для комплектных распределительных устройств с газовой изоляцией в металлической оболочке на номинальные напряжения выше 52 кВ. Заполненные жидкостью кабели с экструдированной изоляцией. Заполненная жидкостью и сухая концевая заделка кабеля (High-voltage switchgear and control-gear — Part 209: Cable connections for gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV — Fluid-filled and extruded insulation cables — Fluid-filled and dry-type cable-terminations)

[2] СанПин 1.2.3685—21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания

[3] Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Издание 7-е, глава 1.1 (утверждена приказом Минэнерго России от 8 июля 2002 г. № 204), глава 4.2 (утверждена приказом Минэнерго России от 20 июня 2003 г. № 242)

[4] РД 50-725—93 Методические указания. Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи индустриальные от воздушных линий электропередачи и высоковольтного оборудования. Методы измерения и процедура установления норм

[5] МЭК 61000-4-18:2019 Электромагнитная совместимость. Часть 4-18. Методики испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к затухающей колебательной волне (Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-18: Testing and measurement techniques — Damped oscillatory wave immunity test)

[6] Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (утверждены приказом Минэнерго России от 19 июня 2003 г. № 229)

[7] Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. № 903н)

[8] Цветовой регистр стандартных образцов RAL (RAL Standards. Color Collection RAL)

УДК 621.316.542.025:006.354 ОКС 29.130

Ключевые слова: выключатель, разъединитель, ввод, КРУЭ, технические требования, правила приемки, методы контроля, высокое напряжение, транспортирование, хранение

Редактор *В.Н. Шмельков*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 09.01.2023. Подписано в печать 20.01.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 8,37. Уч.-изд. л. 7,53.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru