

---

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ  
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

---



**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ  
ОАО «ФСК ЕЭС»**

**СТО 56947007-  
29.240.35.184-2014**

---

**Комплектные распределительные устройства с элегазовой  
изоляцией в металлической оболочке (КРУЭ) 110 кВ и выше.  
Общие технические условия**

Стандарт организации

Дата введения: 16.09.2014

ОАО «ФСК ЕЭС»  
2014

## **Предисловие**

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации – ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения», общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению межгосударственных стандартов, правил и рекомендаций по межгосударственной стандартизации и изменений к ним – ГОСТ 1.5-2001, правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации, общие требования к их содержанию, а также правила оформления и изложения изменений к национальным стандартам Российской Федерации – ГОСТ Р 1.5-2004.

## **Сведения о стандарте организации**

1. РАЗРАБОТАН: ЗАО «ВЭИ-Электроизоляция».
2. ВНЕСЁН: Департаментом инновационного развития.
3. УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ:  
Приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 16.09.2014 № 400.
4. ВВЕДЁН: ВПЕРВЫЕ.

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в Департамент инновационного развития ОАО «ФСК ЕЭС» по адресу 117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5А, электронной почтой по адресу: [vaga-na@fsk-ees.ru](mailto:vaga-na@fsk-ees.ru).

Настоящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения  
ОАО «ФСК ЕЭС».

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1 Область применения .....	8
2 Нормативные ссылки .....	8
3 Термины, определения, обозначения и сокращения .....	10
3.1 Термины и определения .....	10
3.2 Обозначения и сокращения .....	14
4 Номинальные параметры .....	15
4.1 Номинальное напряжение .....	16
4.2 Наибольшее рабочее напряжение .....	16
4.3 Номинальный уровень изоляции .....	20
4.4 Номинальная частота .....	20
4.5 Номинальный ток .....	20
4.6 Номинальный кратковременный выдерживаемый ток .....	20
4.7 Пик номинального кратковременного выдерживаемого тока .....	21
4.8 Номинальная длительность короткого замыкания .....	21
4.9 Номинальные параметры элементов, образующих части КРУЭ, включая их приводные и вспомогательные устройства .....	21
4.10 Номинальные уровни наполнения зегаса .....	23
4.11 Номинальные значения климатических факторов внешней среды .. .....	23
5 Технические требования к КРУЭ .....	20
5.1 Условия эксплуатации .....	23
5.2 Требования к электрической прочности изоляции .....	24
5.3 Требования к стойкости при сквозных токах короткого замыкания .....	24
5.4 Требования к нагреву при нормальных режимах и коротких замыканиях .....	21
5.5 Требования к газам .....	21
5.6 Требования к конструкции .....	22
5.7 Требования к надёжности .....	36
5.8 Диагностика и система мониторинга .....	40
6 Требования к испытаниям и приёмке .....	41
6.1 Квалификационные испытания .....	41
6.2 Приемо-сдаточные испытания .....	45
6.3 Типовые испытания .....	51
6.4 Периодические испытания .....	51
6.5 Испытания на месте установки .....	51
7 Требования к маркировке, транспортировке и хранению .....	51
7.1 Маркировка .....	51
7.2 Упаковка .....	52
7.3 Транспортирование и хранение .....	52
8 Требования к сопроводительной документации .....	52

9 Требования к монтажу, проведению пусконаладочных работ, испытаниям на месте монтажа и эксплуатации.....	51
9.1 Требования к монтажу .....	51
9.2 Требования к эксплуатации .....	61
10 Требования по безопасности .....	61
10.1 Требования по безопасности персонала, обусловленные особенностями конструкции КРУЭ .....	62
10.2 Требования безопасности при обслуживании КРУЭ .....	65
11 Гарантии изготовителя.....	71
Библиография.....	73
Приложение А.....	74
Приложение Б.....	80
Приложение В.....	81

## **Введение**

Настоящий стандарт способствует организации и совершенствованию производства, единообразию требований к изготовлению и испытаниям КРУЭ, а также повышению уровня безопасности и надежности, обеспечению качества как КРУЭ, так и эксплуатационных характеристик электрических сетей в целом, научно-техническому прогрессу, повышению конкурентоспособности отечественной продукции.

## **1 Область применения**

Настоящий стандарт устанавливает требования и методы испытаний к комплектным распределительным устройствам с газовой изоляцией.

Стандарт распространяется на комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией (КРУЭ), предназначенные для работы при нормальных и аварийных режимах в сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц на номинальные напряжения 110-750 кВ.

Климатическое исполнение и категория размещения КРУЭ по ГОСТ 15150.

Стандарт не распространяется на КРУЭ:

- предназначенные для работы в пожароопасных зонах, кроме зоны класса Е (Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»);
- подвергающиеся усиленному загрязнению, действию газов, паров и химических отложений, вредных для изоляции (загрязнения, превышающие IV степень по ГОСТ 9920);
- предназначенные для работы на объектах атомной энергетики.

## **2 Нормативные ссылки**

ГОСТ 2.601-06 ЕСКД. Эксплуатационные документы.

ГОСТ 2.610-06 ЕСКД. Правила выполнения эксплуатационных документов.

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.2.007.4-75 ССБТ. Шкафы комплектных распределительных устройств и комплектных трансформаторных подстанций, камеры сборные одностороннего обслуживания, ячейки герметизированных элегазовых распределительных устройств (с Изменениями № 1 – 6).

ГОСТ 12.2.007.3-75 ССБТ. Электротехнические устройства на напряжение свыше 1000 В. Требования безопасности.

ГОСТ 6827-76 (МЭК 59 (1938), СТ СЭВ 780-77) Электрооборудование и приёмники электрической энергии. Ряд номинальных токов (с Изменениями № 1 -2).

ГОСТ 30331.2-95 (МЭК 364-3-93)/ГОСТ Р 50571.2-94 (МЭК 364-3-93) Электроустановки зданий. Часть 3 Основные характеристики.

ГОСТ 403-73 Аппараты электрические на напряжение до 1000 В. Допустимые температуры нагрева частей аппаратов.

ГОСТ 1516.2-97 Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжение 3 кВ и выше. Общие методы испытаний электрической прочности изоляции.

ГОСТ 1516.3-96 Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции.

ГОСТ 1983-01 Трансформаторы напряжения. Общие технические условия.

ГОСТ 7746-01 Трансформаторы тока. Общие технические условия.

ГОСТ 8024-90 Аппараты и электротехнические устройства переменного тока на напряжение свыше 1000 В. Нормы нагрева при продолжительном режиме работы и методы испытаний.

ГОСТ 9293-74 Азот газообразный и жидкий. Технические условия.

ГОСТ 9920-89 (СТ СЭВ 6465-88, МЭК 815-86, МЭК 694-80) Электроустановки переменного тока на напряжение от 3 до 750 кВ. Длина пути утечки

внешней изоляции.

ГОСТ 10434-82 Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические условия.

ГОСТ 10693-81 Вводы конденсаторные герметичные на номинальные напряжения 110 кВ и выше. Общие технические условия.

ГОСТ 12969-67 Таблички для машин и приборов. Технические требования.

ГОСТ 12971-67 Таблички прямоугольные для машин и приборов. Размеры.

ГОСТ 14192-96 Маркировка грузов.

ГОСТ 14249-89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.

ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP).

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

ГОСТ 15543.1-89 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам.

ГОСТ 15846-02 Продукция, отправляемая в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение.

ГОСТ 16962.1-89 Изделия электротехнические. Методы испытаний на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам.

ГОСТ 16962.2 -90 Изделия электротехнические. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам.

ГОСТ 17412-72 Изделия электротехнические для районов с холодным климатом. Технические требования, приёмка и методы испытаний.

ГОСТ 17512-82 Электрооборудование и электроустановки на напряжение 3 кВ и выше. Методы измерения при испытаниях высоким напряжением.

ГОСТ 17516.1-90 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам (с Изменениями № 1 - 2).

ГОСТ 18322-78 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения.

ГОСТ 18620-86 Изделия электротехнические. Маркировка.

ГОСТ 20074-83 (СТ СЭВ 3689-82) Электрооборудование и электроустановки. Метод измерения характеристик частичных разрядов.

ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика Термины и определения.

ГОСТ 21130-75 Изделия электротехнические. Зажимы заземляющие и знаки заземления. Конструкция и размеры.

ГОСТ 23216-78 Изделия электротехнические. Хранение, транспортирование, временная противокоррозионная защита, упаковка. Общие требования и методы испытаний.

ГОСТ 23660-79 Обеспечение ремонтпригодности при разработке изделий.

ГОСТ 23941-02 Шум машин. Методы определения шумовых характеристик. Общие требования.

ГОСТ 24291-90 Электрическая часть электростанции и электрической сети. Термины и определения.

ГОСТ 26158-84 (СТ СЭВ 4007-83) Сосуды и аппараты из цветных металлов. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.

ГОСТ 30546.1-98 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчёта их сложных конструкций в части сейсмостойкости.

ГОСТ 30546.2-98 Испытания на сейсмостойкость машин, приборов и других технических изделий. Общие положения и методы испытаний.

ГОСТ 30848-03 (ИСО 13380:2002) Диагностирование машин по рабочим характеристикам. Общие положения.

ГОСТ Р 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.

ГОСТ Р 51317.3.2-06 (МЭК 61000-3-2:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе). Нормы и методы испытаний.

ГОСТ Р 51317.6.5-06 (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 51317.4.11-99 (МЭК 61000-4-11-94) Устойчивость к динамическим изменениям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний.

ГОСТ Р 52565-06 Выключатели переменного тока на напряжения от 3 до 750 кВ. Общие технические условия.

ГОСТ Р 52726-07 Разъединители и заземлители переменного тока на напряжение свыше 1 кВ и приводы к ним. Общие технические условия.

ГОСТ Р 52725-07 Ограничители перенапряжений нелинейные для электроустановок переменного тока напряжением от 3 до 750 кВ. Общие технические условия.

ГОСТ Р 54828-11 Комплектные распределительные устройств металлической оболочке с элегазовой изоляцией (КРУЭ) на номинальные напряжения 110 кВ и выше. Общие технические условия.

ГОСТ Р 12.4.026-01 ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний.

ГОСТ Р 50571-4-44-11 (МЭК 60364-4-44:2007) Электроустановки низковольтные. Часть 4-44. Требования по обеспечению безопасности. Защита от отклонений напряжения и электромагнитных помех.

Примечание. При пользовании настоящего стандарта целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

## 3 Термины, определения, обозначения и сокращения

### 3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **Автономная система давления** - система давления, в которой объем газа подпитывается периодически посредством подсоединения вручную внешнего источника газа.

3.1.2 **Адсорбент** – твердое вещество, обладающее способностью поглощать инородные продукты из соприкасающихся с ним газов.

3.1.3 **Безотказность КРУЭ** - свойство составных частей КРУЭ непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение заданного времени или заданной наработки.

3.1.4 **Блокировка КРУЭ** - устройство КРУЭ, предназначенное для предотвращения или ограничения выполнения операций коммутационными аппаратами КРУЭ при определенных состояниях или положениях других коммутационных аппаратов КРУЭ в целях предупреждения возникновения в нём недопустимых состояний или исключения аварийных ситуаций.

3.1.5 **Ввод «воздух-элегаз»** - конструктивное исполнение соединения конечного фидерного элемента КРУЭ с воздушной линией электропередачи.

3.1.6 **Ввод «кабель-элегаз»** - конструктивное исполнение соединения конечного фидерного элемента КРУЭ с кабельной линией.

3.1.7 **Ввод «масло-элегаз»** - конструктивное исполнение соединения конечного фидерного элемента КРУЭ с масляным трансформатором.

3.1.8 **Внешняя изоляция** - воздушные промежутки и поверхность твердой изоляции КРУЭ, находящиеся в атмосферном воздухе и подвергающиеся влиянию атмосферных и других внешних факторов.

3.1.9 **Внутренняя изоляция** - твердая, газообразная изоляция (или их комбинация) внутренних частей КРУЭ, не подвергающаяся непосредственному влиянию атмосферных и других внешних факторов (загрязнение, увлажнение и пр.).

3.1.10 **Вспомогательная цепь** - все части КРУЭ (кроме главной цепи), предназначенные для управления, измерения, сигнализации и регулирования, включая вспомогательные цепи коммутационных аппаратов.

3.1.11 **Газоизолированный отсек (КРУЭ)** - полностью герметизированная часть КРУЭ, доступная для соединения со смежными частями КРУЭ и управления.

3.1.12 **Герметичный опорный изолятор** - опорный изолятор, отделяющий один отсек от других отсеков КРУЭ.

3.1.13 **Главная токоведущая цепь** - все первичные токопроводящие части КРУЭ.

3.1.14 **Давление сигнализации (или плотность) для выполнения операций** - давление в Па, отнесенное к нормальным атмосферным условиям +20 °С и 101,3 кПа (или плотность) и выраженное в единицах избыточного или абсолютного давления, при котором сигнал от системы мониторинга указывает на необходимость дозаполнения устройства управления за относительно короткое время, чтобы возможно было выполнять управление коммутационными аппаратами.

3.1.15 **Давление сигнализации (или плотность) для изоляции и(или) коммутационной способности** - давление в Па для изоляции и(или) для выполнения коммутационных операций, отнесенное к нормальным атмосферным условиям +20 °С и 101,3 кПа (или плотность) и выраженное в единицах избыточного или абсолютного давления, при котором сигнал от системы мониторинга указывает на необходимость дозаполнения элегаза за относительно короткое время.

3.1.16 **Давление срабатывания предохранительного устройства** - избыточное давление, при котором происходит открытие (срабатывание) предохранительного устройства.

3.1.17 **Долговечность КРУЭ** - свойство составных частей КРУЭ сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

3.1.18 **Замкнутая система давления** - система давления, в которой объем газа не требует подпитки в течение ожидаемого срока службы.

3.1.19 **Зона обслуживания** - пространство вокруг КРУЭ, включая коридоры управления и обслуживания, необходимое для обслуживания электрооборудования и элементов КРУЭ.

3.1.20 **Испытательное давление оболочек и герметичных опорных изоляторов при приемосдаточных испытаниях** - избыточное давление, которому подвергаются все оболочки и герметичные опорные изоляторы после изготовления.

**3.1.21 Испытательное давление оболочек и герметичных опорных изоляторов при типовых испытаниях** - избыточное давление, которому подвергаются все оболочки и герметичные опорные изоляторы при типовых испытаниях.

**3.1.22 Комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией в металлической оболочке (КРУЭ)** – комплектное распределительное устройство, заключённое в металлическую оболочку, в котором для изоляции, по меньшей мере частичной, используется элегаз или смесь элегаза с другим газом (азотом или хладоном).

**3.1.23 Контрольное (индикаторное) устройство** – устройство, предназначенное для автоматического наблюдения за состоянием изделия.

**3.1.24 Контроль качества газа** – проверка газа на соответствие его характеристик нормированным значениям для применения в КРУЭ.

**3.1.25 Механическая стойкость КРУЭ** - способность конструкции составных частей КРУЭ и установленного в нем электрооборудования, частей и элементов выдерживать установленное количество циклов работы без ; деформации или повреждений, препятствующих дальнейшей исправной работе КРУЭ.

**3.1.26 Минимальное давление (или плотность) для выполнения операций** - давление в Па, отнесенное к нормальным атмосферным условиям +20 °С и 101,3 кПа (или плотность) и выраженные в единицах избыточного или абсолютного давления, при котором и выше которого допускается выполнение механических операций коммутационными аппаратами.

**3.1.27 Минимальное допустимое давление (или плотность) элегаза для изоляции и(или) коммутационной способности** - давление в Па для изоляции и(или) для выполнения коммутационных операций, отнесенное к нормальным атмосферным условиям +20 °С и 101,3 кПа (или плотность) и выраженное в единицах избыточного или абсолютного давления, при котором и ниже которого работа КРУЭ недопустима и требуется немедленное дозаполнение элегаза или снятие напряжения с части КРУЭ.

**3.1.28 Новый элегаз (новая шестифтористая сера) - SF<sub>6</sub>**, характеристики которой соответствуют ТУ 6-02-1248-83 и которая ранее не закачивалась в оборудование (элегаз в ёмкости для хранения).

**3.1.29 Номинальное давление (или плотность) элегаза для изоляции и(или) коммутационной способности при заполнении** - давление элегаза, измеренное в Па (или плотность в кг/м<sup>3</sup>) для изоляции и (или) для выполнения коммутационных операций элементами КРУЭ, отнесенное к нормальным атмосферным условиям +20 °С и 101,3 кПа и выраженное в единицах избыточного или абсолютного давления, и до которого КРУЭ или его газоизолированные отсеки заполняются перед вводом в эксплуатацию или дозаполняются в процессе эксплуатации.

**3.1.30 Оболочка КРУЭ** – часть КРУЭ, содержащая элегаз (газ) в предписанных условиях, необходимых для безопасного поддержания нормирован-

ного уровня изоляции, защищающая оборудование от внешних воздействий, обеспечивающая высокую степень защиты персонала и подлежащая заземлению.

3.1.31 **Опорный изолятор** - внутренний изолятор, поддерживающий один или более проводников.

3.1.32 **Определение утечки газа по «запаху» (обнюхивание)** – медленное перемещение течеискателя в местах возможного нарушения герметичности оборудования для определения места течи газа.

3.1.33 **Относительная скорость утечки газа** – абсолютная утечка газа, отнесенная к общему количеству газа в системе при номинальном давлении при заполнении (или плотности), выраженная в процентах за год.

3.1.34 **Повторное использование элегаза (газа)** – использование газа после восстановления им характеристик, нормированных к применению в КРУЭ.

3.1.35 **Расчетное давление герметичного опорного изолятора** – давление, на которое производится расчет на прочность герметичного опорного изолятора.

3.1.36 **Расчетное давление оболочки** – давление, на которое производится расчет на прочность оболочки КРУЭ.

3.1.37 **Расчетная температура оболочки** - наибольшая температура, которая может возникнуть в оболочке при нормированных условиях работы КРУЭ.

3.1.38 **Ремонт** - комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности изделий и восстановлению ресурсов изделий или их составных частей.

3.1.39 **Ремонтопригодность КРУЭ** - свойство составных частей КРУЭ, заключающееся в приспособленности к проведению технического обслуживания и ремонтов в целях поддержания и восстановления работоспособного состояния.

3.1.40 **Сохраняемость КРУЭ** - свойство составных частей КРУЭ сохранять значение показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение и после его хранения и (или) транспортирования.

3.1.41 **Срок службы** – продолжительность эксплуатации оборудования или её возобновления после капитального ремонта до наступления предельного состояния.

3.1.42 **Техническое обслуживание** - комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании.

3.1.43 **Транспортный узел (блок)** - часть КРУЭ, пригодная для транспортировки без проведения разборки.

3.1.44 **Указатель положения** – часть коммутационного аппарата, которая указывает одно из возможных его положений (включённое, отключённое или заземлённое, если применимо).

3.1.45 **Управляемая система давления** – система давления, в которой объем газа автоматически подпитывается от внешнего или внутреннего источника сжатого газа.

3.1.46 **Фрагментация** - повреждение оболочки, вызванное повышением давления и сопровождаемое отделением твердого материала.

3.1.47 **Частичные разряды** – электрические разряды очень небольшой мощности, возникающие внутри изоляции или на её поверхности.

3.1.48 **Элегаз** - газообразная шестифтористая сера SF<sub>6</sub>, обладающая высокими изоляционными и дугогасящими свойствами.

3.1.49 **Элегаз (шестифтористая сера), бывший в употреблении** - SF<sub>6</sub>, находящаяся в оборудовании или извлечённая из него и не прошедшая обработку для повторного использования.

3.1.50 **Элемент КРУЭ** – составная часть КРУЭ, выполняющая определенные функции в распределительном устройстве (например, выключатель, разъединитель, заземлитель, измерительные трансформаторы, сборные шины, ввод, шкаф управления и т.п.), включая заземляющую цепь КРУЭ.

3.1.51 **Ячейка** – упорядоченное, в соответствии с первичной электрической схемой соединение элементов КРУЭ; является законченным изделием (в полюсном или трёхполюсном исполнении), выполняющим определяемую первичной электрической схемой функцию в составе КРУЭ (линейная, секционная, шиносоединительная и др.).

## 3.2 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

$U_{nom}$  - номинальное напряжение;

$U_r$  - наибольшее рабочее напряжение;

$U_p$  - нормированное выдерживаемое напряжение грозового импульса;

$U_s$  - нормированное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса;

$U_d$  - нормированное выдерживаемое напряжение промышленной частоты;

$f_r$  - номинальная частота;

$I_r$  - номинальный ток;

$I_k$  - номинальный кратковременный выдерживаемый ток;

$I_p$  - пик номинального кратковременного выдерживаемого тока;

$t_k$  - номинальная длительность короткого замыкания;

$p_{rm}$  ( $\rho_{rm}$ ) - номинальное давление (плотность) заполнения для оперирования;

$p_{re}$  ( $\rho_{re}$ ) – номинальное давление (или плотность) элегаза для изоляции и (или) коммутационной способности при заполнении;

$p_{am}$  ( $\rho_{am}$ ) - давление (плотность) срабатывания предупредительной сигнализации;

$p_{me} (\rho_{me})$  - минимальное допустимое давление (или плотность) элегаза для изоляции и коммутационной способности;  
 $p_{mm} (\rho_{mm})$  - минимальное рабочее давление (плотность) для оперирования;  
 $F_p$  - нормированное значение допустимого расхода газа на утечки;  
**КРУЭ** - комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией в металлической оболочке;  
**ЭМС** – электромагнитная совместимость;  
**СНиП** – строительные нормы и правила;  
**РЭ** – руководство по эксплуатации;  
**РД** – руководящие документы;  
**ЗИП** – запасные части и принадлежности;  
**МЭК** – Международная электротехническая комиссия;  
**ПДК** – предельно допустимая концентрация;  
**ПУЭ** – Правила устройства электроустановок, 7-е издание;  
**ПТЭ** – Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации;  
**РУ** - распределительное устройство;  
**IP** – код степени защиты оболочки;  
**r.i.v** – радиопомехи.

## 4 Номинальные параметры

Номинальные параметры КРУЭ следующие:

- а) номинальное напряжение  $U_{ном}$
- б) наибольшее рабочее напряжение  $U_{н.р.}$
- в) номинальный уровень изоляции
- г) номинальная частота  $f_{ном}$
- д) номинальный ток
  - отводов  $I_{НОМ.ОТВ}$
  - сборных шин  $I_{НОМ.сб}$
- е) номинальный кратковременный выдерживаемый ток  $I_T$   
(ток главных и заземляющих цепей)
- ж) пик номинального кратковременного выдерживаемого тока  $I_D$   
(ток главных и заземляющих цепей)
- з) номинальная длительность короткого замыкания  $t_{к.з.}$
- и) номинальные параметры элементов, образующих части КРУЭ, включая их приводные и вспомогательные устройства
- к) номинальные уровни наполнения элегаза
- л) номинальные значения климатических факторов внешней среды

#### **4.1 Номинальное напряжение**

Номинальное напряжение  $U_{ном}$  - действующее значение напряжения, равное номинальному междуфазному (линейному) напряжению электрических сетей, для работы в которых предназначено КРУЭ и совпадающее с классом напряжения электрооборудования по ГОСТ 1516.3.

Значения номинального напряжения выбираются из ряда стандартных значений: 110, 150, 220, 330, 500, 750.

Используемые в электрических сетях зарубежные КРУЭ могут иметь значение номинального напряжения отличное от вышеприведённых стандартных значений.

#### **4.2 Наибольшее рабочее напряжение**

Наибольшее рабочее напряжение  $U_{н.р.}$  - действующее значение наибольшего междуфазного (линейного) напряжения, на которое рассчитано КРУЭ.

Значения наибольшего рабочего напряжения выбираются из ряда стандартных значений, соответствующих значениям номинального напряжения: 110 – 126, 150 – 172, 220 – 252, 330 – 363, 500 – 525, 750 – 787.

Используемые в электрических сетях зарубежные КРУЭ могут иметь значение наибольшего рабочего напряжения отличное от вышеприведённых стандартных значений.

#### **4.3 Номинальный уровень изоляции**

Номинальный уровень изоляции КРУЭ определяется выдерживаемыми испытательными напряжениями: кратковременным напряжением промышленной частоты, напряжением грозового импульса и для КРУЭ 330-750 кВ напряжением коммутационного импульса.

Выдерживаемые испытательные напряжения КРУЭ должны соответствовать значениям, приведённым в ГОСТ 1516.3, раздел 13, в Таблицах 9 (для ряда напряжений 110, 150 и 220 кВ) и 10 (для ряда напряжений 330, 500 и 750 кВ).

#### **4.4 Номинальная частота**

Стандартным значением номинальной частоты является 50 Гц.

#### **4.5 Номинальный ток**

Номинальный ток  $I_{ном}$  главной цепи и аппаратуры управления КРУЭ – действующее значение симметричной составляющей тока, который элементы КРУЭ и аппаратура управления способны длительно пропускать в нормированных условиях применения.

Значения номинальных токов должны выбираться из ряда, нормированного ГОСТ 6827. Предпочтительные значения номинальных токов главной цепи КРУЭ, А: 200, 400, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300, 8000, 10000.

#### **4.6 Номинальный кратковременный выдерживаемый ток**

Номинальный кратковременный выдерживаемый ток (ток термической стойкости)  $I_T$  - действующее значение тока, который КРУЭ и аппаратура управления в замкнутом положении могут пропускать в течение короткого нормированного времени и при нормированных условиях применения.

Значения номинального кратковременного выдерживаемого тока должны выбираться из ряда, нормированного ГОСТ 6827. Предпочтительные значения номинальных кратковременных выдерживаемых токов главной цепи КРУЭ в кА: 20, 25, 31,5, 40, 50, 63, 80, 100.

#### **4.7 Пик номинального кратковременного выдерживаемого тока**

Пик номинального кратковременного выдерживаемого тока  $I_D$  (ток электродинамической стойкости) определяется согласно постоянной времени затухания тока, которая является характеристикой системы. 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 обычно могут использоваться значения постоянной времени 60, 75 и 120 мс, в зависимости от номинального напряжения, а предпочтительное значение пика выдерживаемого тока принимается 2,7 значения номинального кратковременного выдерживаемого тока.

#### **4.8 Номинальная длительность короткого замыкания**

Номинальная длительность короткого замыкания  $t_{к.з.}$  - промежуток времени, в течение которого КРУЭ и аппаратура управления в замкнутом поло-

жении могут пропускать ток, равный номинальному кратковременному выдерживаемому току.

Стандартные значения номинальной длительности короткого замыкания для главных цепей КРУЭ – 3 с, для цепей заземления – 1 с. Следует учитывать, что в главных цепях КРУЭ при однофазных коротких замыканиях ток замыкается через цепи заземления.

При необходимости применения иных значений номинальной длительности короткого замыкания для элементов КРУЭ использовать рекомендуемые значения: 0,5 с, 1 с, 2 с, 3 с.

#### **4.9 Номинальные параметры элементов, образующих части КРУЭ, включая их приводные и вспомогательные устройства**

Номинальные характеристики элементов КРУЭ должны соответствовать параметрам в пунктах 4.1 – 4.8. Значения номинального тока отключения выключателя КРУЭ и тока включения быстродействующего заземлителя не должны быть менее параметров номинального кратковременного выдерживаемого тока (п. 4.6).

Основные технические характеристики выключателя должны соответствовать ГОСТ Р 52565, разъединителей и заземлителей – МЭК 62271-102, трансформаторов тока - ГОСТ 7746, трансформаторов напряжения - ГОСТ 1983, ОПН – ГОСТ Р 52725, кабельных вводов – МЭК 62271-209, вводов «элегаз-воздух» - ГОСТ 10693 и ГОСТ 9920. В КРУЭ, как правило, применяются электромагнитные трансформаторы напряжения с антирезонансными свойствами. Применение трансформаторов напряжения другого типа (емкостные, оптоэлектронные) и требования к ним согласовываются изготовителем с потребителем.

Требования к напряжению приводных и вспомогательных устройств – в соответствии с ГОСТ Р 51317.4.11 (МЭК 61000-4-11-94).

Изменение переменного и постоянного напряжения источника питания в нормальном режиме, измеренное на входе вспомогательного оборудования (электронное управление, наблюдение, мониторинг и связь) при его работе должно составлять от 85 % до 110 % значения номинального напряжения.

Напряжение срабатывания реле, действие которых может привести к ложному срабатыванию коммутационных аппаратов (например, выходные реле защит, РКВ, РКО и т.д.) должно быть не менее  $0,6 U_{НОМ}$ .

##### **4.9.1 Номинальные напряжения постоянного тока**

Значения номинального напряжения постоянного тока вспомогательных цепей, В: 24, 48, 110, 220.

Пульсация напряжения постоянного тока, т.е. значение разности между пиками переменной составляющей напряжения питания при номинальной

нагрузке, должно быть ограничено значением, не превышающим 5 % постоянной составляющей.

#### 4.9.2 Номинальные напряжения переменного тока

Значения номинального напряжения переменного тока вспомогательных цепей, В:

- трёхфазные, трёхпроводные или четырёхпроводные сети (относительно нейтрали/ между фазами) – 120/208, 230/400;
- однофазные, двухпроводные сети – 120, 230.

#### 4.9.3 Провал напряжения и прерывание питания

Провалы напряжения и прерывания питания не должны приводить к сбою в работе аппаратуры управления КРУЭ.

В отношении перерывов питания следует считать, что система работает правильно, если:

- не происходит ложных срабатываний оборудования;
- не происходит ложного срабатывания аварийной сигнализации или сигнализации о внешнем повреждении;
- любое ожидаемое действие завершается правильно, возможно, с небольшой задержкой.

#### 4.10 Номинальные уровни наполнения элегаза

Плотность (или масса) или абсолютное давление газа в МПа (кгс/см<sup>2</sup>), отнесённое к температуре окружающего воздуха +20 °С, указанные для каждого газоизолированного отсека.

#### 4.11 Номинальные значения климатических факторов внешней среды

Номинальные значения климатических факторов внешней среды – по ГОСТ 15150 и ГОСТ 15543.1. Климатическое исполнение У и УХЛ, категории размещения – 1, 3, 3.1, 4.

Верхнее рабочее значение температуры окружающего воздуха исполнений У и УХЛ категорий исполнения 1,3, 3.1 – +40 °С, УХЛ4 – +35 °С.

Нижнее рабочее значение температуры окружающего воздуха исполнений У1 и У3 – минус 45 °С, У 3.1 и УХЛ3.1 – минус 10 °С, УХЛ1 и УХЛ3 – минус 60 °С, УХЛ 4 – +1 °С.

Подробные требования к стойкости КРУЭ в отношении воздействия климатических факторов внешней среды с учётом климатической зоны, категорий размещения и условий эксплуатации должны устанавливаться в технических документах на конкретные типы изделий.

## **5 Технические требования к КРУЭ**

Технические характеристики КРУЭ должны удовлетворять требованиям настоящего стандарта и техническим условиям на КРУЭ конкретных типов, согласованным между ОАО «ФСК ЕЭС» и изготовителем.

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

### **5.1 Условия эксплуатации**

В отношении стойкости к воздействию климатических факторов внешней среды КРУЭ должны соответствовать требованиям ГОСТ 15150. Номинальные значения климатических факторов внешней среды и требования в части стойкости к воздействию этих факторов – по ГОСТ 15150 и ГОСТ 15543.1.

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

КРУЭ наружной установки должны изготавливаться 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.

Вводы «элегаз-воздух» должны изготавливаться 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.

Основные требования к КРУЭ по условиям установки и механической стойкости к внешним воздействиям: высота над уровнем моря – не выше 1000 м, тип атмосферы – II по ГОСТ 15150 – 69 (п. 3.14), сейсмостойкость должна соответствовать географическому расположению подстанции, группа механического исполнения по ГОСТ 17516.1 – М13. В случае применения вводов 750 кВ по ГОСТ 10693 установка КРУЭ на высоте над уровнем моря ограничивается 500 м.

### **5.2 Требования к электрической прочности изоляции**

Изоляция главных цепей КРУЭ, цепей управления, вспомогательных цепей должна соответствовать требованиям ГОСТ 1516.3.

Нормированные испытательные напряжения главных цепей КРУЭ должны соответствовать данным ГОСТ 1516.3, раздел 13, Таблицы 9 и 10.

Изоляция цепей управления и вспомогательных цепей КРУЭ относительно земли должна выдерживать испытательное кратковременное (одноминутное) переменное напряжение по ГОСТ 1516.3, п. 4.14, междувитковая электромагнитов по ГОСТ 1516.3, п. 13.2.3.

Длина пути утечки внешней изоляции вводов «элегаз-воздух» («воздух-газ») должна соответствовать степени загрязненности не менее II\* по требованиям ГОСТ 9920 (раздел 2).

### **5.3 Требования к стойкости при сквозных токах короткого замыкания**

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

Цепи заземления КРУЭ должны быть устойчивы к воздействию сквозных токов короткого замыкания при длительности их протекания, определённых значениями п. 4.8.

### **5.4 Требования к нагреву при нормальных режимах и коротких замыканиях**

КРУЭ по нагреву, при длительной работе в нормальном режиме должны удовлетворять требованиям ГОСТ 8024.

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

Температура нагрева частей оболочек КРУЭ в нормальных условиях обслуживания оборудования, доступных для прикосновения не должна превышать 70 °С, недоступных для прикосновения не должна превышать 80 °С.

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

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

### **5.5 Требования к газам**

Изготовитель должен указать тип, требуемое качество, количество и плотность газа (смеси газов), используемого в элементах КРУЭ и аппаратуре управления, и дать потребителю необходимые указания по обновлению газа и поддержанию его требуемого количества и качества.

Для предотвращения конденсации наибольшее допустимое содержание влаги внутри элементов КРУЭ, заполненных газом при номинальной плотности  $\rho_{ге}$ , должно быть таким, чтобы точка росы была не выше, чем минус 5 °С при измерении при температуре +20 °С и при номинальной плотности  $\rho_{гн}$ . Соответствующая поправка должна быть сделана для измерения, выполненного при других температурах.

Изготовитель должен указать требования к новому и использованному газу, применяемому в КРУЭ. Новый элегаз для применения в КРУЭ должен соответствовать ТУ 6-02-1248-83. Для обеспечения необходимого качества элегаза в течение всего установленного срока эксплуатации необходимо руководствоваться документом РД 16.066-05. В международной практике используются рекомендации МЭК 62271-4 при применении нового элегаза в случае подготовки к вводу в эксплуатацию оборудования и МЭК 60480 при контроле свойств газа и обслуживании КРУЭ в процессе эксплуатации.

В качестве изоляционной и дугогасящей среды в элементах КРУЭ могут использоваться смеси газов. Наиболее распространенные смеси: элегаз/азот ( $SF_6 + N_2$ ) и элегаз/четырёхфтористый углерод ( $SF_6 + CF_4$ ). Оба вида смесей применяют в оборудовании для использования его при более низких температурах окружающей среды без специальных мероприятий, предотвращающих ожидение элегаза (подогрев). Допустимое значение нижней рабочей температуры оборудования, использующей смесь газов, будет определяться парциальным содержанием элегаза в смеси. Смесей элегаз/азот используют преимущественно при обеспечении изоляционных характеристик оборудования, смеси элегаз/четырёхфтористый углерод – при необходимости сохранения высоких дугогасительных свойств. Обобщённая информация о физических свойствах смесей и их практическом использовании представлена в материалах CIGRE.

Технические характеристики компонентов для смесей с элегазом должны соответствовать азота - по ГОСТ 9293 для азота особой чистоты, четырёхфтористого углерода - по техническим условиям ТУ 301-14-78-92 (Хладон 14). Методика приготовления смесей, заполнения смесями оборудования и поддержания состава смесей в процессе эксплуатации – по инструкции завода-изготовителя оборудования.

## 5.6 Требования к конструкции

КРУЭ должно быть выполнено таким образом, чтобы обеспечивалась безопасность персонала при нормальной эксплуатации, а также при аварийных ситуациях и ремонтных работах, в том числе при обслуживании коммутационных аппаратов, при заземлении подсоединяемых кабелей, определении повреждения кабеля, испытаниях напряжением подсоединяемых кабелей или других аппаратов и устранении опасных электростатических зарядов, а также при проверке последовательности фаз после установки или расширения.

Конструкция устройства должна быть такой, чтобы допустимые смещения фундамента и механические или термические воздействия не влияли на заданные параметры оборудования. Компенсаторы механических смещений и расширений размещаются там, где необходимо для обеспечения механической гибкости КРУЭ.

Все элементы с одинаковыми номинальными данными и конструкцией, которые могут потребовать замены, должны быть взаимозаменяемыми.

Различные элементы, заключенные в оболочку, выполняются по соответствующим стандартам с учетом требований, приведенных в настоящем стандарте.

#### 5.6.1 Деление на отсеки

КРУЭ должно быть разделено на отсеки таким образом, чтобы были соблюдены нормальные рабочие условия и обеспечены меры по ограничению воздействия дуги на внутренние полости. Для этой цели используют перегородки, конструкция которых должна соответствовать требованиям, изложенным в п. 5.20.1 ГОСТ Р 54828.

#### 5.6.2 Перегородки (изоляторы)

Перегородки рассчитаны:

- на разность давлений при вакуумировании газа из отсека (элемента) с одной стороны перегородки при нормальном рабочем давлении на другой стороне перегородки;
- на увеличенное давление на одной стороне перегородки при нормальном рабочем давлении на другой её стороне во время электрического испытания оборудования цепей;
- для несимметричных перегородок на наихудшее направление давления;
- на дополнительные нагрузки и вибрацию;
- на возможность обслуживания элемента, выполняемого с перегородкой, находящейся под давлением.

#### 5.6.3 Элементы, устанавливаемые в оболочках

Элементы КРУЭ, устанавливаемые в оболочках, должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов.

Ввиду малых габаритов, увеличенных сроков службы и межремонтных периодов, в конструкциях элементов КРУЭ должны быть предусмотрены устройства, позволяющие контролировать параметры оборудования в процессе его эксплуатации и обеспечивать повышенную надёжность функционирования:

- в коммутационных аппаратах счетчики срабатывания;
- в ОПНЭ датчики контроля тока проводимости;

- в измерительных трансформаторах исполнение отдельной обмотки для учёта электроэнергии.

Для приводных систем выключателей и быстродействующих заземлителей, обладающих включающей способностью на короткое замыкание, предпочтение должно отдаваться пружинным механизмам, для разъединителей и рабочих заземлителей – двигательным приводам.

Элементы КРУЭ должны быть оснащены вспомогательными средствами (подогрев, вентиляция, защитные меры и т.п.), обеспечивающими нормальную работу оборудования во всём диапазоне фактических условий эксплуатации. При использовании подогрева элементов КРУЭ должен быть предусмотрен контроль цепи подогрева.

В случае нарушения действия вспомогательных средств, нормальное функционирование оборудования КРУЭ должно быть возможно в течение двух часов после прекращения работы этих средств.

После восстановления действия вспомогательных средств, оборудование КРУЭ должно обеспечивать нормированные ему технические характеристики. Перемена полярности в точке присоединения не должна приводить к повреждению вспомогательных цепей и цепей управления.

Органы управления включением и отключением коммутационными аппаратами и органы управления аварийным прекращением работы сети должны располагаться на высоте от 0,4 м до 1,8 м выше уровня обслуживания. Другие органы управления должны быть расположены на удобной для оперирования высоте. Индикаторные устройства должны располагаться на такой высоте, на которой их показания легко различимы.

Размещение элементов КРУЭ должно учитывать доступность для монтажа, прокладки проводов, обслуживания и замены. В случае необходимости обслуживания элементов КРУЭ на высоте 1,2 м и более от уровня пола, следует предусматривать площадки обслуживания – передвижные и/или стационарные. Если элементы КРУЭ нуждаются в настройке в течение срока эксплуатации, должен быть предусмотрен легкий доступ для обслуживающего персонала без опасности поражения электрическим током.

#### 5.6.4 Кабельные соединения

Те составные части КРУЭ, которые остаются соединенными с кабелем, должны выдерживать испытательные напряжения, установленные в соответствующих стандартах для кабелей на то же номинальное напряжение. Во время испытаний электрической прочности кабелей соседние части КРУЭ, как правило, должны быть отключены и заземлены, чтобы предотвратить влияние пробивных разрядов в кабеле на части КРУЭ, находящиеся под напряжением. Для этого в кабельном присоединении КРУЭ должен быть установлен технологический разъединитель (разъём).

Ввод для проведения диагностики и испытания кабеля напряжениями постоянного и переменного тока должен быть предусмотрен на оболочке кабельного соединения или на КРУЭ для каждой фазы (МЭК 62271-209).

#### 5.6.5 Прямые соединения с трансформатором

Прямые соединения КРУЭ с трансформатором выполняются в соответствии со стандартом МЭК 62271-211. Для возможности проведения профилактических испытаний трансформаторов в элегазовом токопроводе КРУЭ у входа в трансформатор должен быть установлен технологический разъединитель (разъём).

#### 5.6.6 Вводы «элегаз-воздух» («воздух-газ»)

Вводы КРУЭ должны соответствовать требованиям ГОСТ 1516.3, ГОСТ 8024 и ГОСТ 9920. Вводы должны соответствовать климатическому исполнению, установленному в п. 5.1.

#### 5.6.7 Токопроводы

В конструкциях токопроводов для внутриподстанционных связей преимущественно должны использоваться оболочки, токоведущие части, контактные узлы, перегородки и опорные изоляторы, применяемые в основных элементах КРУЭ. Конструкции токопроводов должны удовлетворять всем испытательным нормам, распространяющимся на КРУЭ – ГОСТ Р 54828, МЭК 62271-203.

#### 5.6.8 Изолирующие устройства

Для обеспечения возможности испытания КРУЭ повышенным напряжением, нормируемым для соединения с трансформатором и вводов, также как для кабельного соединения, должна быть предусмотрена возможность создания изоляционного разрыва от сопрягаемого оборудования. Применение изоляционных приспособлений является более предпочтительным способом, чем демонтаж деталей. Для воздушных вводов может быть достаточным отсоединения провода с внешней (воздушной) стороны.

Для возможности проведения проверки электрического сопротивления главной токоведущей цепи в конструкции КРУЭ должна быть предусмотрена возможность доступа к главной токоведущей цепи без демонтажа элементов КРУЭ.

#### 5.6.9 Защита от коррозии

Выбор материалов и защитных покрытий деталей и сборочных единиц КРУЭ должен определяться условиями эксплуатации, стандартами Единой си-

системы защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС) и указываться в эксплуатационной документации.

При эксплуатации необходимо обращать внимание на возможное возникновение коррозии оборудования. Все болтовые или резьбовые соединения оболочки должны оставаться легко разбираемыми. В частности, гальваническая коррозия между материалами должна учитываться, так как она может привести к потере герметичности. Непрерывность цепей заземления должна гарантироваться с учетом коррозии болтовых и резьбовых соединений.

Количество точек заземления и схема заземления КРУЭ должны быть выполнены таким образом, чтобы исключить какие-либо проявления электрохимической коррозии металла токопроводов КРУЭ в местах перехода их через перекрытия.

#### 5.6.10 Газовая система КРУЭ

Управляемая система давления, в которой объем газа автоматически подпитывается от внешнего источника сжатого газа или от внутреннего источника газа, в КРУЭ не применяется.

В КРУЭ используются автономная система давления и замкнутая система давления. Должны быть предусмотрены средства, дающие возможность безопасной и удобной подпитки газовых систем при нахождении оборудования в эксплуатации. Применение внешних трубок для подпитки газа недопустимо.

##### *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, а время между подпитками должно быть не менее чем 1 месяц. Рекомендуемый уровень утечки одиночного отсека КРУЭ в атмосферу и между отсеками для автономной системы давления – не более 0.5 % в год.

##### *Замкнутые системы давления*

Герметичность замкнутых систем давления характеризуется ожидаемым сроком службы. Ожидаемый срок службы по режиму утечки должен быть определен изготовителем. Предпочтительные значения: 20 лет, 30 лет и 40 лет. В замкнутой системе давления для выполнения требования к ожидаемому сроку службы принимается уровень утечки газа - 0,1 % в год.

##### *Координация давления*

Давление внутри КРУЭ может отличаться от уровня номинального давления заполнения из-за различных условий эксплуатации. Повышение давления из-за температуры и утечки между отсеками может вызвать дополнительные механические напряжения. Снижение давления, из-за утечки, может снизить электрическую прочность.

Ниже, на рисунке, представлена рекомендуемая координация давлений по ГОСТ Р 54828 (МЭК 62271-203).

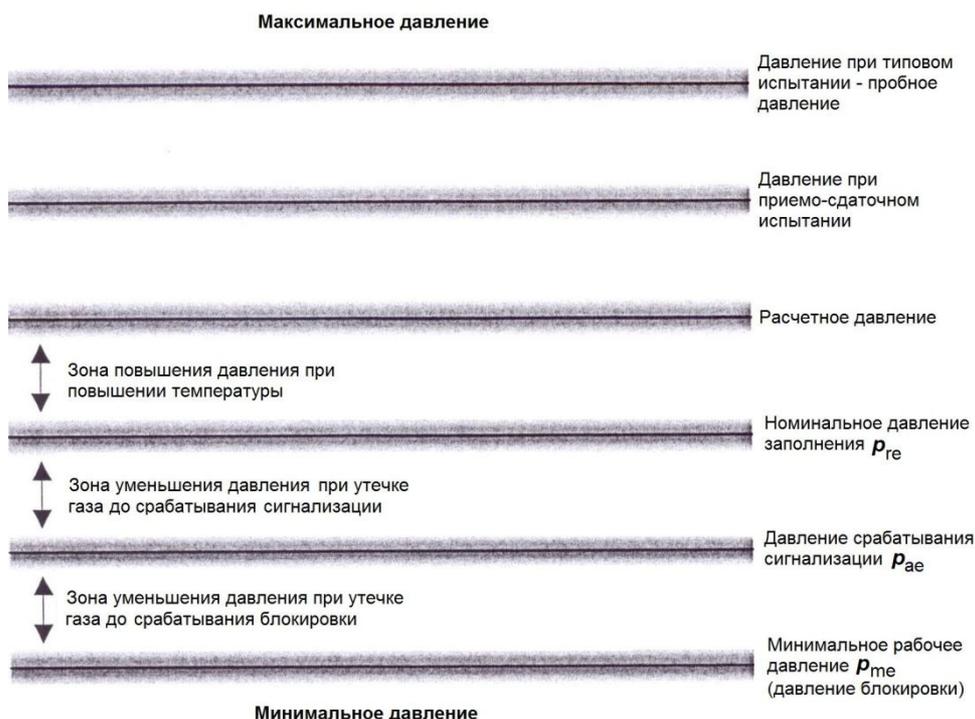


Рис. 1 Рекомендуемая координация давлений по ГОСТ Р 54828 (МЭК 62271-203)

Изготовитель должен выбрать минимальное допустимое давление элегаза для изоляции и коммутационной способности  $p_{me}$  и давление срабатывания предупредительной сигнализации снижения давления. Номинальное давление элегаза для изоляции и коммутационной способности при заполнении  $p_{ge}$  устанавливается в зависимости от минимального допустимого давления элегаза для изоляции и коммутационной способности и допустимого уровня утечки, чтобы получить интервал времени между подпитками 25 лет.

Интервал между значением давления при срабатывании сигнализации о снижении давления и минимальным допустимым давлением должен быть достаточным для выполнения работ по повышению давления. Погрешность устройств контроля давления газа должна учитываться.

*Сброс давления*

Устройства для сброса давления защищают от избыточного давления в случае внутреннего повреждения. В целях безопасности и ограничения последствий для КРУЭ рекомендуется в каждый отсек установить устройство для сброса давления, кроме отсеков с большим объемом, где избыточное давление само ограничивается до значений, которые не превышают давление типового испытания. Для таких отсеков возможность ограничения давления должна быть подтверждена расчётом. Устройства для сброса давления должны быть расположены так, чтобы свести к минимуму опасность для оператора при выполнении им обычных обязанностей на подстанции с газовой изоляцией.

Устройства для сброса давления должны иметь дефлектор, чтобы направлять выброс и обеспечивать отсутствие опасности для работы оператора в местах его возможного нахождения.

Примечание. Под термином "устройство для сброса давления" подразумевают клапаны, имеющие давления открытия и закрытия, и устройства для сброса давления без повторного закрытия отверстия сброса, например, диафрагмы и разрывные мембраны.

#### 5.6.11 Конструкция оболочек

Конструкция оболочек должна соответствовать требованиям «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» ПБ 03-576-03.

Оболочка должна быть способной выдерживать нормальные и переходные давления, которым она подвергается в эксплуатации, а также возможные воздействия при возникновении внутреннего дугового перекрытия. В случае внутреннего короткого замыкания, в результате которого происходит повреждение оболочки, она должна быть заменена и проверена целостность оболочек смежных элементов.

#### *Воздействие дуги при внутреннем коротком замыкании и стойкость оболочек элементов КРУЭ*

Должны быть предусмотрены меры для уменьшения последствий внутренней дуги для оборудования КРУЭ и сокращения временного интервала перерыва в энергопитании. Одним из средств, которые решают эту проблему, являются устройства сброса давления (предохранительные мембраны, клапаны и т.п.). Дуга не должна проникать в соседние газовые отсеки. Последствия внутренней дуги должны быть локализованы в пределах одного отсека, в котором возникла дуга.

Секционирование КРУЭ должно позволять быстро восстановить те части, которые не подверглись воздействию дуги, и восстановить функционирование КРУЭ.

#### *Воздействие дуги*

Следствием внутреннего дугового перекрытия являются:

- повышение давления газа и
- возможный прожог оболочки.

Чтобы обеспечить высокую степень защиты персонала, внешние эффекты дуги должны ограничиваться соответствующей защитой, появлением отверстий или разрывов в оболочке без какого-либо бесконтрольного выброса твердых частиц.

Длительность горения дуги определяется первой ступенью релейной защиты (основная защита) или второй ступенью (резервная защита).

Рекомендованные критерии защиты по ГОСТ Р 54828 и МЭК 62271-203 при различной длительности дуги согласно настройке систем защиты приводятся ниже в Таблице 1.

Таблица 1

Номинальный ток короткого замыкания	Степень защиты	Длительность тока	Критерии состояния
$\leq 40$ кА (действующее значение)	1	0,2 с	Без внешних эффектов, кроме работы устройств сброса давления
	2	$\leq 0,5$ с	Без фрагментации (допустим прожог)
$\geq 40$ кА (действующее значение)	1	0,1	Без внешних эффектов, кроме работы устройств сброса давления
	2	$\leq 0,3$	Без фрагментации (допустим прожог)

Изготовитель и потребитель могут определить время, в течение которого при возникновении тока короткого замыкания дуга не вызывает внешних воздействий.

#### 5.6.12 Блокировки

Блокировки КРУЭ связаны как с состоянием уровня давления газа в элементах ячейки, так и обеспечением безопасности и предотвращения ущерба при работе с коммутационными аппаратами КРУЭ.

*Блокировка низкого и высокого давления и контролирующее устройства*

Автономные и замкнутые системы давления, заполненные сжатым газом для изоляции и/или функционирования, и имеющие минимальное рабочее давление для изоляции и/или функционирования выше 0,2 МПа (абсолютное давление), должны быть снабжены контролирующими устройствами давления (или плотности) для постоянного или, по крайней мере, периодического контроля как части программы обслуживания с учетом требований соответствующих стандартов.

Для элементов КРУЭ и аппаратуры управления, имеющих минимальное рабочее давление не выше 0,2 МПа (абсолютное давление), такие средства должны быть предметом соглашения между изготовителем и потребителем.

Плотность газа или давление газа, скомпенсированное по температуре, в каждом отсеке должны постоянно контролироваться. Контролирующее устройство индикаторного типа должно обеспечивать не менее двух уставок уровня давления или плотности (давление/плотность сигнализации и минимальные функциональные давление или плотность).

Контролирующие устройства газа должны быть доступны для проверки и замены при нахождении оборудования высокого напряжения в эксплуатации.

Примечание 1. В случаях, когда номинальная плотность при заполнении различается для соседних отсеков, может быть использован и третий уровень сигнализации, указывающий на избыточную плотность.

Примечание 2. Погрешности индикаторных приборов, а также возможные различия в температуре между контролирующим устройством и объёмом контролируемого газа должны учитываться.

### *Блокировки в главных цепях КРУЭ*

Для главных цепей обязательны следующие устройства блокировки, которые используются при создании изоляционных промежутков и заземлении:

- блокировки для предотвращения включения – на аппаратах, установленных в главной цепи, которые используются для обеспечения изоляционного промежутка при работах по обслуживанию;

- блокировки для предотвращения отключения – на заземлителях.

Элементы блокировок КРУЭ (промежуточные реле блокировок разъединителей/заземлителей, контакторы блокировок разъединителей/заземлителей), выполненных заводом-изготовителем, должны иметь дополнительные блок-контакты состояния для сбора в контроллеры присоединения в виде дискретных сигналов информации о состоянии указанных элементов.

В цепях электрической блокировки КРУЭ должны быть предусмотрены реле блокировки с нормально замкнутыми контактами для реализации дополнительных условий блокировки (программные блокировки в контроллерах присоединений).

Заземлители, имеющие включающую способность при коротком замыкании, меньшую номинального пика выдерживаемого тока короткого замыкания, должны быть механически заблокированы с соответствующими разъединителями так, чтобы при высоком напряжении на главной токоведущей цепи было невозможно включение заземляющей цепи, а при включённом положении заземляющей цепи не допускалось включение главной токоведущей цепи.

**Быстродействующие заземлители должны иметь блокировку от включения при наличии напряжения на главной токоведущей цепи и механическую блокировку привода в отключённом и включённом положениях.**

Выключатели нагрузки с включающей способностью при коротком замыкании менее, чем номинальный пик выдерживаемого тока короткого замыкания или с отключающей способностью, менее номинального рабочего тока, и разъединители должны быть заблокированы с соответствующим выключателем, чтобы предотвратить отключение или включение выключателя нагрузки или разъединителя, если выключатель не отключен. Однако на подстанциях с несколькими системами сборных шин должны быть возможны операции по переключению с одной системы шин на другую, выполняемые под нагрузкой.

Конструкция КРУЭ должна предусматривать проведение проверки отсутствия высокого напряжения на отходящих линиях путём использования встроенных указателей напряжения.

#### 5.6.13 Шум

Во время работы КРУЭ уровень шума, производимого оборудованием, не должен превышать установленное значение. Это значение и методика проверки должны определяться в соответствии с ГОСТ 23941.

#### 5.6.14 Заземление КРУЭ и аппаратуры управления

Оболочки элементов КРУЭ и вспомогательного оборудования должны быть снабжены надежным заземляющим выводом, имеющим зажимной винт или болт для соединения с заземляющим проводником. Точка подсоединения должна быть маркирована знаком заземления в соответствии с ГОСТ 21130. Части металлических оболочек, подсоединенных к системе заземления, могут рассматриваться как заземляющий провод. Общие рекомендации для заземляющих устройств в электроустановках – ПТЭ, раздел 5.10.

Допускается заземление КРУЭ выполнять в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

#### *Заземление главной цепи*

Должна быть предусмотрена возможность заземления всех частей главных токоведущих 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 обладающего включающей способностью на ток короткого замыкания, если при заземлении есть уверенность в том, что подсоединяемая цепь не находится под напряжением.

Заземлители, устанавливаемые на сборных шинах и на отходящих

линиях, должны обладать быстродействием и включающей способностью на ток короткого замыкания.

Кроме того, после открытия оболочки на время проведения ремонтных работ должна быть обеспечена возможность подсоединения переносных заземлений к тем элементам цепи, которые ранее были заземлены через заземлители.

#### *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 с целью обеспечения непрерывности цепи возможно болтовым соединением или сваркой.

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

#### 5.6.15 Степени защиты

Безопасность персонала, обслуживающего главные цепи КРУЭ, достигается благодаря полной герметизации оболочек главной цепи КРУЭ.

Степени защиты согласно ГОСТ 14254 должны быть определены для аппаратуры управления, допускающих проникновение снаружи, и для оболочек (шкафов) соответствующих цепей управления и /или вспомогательных цепей низкого напряжения и приводов управления всех коммутационных аппаратов высокого напряжения, аппаратуры управления и коммутационных устройств.

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

Степень защиты персонала от доступа к опасным частям цепей управления и/или вспомогательных цепей и любым опасным подвижным частям обеспечиваемая оболочкой, должна обозначаться в соответствии с Таблицей 2.

Первая характеристическая цифра указывает степень защиты, обеспечиваемую оболочкой в отношении персонала, а также защиты оборудования внутри оболочки от проникновения твердых посторонних предметов.

В ней приведены характеристики предметов, которые должны быть “исключены” оболочкой для каждой из степеней защиты. Термин “исключены” означает, что твердые посторонние предметы не будут проникать в оболочку полностью и что часть тела работника или предмета, находящегося в его ру-

ках, не входят в оболочку, а, если входят, то будет сохранен соответствующий зазор и не будет касания подвижных частей.

Таблица 2

Степень защиты	Защита от попадания твердых посторонних предметов	Защита от прикосновения к опасным частям
IP1X	Предметы диаметром 50 мм и более	Доступ шупом (испытательный шуп диаметром 12 мм, длиной 80 мм)
IP2X	Предметы диаметром 12,5 мм и более	Доступ шупом (испытательный шуп диаметром 12 мм, длиной 80 мм)
IP2XS	Предметы диаметром 12,5 мм и более	Доступ инструментом (испытательный стержень диаметром 2,5мм, длиной 100 мм)
IP2XD	Предметы диаметром 12,5 мм и более	Доступ проволокой (испытательная проволока диаметром 1 мм, длиной 100мм)
IP3X	Предметы диаметром 2,5 мм и более	Доступ инструментом (испытательный стержень диаметром 2,5мм, длиной 100 мм)
IP3XD	Предметы диаметром 2,5 мм и более	Доступ проволокой (испытательная проволока диаметром 1 мм, длиной 100мм)
IP4X	Предметы диаметром 1 мм и более	Доступ проволокой (испытательная проволока диаметром 1 мм, длиной 10 мм)
IP5X	Пыль Попадание пыли не предотвращается полностью, 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)
<p>Примечания.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обозначение степеней защиты соответствует ГОСТ 14254.</li> <li>2. В случае IP5X применима степень 2 п. 13.4 ГОСТ 14254.</li> <li>3. Если предусматривается защита только от проникновения к опасным частям, то первая характеристическая цифра заменяется на X.</li> </ol>		

### *Защита от попадания воды (код IP)*

Для оборудования внутренней установки степень защиты от опасного попадания воды, как вторая характеристическая цифра IP кода не указывается (вторая характеристическая цифра X).

Оборудование для наружной установки, обеспеченное дополнительными элементами защиты от дождя и других погодных условий, должно быть обозначено посредством дополнительной буквы W, приводимой после второй

характеристической цифры или после дополнительной буквы, если таковая имеется.

#### 5.6.16 Электромагнитная совместимость (ЭМС)

Для главной цепи коммутационной аппаратуры в нормальном режиме работы без коммутационных операций уровень эмиссии проверяется путем измерения напряжения радиопомех, если это применимо. Методика проведения испытаний с определением радиопомех должна соответствовать ГОСТ 1516.2, п. 7.6.

Требования к электромагнитной совместимости предъявляются к интерфейсам и вводам вспомогательных цепей, цепей управления, вспомогательных сборок, имеющим электронные компоненты, воздействие помех на которые может привести к неправильному функционированию. Предельные значения радиопомех при испытаниях не должны превышать нормированных значений, указанных в стандартах на электрооборудование отдельных видов.

Примечание. Общие указания по электромагнитной совместимости и ее улучшению приведены в ГОСТ Р 51317.6.5.

#### 5.6.17 Указатели положения

В коммутационных аппаратах в случае, если контакты невидимы, должен быть предусмотрен ясный и надежный указатель положения контактов главной цепи, механически связанный с этими контактами. Должна быть возможность легко контролировать указатель положения при регламентных работах с оборудованием.

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

Включенное положение должно быть маркировано как В (белая буква на красном фоне). Отключенное положение должно быть маркировано как О (белая буква на зелёном фоне).

Определение отключенного положения разъединителя или заземлителя обеспечивается, если выполнено одно из следующих условий:

- виден изоляционный промежуток;
- положение подвижного контакта, гарантирующее изоляционное расстояние или промежуток, показывается визуальным индикаторным устройством.

#### 5.6.18 Таблички

КРУЭ, его основные части и приводные устройства должны иметь заводские таблички, соответствующие ГОСТ 12969 и ГОСТ 12971, содержание которых согласовывается между изготовителем и заказчиком. Таблички должны быть с четким и с длительно сохраняющимся текстом, устойчивым к атмосферным воздействиям и коррозии.

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

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

В табличках должны быть приведены следующие характеристики и их символы:

- номинальное напряжение	$U_{nom}$
- наибольшее рабочее напряжение	$U_r$
- нормированное выдерживаемое напряжение грозового импульса	$U_p$
- нормированное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса	$U_s$
- нормированное выдерживаемое напряжение промышленной частоты	$U_d$
- номинальный ток	$I_r$
- номинальный кратковременный выдерживаемый ток	$I_k$
- пик номинального выдерживаемого тока	$I_p$
- номинальная частота	$f_r$
- номинальная длительность короткого замыкания	$t_k$
- номинальный ток отключения выключателя	$I_{o.ном} (I_{SC})$
- номинальное напряжение питания вспомогательных цепей	$U_a$
- номинальное давление (плотность) заполнения для оперирования	$P_{rm}$
- номинальное давление (плотность) для изоляции и коммутационной способности при заполнении	$P_{re}$
- давление (плотность) предупредительного сигнала для функционирования	$P_{am}$
- минимальное рабочее давление (плотность) для изоляции и коммутационной способности	$P_{me}$
- минимальное рабочее давление (плотность) для функционирования	$P_{mm}$
- масса	

Поскольку другие характеристики (например, тип газа или класс температуры) являются специальными, они должны изображаться символами, которые используются в соответствующих стандартах.

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.

## **5.7 Требования к надёжности**

### **5.7.1 Срок службы**

Срок службы КРУЭ – не менее 30 лет. Срок службы до среднего ремонта – 15 лет.

### **5.7.2 Ресурс**

Коммутационные и механические ресурсы аппаратов КРУЭ:

- выключателей – не менее требований ГОСТ Р 52565, п. 6.6.4 (для коммутационной стойкости) и п. 6.4.13 (для механической стойкости);
- разъединителей и заземлителей- не менее требований МЭК 62271-102.

### **5.7.3 Ремонты**

Текущий и средний ремонты элегазового оборудования должны проводиться в сроки, указанные в технической документации заводоизготовителей. Периодичность последующих средних ремонтов может быть изменена исходя из опыта эксплуатации. После исчерпания ресурса должен производиться капитальный ремонт оборудования независимо от продолжительности его эксплуатации.

## **5.8 Диагностика и система мониторинга**

Программа технического диагностирования состояния КРУЭ должна определяться техническими характеристиками оборудования, параметрами надёжности, которые изготовитель гарантирует оборудованию, и интенсивностью его работы в эксплуатации.

Система диагностики КРУЭ может предусматривать 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 элегаза, степень увлажнения элегаза, примеси в элегазе);
- состояния блокировок коммутационных аппаратов;
- соответствия механических параметров коммутационных аппаратов (скоростные и временные характеристики, конечные положения подвижных частей, параметры приводов);
- ресурсных характеристики 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 должны соотноситься с графиками технического обслуживания КРУЭ.

В систему мониторинга КРУЭ должны быть встроены индикаторные 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.) должно определяться экономической целесообразностью и договорённостью заказчика и изготовителя.

## 6 Требования к испытаниям и приёмке

Технические характеристики КРУЭ должны соответствовать требованиям настоящего стандарта и техническим условиям на оборудование конкретных типов, согласованным между ОАО «ФСК ЕЭС» и изготовителем.

КРУЭ должны подвергаться квалификационным, приемосдаточным, типовым, периодическим испытаниям и испытаниям на месте установки. Объектом испытаний по согласованию между изготовителем и заказчиком может являться как КРУЭ в сборе, так и его отдельные части.

Квалификационным испытаниям подвергается оборудование после освоения технологии производства.

Приёмосдаточным испытаниям подвергаются каждое КРУЭ при выпуске с предприятия-изготовителя.

Типовым испытаниям подвергается оборудование при изменении конструкции, материалов и технологии изготовления и технических характеристик.

Периодические испытания проводятся для подтверждения стабильности технических характеристик КРУЭ в процессе их серийного выпуска.

Испытания на месте установки проводятся после окончания монтажа КРУЭ на объекте применения. Объём и порядок проведения испытаний на месте установки согласуются с потребителем.

### 6.1 Квалификационные испытания

Перечень квалификационных испытаний представлен в таблице ниже. Виды испытаний разбиты на пять групп:

Таблица 3

Группа	Вид испытаний	Пункт
1	а) Испытания электрической прочности изоляции главных и вспомогательных цепей	6.1.1
2	б) Испытания на нагрев	6.1.2

3	в) Испытания на стойкость при сквозных токах короткого замыкания	6.1.3
3	г) Проверка включающей и отключающей способностей коммутационных аппаратов	6.1.4
4	д) Механические испытания коммутационных аппаратов и испытания на воздействие температуры окружающей среды	6.1.5
4	е) Испытания для подтверждения механической прочности оболочек	6.1.6
4	ж) Проверка степени защиты оболочек	6.1.7
4	з) Испытания на герметичность	6.1.8
5	и) Испытания на электромагнитную совместимость (ЭМС)	6.1.9
5	к) Дополнительные испытания вспомогательных цепей и цепей управления	6.1.10
5	л) Критерии стойкости оболочек элементов КРУЭ в условиях горения дуги при внутреннем коротком замыкании	6.1.11
5	м) Испытание на отсутствие коррозии на заземляющих соединениях (если это необходимо)	6.1.12
6	н) Климатические испытания	6.1.13
7	о) Испытания на сейсмостойкость	6.1.14

Каждый отдельный вид квалификационных испытаний должен быть выполнен на полностью собранном образце КРУЭ или его части со своими устройствами управления и вспомогательным оборудованием.

#### *Протокол квалификационных испытаний*

Результаты всех квалификационных испытаний должны быть занесены в протоколы испытаний, содержащие достаточно данных, чтобы подтвердить соответствие с номинальными характеристиками и требованиями к испытаниям, и информацию, достаточную для идентификации основных частей КРУЭ и аппаратуры управления. В частности, должна быть включена следующая информация:

- 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 существенных частей, где применимо;
- основные детали КРУЭ в закрытой оболочке, с которой коммутационные аппараты составляют одно целое;
- фотоснимки для иллюстрации состояния испытуемого КРУЭ и аппаратуры управления до и после испытаний;
- достаточное количество поясняющих рисунков и схем, чтобы представить испытуемое КРУЭ и аппаратуру управления;
- перечень номеров всех чертежей, включая пересмотренные чертежи, представленных для идентификации основных частей испытуемого КРУЭ и аппаратуры управления;
- подробности, касающиеся испытательного оборудования (включая схему испытательной цепи);
- сообщение о состоянии испытуемого КРУЭ и аппаратуры управления в ходе и после испытаний, о восстановлении или замене каких-либо частей в ходе испытаний;
- записи испытательных величин в течение каждого испытания или режима испытания, как это предусмотрено в соответствующих стандартах.

#### 6.1.1 Испытания электрической прочности изоляции

Испытания электрической прочности изоляции КРУЭ и аппаратуры управления должны выполняться в соответствии с ГОСТ 1516.3, главой 13. При разработке оборудования изоляция должна быть всесторонне испытана в соответствии со стандартом.

Нормируемые испытательные напряжения главных цепей КРУЭ:

- напряжения полного грозового импульса;
- напряжения срезанного грозового импульса (для электромагнитных трансформаторов напряжения);
- напряжения коммутационных импульсов (для напряжений 330 кВ и выше);
- кратковременные (одноминутные) переменные напряжения;
- переменные напряжения с измерением частичных разрядов;
- определение длины пути утечки внешней изоляции ввода «воздух-элегаз».

Изоляция цепей управления и вспомогательных цепей КРУЭ испытывается кратковременным (одноминутным) переменным напряжением.

Методика проведения испытаний должна соответствовать ГОСТ 1516.2.

Испытания электрической прочности изоляции при квалификационных и типовых испытаниях проводятся в полном объеме, периодические испытания – в объеме п. 6.4, приёмо-сдаточные – по п. 6.2.

Испытание с измерением характеристик частичных разрядов должно проводиться приложением к испытуемой изоляции переменного напряжения,

предварительное значение которого длительностью 10 с должно быть равно  $1.05 U_{н.р.}$ . 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 должно производиться измерение интенсивности частичных разрядов, значение которого не должно превышать  $10^{-11}$  Кл.

Поправочные коэффициенты при испытаниях КРУЭ на электрическую прочность внутренней изоляции не применяются.

Испытанию под дождем должны подвергаться только наружные вводы.

Испытания КРУЭ проводят при нормированной минимальной рабочей плотности элегаза.

КРУЭ и аппаратура управления должны быть смонтированы для испытаний электрической прочности изоляции с минимальными указанными изготовителем изоляционными промежутками и высотой.

### *Приложение испытательного напряжения и условия испытаний*

Схемы и условия приложение испытательных напряжений – по ГОСТ 1516.3, пункт 13.5.

#### 6.1.2 Испытания на нагрев

Испытания на нагрев при продолжительном режиме работы главных цепей, цепей управления и вспомогательных цепей проводятся в соответствии с ГОСТ 8024.

#### 6.1.3 Испытания на стойкость при сквозных токах короткого замыкания

Главные цепи КРУЭ, цепи заземления должны подвергаться испытанию на стойкость при сквозных токах короткого замыкания (ГОСТ Р 54828, раздел 6.6).

Испытание должно проводиться при номинальной частоте с допуском  $\pm 8\%$  при любом подходящем для опыта напряжении.

КРУЭ с трехфазными оболочками должны подвергаться трехфазным испытаниям. КРУЭ с однофазными оболочками должны быть испытаны при использовании одной фазы с полным обратным током в оболочке.

Испытания должны проводиться 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 должны проводиться при использовании конфигураций, которые создают наиболее жесткие условия.

### *Испытательный ток и длительность короткого замыкания*

Периодическая составляющая испытательного тока должна быть равна периодической составляющей тока термической стойкости ( $I_k$ ) КРУЭ. Пик то-

ка (для трехфазной цепи - наибольшее значение в одной из крайних фаз) должен быть не меньше, чем ток электродинамической стойкости ( $I_p$ ) и не должен превышать его больше, чем на 5 % без согласия изготовителя.

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

Испытательный ток ( $I_t$ ), должен пропускаться в течение времени  $t_t$ , равного номинальной длительности  $t_k$  короткого замыкания (п. 4.8).

*Состояние коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления после испытаний*

После испытания коммутационная аппаратура и аппаратура управления не должны иметь изменений механических характеристик, превышающих допустимые значения, должны быть способны нормально работать, пропускать длительно номинальный рабочий ток без превышения пределов превышения температуры, нормированных ГОСТ 8024, и выдерживать напряжение, предписанное для испытаний электрической прочности изоляции.

Не допускается деформации или повреждения проводников токопроводящего контура элементов КРУЭ. Допускается некоторая деформация и ослабление проводников и соединительных элементов заземления, но непрерывность цепи заземления должна быть сохранена.

6.1.4 Проверка включающей и отключающей способностей коммутационных аппаратов.

Коммутационные аппараты, образующие часть главной цепи КРУЭ, должны быть испытаны на коммутационную способность согласно действующим стандартам на эти виды оборудования (п. 4.9).

6.1.5 Механические испытания коммутационных аппаратов и испытания на воздействие температуры окружающей среды.

Коммутационные аппараты КРУЭ должны подвергаться механическим испытаниям и испытаниям на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам согласно действующим стандартам на эти виды оборудования.

Механические испытания при температуре окружающей среды предусматривают проверку характеристик и исправность работы механизмов аппаратов и испытания их на ресурс по механической стойкости. Испытания должны проводиться в соответствии с требованиями стандартов на виды коммутационных аппаратов.

До и после механических испытаний должна проводиться проверка герметичности для подтверждения допустимого расхода газа на утечки.

*Испытание на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам.*

Испытания на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам должны проводиться в соответствии со стандартами на элементы КРУЭ и ГОСТ 15150.

#### 6.1.6 Испытания для подтверждения механической прочности оболочек

При изготовлении гидравлическим испытаниям подвергаются все оболочки. Испытания проводят согласно «Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» ПБ 03-576-03.

После испытаний оболочка не должна иметь пробоин, а деформация оболочки не должна влиять на нормальную работу оборудования, на уменьшение изолирующего промежутка, длину пути утечки или уменьшения нормированной степени защиты против доступа опасных частей ниже допустимых значений.

#### 6.1.7 Проверка степени защиты оболочек

В соответствии с требованиями ГОСТ 14254, должны проводиться испытания оболочек в нормальных климатических условиях испытаний по ГОСТ 15150. При проверке IP кода испытываемое оборудование должно быть чистым и новым, со всеми конструктивными элементами, закрепленными так, как это предусмотрено изготовителем. Необходимость в проведении испытаний на соответствие требованиям данного стандарта оболочек элементов и аппаратуры управления КРУЭ должен устанавливать производитель по согласованию с заказчиком оборудования (и в согласованном объеме).

#### 6.1.8 Испытание на герметичность

Измерение расхода изоляционного газа на утечки должно выполняться при испытаниях с каждым типом оборудования КРУЭ, для подтверждения требуемого расхода газа на утечки при воздействии, вызванном испытаниями механическими и на стойкость к воздействию климатических факторов внешней среды.

Испытание на герметичность проводится с целью подтверждения того, что расход газа на утечки  $F$  не превышает нормированного значения допустимого расхода газа на утечки  $F_p$ .

Испытания на герметичность должны выполняться при заполнении элементов КРУЭ тем же газом и в тех же условиях, которые используются в эксплуатации. Испытания могут выполняться на элементах, составных частях или сборочных единицах. В таких случаях скорость утечки всей системы должна определяться как сумма скоростей утечки составных частей системы. Утечки

между сборочными единицами, имеющими разное давление, также должны приниматься в расчет.

Испытание на герметичность коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления, содержащей контактный коммутационный аппарат, должно выполняться при включенном и отключенном положениях аппарата, если скорость утечки зависит от положения главных контактов.

Повышенный расход на утечки при низких температурах, если такие испытания требуются в соответствующих стандартах, является допустимым при условии, что расход возвращается к значению не выше, чем максимально допустимая величина при нормальной температуре окружающего воздуха. Повышенный расход на утечки не должен превышать значений, заданных ниже в таблице.

Таблица 4

Температура, °C	Допустимый расход на утечки
+40 и +50	$3F_p$
Температура окружающей среды	$F_p$
-5 /-10 /-15 /-25 /-30/-40	$3F_p$
- 50	$6F_p$
- 60	$10F_p$

#### 6.1.9 Испытания на электромагнитную совместимость (ЭМС)

##### *Испытания на излучение от главных цепей (испытание на радиопомехи)*

Относится к вводам «воздух-элегаз».

Испытания применяются для коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления, если они указаны в стандартах на конкретные виды продукции.

Испытания проводятся переменным напряжением с измерением радиопомех по ГОСТ 1516.2.

Коммутационная аппаратура должна рассматриваться как выдержавшая испытание, если уровень радиопомех при  $1,1 U_{н.р} / \sqrt{3}$  не превышает 2500 мкВ.

##### *Испытания на помехоустойчивость вспомогательных цепей и цепей управления*

Вспомогательные цепи и цепи управления коммутационной аппаратуры должны подвергаться испытаниям на помехоустойчивость, если они содержат электронное оборудование, воздействие помех на которое может привести к неправильному функционированию оборудования. Конкретные требования и

методика испытаний должны быть указаны в технических условиях. В других случаях испытания не требуются.

#### 6.1.10 Дополнительные испытания вспомогательных цепей и цепей управления

Дополнительные испытания вспомогательных цепей и цепей управления должны быть выполнены для подтверждения надлежащей работы вспомогательных цепей и цепей управления. Перечень характеристик, проверяемых при испытаниях, и соответствующую методику устанавливает изготовитель.

#### 6.1.11 Критерии стойкости оболочек элементов КРУЭ в условиях горения дуги при внутреннем коротком замыкании

Установлены два критерия оценки защищенности оборудования от повреждения внутренней дугой. Первый соответствует продолжительности протекания тока при срабатывании первой (главной) ступени токовой защиты (основной быстродействующей защиты), а второй относится к случаю, когда короткое замыкание устраняется действием второй (запасной) ступени защиты (резервной защиты).

КРУЭ может считаться прошедшим испытание, если оба критерия состояния, приведенные в таблице п. 5.6.11, удовлетворяются.

Для подтверждения обоих критериев, длительность испытания должна быть, по крайней мере, равна времени второй ступени защиты. Если второй критерий удовлетворяется с прожогом оболочки и момент прожога с нужной достоверностью определить затруднительно, допускается подтверждение первого критерия отдельным испытанием с временем протекания тока, соответствующим первой ступени защиты (ГОСТ Р 54828, п. 6.16).

#### 6.1.12 Испытание на отсутствие коррозии на заземляющих соединениях

Испытание на отсутствие коррозии на заземляющих соединениях проводятся для КРУЭ наружной установки по требованию потребителя.

#### 6.1.13 Климатические испытания

Климатические испытания проводятся с целью определения работоспособности оборудования в диапазоне от нижнего рабочего значения температуры до верхнего рабочего значения температуры, нормированных для КРУЭ.

КРУЭ, предназначенные для установки в эксплуатацию должны пройти климатические испытания в соответствии с ГОСТ 16962.1 и удовлетворять требованиям ГОСТ 15543.1. Особенности испытаний отдельных элементов КРУЭ на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам устанавливаются стандартами на эти виды оборудования (п. 9.1.4).

### 6.1.14 Испытания на сейсмостойкость

Сейсмостойкость КРУЭ должна соответствовать сейсмической зоне места установки оборудования. Испытания на сейсмостойкость оборудования и её оценка должны быть проведены, исходя из требований ГОСТ 30546.1 и ГОСТ 30546.2.

## 6.2 Приемо-сдаточные испытания

При проведении приемо-сдаточных испытаний должны проводиться следующие виды испытаний:

- а) Испытание электрической прочности изоляции главной цепи кратковременным (одноминутным) переменным напряжением.
- б) Испытание электрической прочности изоляции главной цепи переменным напряжением с измерением частичных разрядов.
- в) Испытания вспомогательных цепей и цепей управления.
- г) Измерение электрического сопротивления главной токоведущей цепи.
- д) Испытание на герметичность.
- е) Проверка на соответствие требованиям сборочного чертежа.
- ж) Механические испытания.

### 6.2.1 Испытание электрической прочности изоляции главной цепи

Испытания проводят с приложением нормированного кратковременного напряжения промышленной частоты по методике ГОСТ 1516.2 при нормируемой минимальной рабочей плотности элегаза.

Испытания по контролированию уровня частичных разрядов должны проводиться в соответствии с ГОСТ 1516.3. Измерения частичных разрядов должны проводиться вместе с испытаниями электрической прочности изоляции после приемо-сдаточных механических испытаний.

Испытание должно проводиться на всех компонентах КРУЭ. Оно может проводиться на полной ячейке, на транспортной единице или отдельных компонентах.

### 6.2.2 Испытание вспомогательных цепей и цепей управления

Вспомогательные цепи и цепи управления должны быть проверены на правильность монтажа. Должно быть проверено соответствие вспомогательных цепей и цепей управления принципиальным и монтажным схемам и техническим данным, предусмотренным изготовителем.

*Испытания на функционирование*

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

Электрические, пневматические и другие блокировки вместе с аппаратами управления, имеющими заданную последовательность оперирования, должны быть испытаны пять раз в указанных условиях и при наиболее неблагоприятных предельных значениях вспомогательного источника питания. Во время испытаний регулировка не допускается.

Методика испытаний определяется соответствующими стандартами для элементов КРУЭ и аппаратуры управления.

Испытания считаются 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 (п. 6.2.6).

Испытание на функционирование на цепях низкого напряжения сборочных единиц и элементов КРУЭ могут не выполняться, если они проводятся на полностью собранной ячейке и её аппаратуре управления.

#### *Проверка защиты от поражения электрическим током*

Должны быть проверены защита от прямого контакта с главной цепью и безопасный доступ к частям вспомогательного оборудования и оборудования управления.

#### *Испытания электрической прочности изоляции*

Испытания электрической прочности изоляции вспомогательных цепей и цепей управления проводят по ГОСТ 1516.3, п. 4.14.

#### 6.2.3 Измерение сопротивления главной цепи

Проверку электрического сопротивления главной цепи проводят по ГОСТ 8024.

#### 6.2.4 Испытание на герметичность

Испытания должны проводиться на оборудовании, заполненном до номинального давления газа. Использовать рекомендации п. 5.1.8.

Для газонаполненных систем может быть использован течеискатель с чувствительностью не менее  $10^{-2}$  Па см<sup>3</sup>/с.

#### 6.2.5 Проверка на соответствие требованиям сборочного чертежа

Проводится визуально внешний осмотр с целью проверки конструкции и соответствия требованиям сборочного чертежа КРУЭ.

#### **6.2.6 Механические испытания**

Испытания проводятся с целью подтверждения соответствия коммутационных аппаратов заданным характеристикам и для проверки работы механических блокировок.

Коммутационные аппараты КРУЭ подвергаются механическим приемосдаточным испытаниям согласно соответствующим стандартам. Дополнительно, все коммутационные аппараты, оборудованные механическими блокировками, должны подвергаться 5 оперативным циклам, чтобы проверить работу связанных с ними блокировок. Перед каждой операцией блокировки должны быть установлены в положение, предназначенное для предотвращения работы коммутационных аппаратов, и затем должна быть проедена одна попытка включения или отключения каждого коммутационного аппарата. Во время этих испытаний следует применять только нормальные оперативные силы, никакой корректировки не должно быть по отношению к коммутационным аппаратам или блокировкам.

Испытания оболочек на прочность при приемосдаточных испытаниях не проводятся.

### **6.3 Типовые испытания**

Необходимость проведения типовых испытаний и их объём при изменении конструкции, применяемых материалов, технологии производства или технических параметров определяет изготовитель или разработчик (ГОСТ Р 54828, раздел 6.1).

### **6.4 Периодические испытания**

Объём периодических испытаний определяется из перечня квалификационных испытаний (подраздел 6.1). Сроки проведения и объём периодических испытаний согласуются с заказчиком. Рекомендуемые сроки проведения и объём периодических испытаний элементов КРУЭ – в стандартах на виды оборудования (п. 9.1.4).

### **6.5 Испытания на месте установки**

Объём и порядок проведения испытаний на месте установки (монтажа) КРУЭ приведён в подразделе 9.1.

## **7 Требования к маркировке, транспортировке и хранению**

### **7.1 Маркировка**

Каждая транспортная единица должна иметь табличку по ГОСТ 12971, на которой в соответствии с ГОСТ 18620 должно быть указано на русском языке:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- условное обозначение типа КРУЭ;
- порядковый номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- дата изготовления (год);
- и данные п. 5.6.18.

### **7.2 Упаковка**

Упаковка КРУЭ и его частей должна обеспечивать защиту от механических повреждений и от воздействия окружающей среды в процессе транспортирования и хранения.

Упаковка должна соответствовать ГОСТ 15150, ГОСТ 23216, ГОСТ 15846 и указываться в технических условиях на КРУЭ конкретных типов.

### **7.3 Транспортирование и хранение**

Ячейки (элементы ячеек) транспортируются в собранном виде, заполненными элегазом или азотом при избыточном давлении 0,03-0,05 МПа (0,3-0,5 кгс/см<sup>2</sup>). В отдельных случаях, по согласованию с заказчиком допускается транспортировка ячеек в частично разобранном виде (герметичными отсеками).

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 указаны в технических условиях.

Консервация изделий должна проводиться согласно ГОСТ 23216.

В каждое грузовое место должен быть вложен упаковочный лист, содержащий перечень упакованных частей. Транспортируемые ячейки (отсеки) должны быть снабжены индикаторами удара («шок-индикаторами»).

## **8 Требования к сопроводительной документации**

Изготовитель предоставляет сопроводительную документацию для обеспечения надлежащей эксплуатации КРУЭ. Перечень эксплуатационной документации, построение, содержание и оформление должны соответствовать ГОСТ 2.601 и ГОСТ 2.610. Эксплуатирующая организация должна разработать должностные инструкции специалистов всех категорий и рабочих и необходимую документацию для обслуживания элегазового оборудования, руководствуясь общими положениями ПТЭ, раздел 1.7.

### *Комплектация*

В комплект поставки КРУЭ должны входить: транспортные единицы элементы ячейки и детали, а также запасные части, принадлежности и монтажные материалы, предусматриваемые в технических условиях на конкретные типы КРУЭ, а также элегаз, необходимый для заполнения.

При поставке КРУЭ должна прилагаться следующая документация:

- паспорт КРУЭ;
- руководство по эксплуатации РЭ;
- паспорт сосуда, работающего под давлением;
- электрические схемы главных цепей;
- электрические схемы вспомогательных цепей;
- документация по монтажу и вводу в работу;
- ведомость ЗИП;
- паспорта на комплектующие изделия;
- газовая схема КРУЭ;
- комплектовочная ведомость.

Рекомендуемая первоочередная номенклатура ЗИП:

- дугоприёмные электроды и сопла выключателей;
- главные контакты выключателей;
- наполнители фильтров;
- изоляторы-распорки с контактными узлами (3 комплекта).

По договорённости заказчика с изготовителем могут поставляться другие комплектующие изделия и элементы КРУЭ.

### *Руководство по эксплуатации*

Руководство по эксплуатации, выпущенное изготовителем, должно содержать следующую информацию:

Перечень необходимого оборудования.

Меры безопасности при работе с оборудованием и работу блокировок и запирающих устройств.

Порядок действий, которые необходимо произвести с оборудованием при отключении, заземлении, обслуживании и испытаниях.

Объём и периодичность обслуживания. При этом должны быть учтены следующие факторы:

- коммутационные операции (величина тока и число операций);
- общее число операций;
- время нахождения в эксплуатации;
- условия окружающей среды;
- измерения и диагностические испытания (если проводились).

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;
- предельные значения и допуски, которые при их превышении вызывают необходимость оперативных действий:
  - величины давления и плотности изоляционного газа;
  - резисторы и конденсаторы (главной цепи);
  - времена включения и отключения аппаратов;
  - сопротивление главных цепей и схема участков, на которых необходимо производить измерения;
  - характеристики изоляционного газа или жидкости;
  - количество и качество газа или жидкости;
  - допустимая эрозия деталей, подвергаемых износу;
  - важнейшие размеры.

Спецификации вспомогательных материалов, содержащие предупреждение об известной несовместимости материалов:

- смазка;
- масло;
- жидкость;
- очищающие и обезжиривающие средства.

Перечень специальных инструментов, подъемного оборудования и снаряжения, обеспечивающего доступ персонала к оборудованию, включая адаптер для подключения высоковольтной установки.

Испытания после работ по обслуживанию.

Перечень рекомендуемых запчастей (наименование, порядковый номер, количество) и рекомендации по хранению.

Оценка продолжительности непосредственно планового обслуживания.

Утилизация оборудования в конце срока службы, принимая во внимание требования окружающей среды.

Изготовитель обязан информировать покупателей конкретного типа коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления о способах устранения возможных систематических дефектов и повреждений, возникающих в эксплуатации.

Должен быть представлен перечень запчастей. Запасные части, необходимые для проведения обслуживания, должны обеспечиваться изготовителем в течение не менее 10 лет, считая от даты окончания изготовления коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления.

#### *Рекомендации для эксплуатирующей организации*

Эксплуатирующая организация должна следовать указаниям руководства по эксплуатации изготовителя.

Эксплуатирующей организации надлежит 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.

В случае отказа или дефекта эксплуатирующая организация должна составить акт об отказе и информировать изготовителя, сообщив особые подробности и принятые меры. В зависимости от причины отказа должен быть сделан его анализ совместно с изготовителем.

## **9 Требования к монтажу, проведению пусконаладочных работ, испытаниям на месте монтажа и эксплуатации**

Эксплуатирующая организация для квалифицированной приёмки КРУЭ обязана руководствоваться нормативным документом ОАО «ФСК ЕЭС» «Методические рекомендации по техническому надзору за приёмкой, выполнением строительно-монтажных работ, наладкой, испытаниями и допуском в эксплуатацию оборудования КРУЭ на напряжения 110-500 кВ» [2].

Подготовка персонала, осуществляющего работы по монтажу, пусконаладке, техническому обслуживанию, ревизии и ремонту КРУЭ должна осуществляться в соответствии с общими положениями ПТЭ, разделы 1.2, 1.3, 1.6, 6.7.

### **9.1 Требования к монтажу**

#### **9.1.1 Подготовка к монтажу**

До начала монтажных работ должны быть завершены все работы по строительству объектов открытого и/или закрытого распределительного устройства.

Завершение строительных работ должно быть оформлено актами рабочих комиссий согласно требованиям СНиП 3.01.04 [3].

9.1.2 Требования к помещениям КРУЭ должны соответствовать ПТЭ, раздел 5.4.

При проектировании зданий КРУЭ должны быть учтены нагрузки на фундамент, возникающие при работе выключателей. Полы помещений и крепление ячеек КРУЭ на полах должны соответствовать заданным изготовителем нагрузкам, возникающим при оперативной и аварийной работе оборудования.

Помещения для размещения КРУЭ внутренней установки должны быть выполнены из материалов, исключающих выделение пыли, либо иметь для этого защитное покрытие. **Заделка отверстий в полу для кабельных присоединений и токопроводов должна осуществляться в соответствии с рекомендациями ПУЭ 7-го издания (раздел «Закрытые распределительные устройства и подстанции»); при этом, для противопожарной заделки должны быть использованы негигроскопичные материалы с обеспечением мероприятий, препятствующих коррозии кожуха токопровода.** Поверхность пола помещения, где устанавливается КРУЭ, должна быть гладкой, отклонение от горизонтали не должно превышать 1 мм/м. Полы, как правило, должны выполняться антистатическими токоотводящими полимерными наливного типа достаточной прочности. На уровне пола необходимо предусмотреть стоки, исключающие накопление элегаза в помещении. Должны быть исключены замкнутые пространства, в которых мог бы скапливаться газ.

Вентиляция РУ должна обеспечивать отсутствие запыленности воздуха и концентрации газа в рабочей зоне распределительного устройства. Предельная допустимая концентрация элегаза в воздухе рабочей зоны согласно ГОСТ 12.1.005 должно быть не более 5000 мг/м<sup>3</sup> или 0,08 % по объему. Запыленность воздуха должна быть не более 15 мг/м<sup>3</sup>.

Объёмы помещений должны быть рассчитаны для удобства выполнения монтажа ячеек КРУЭ и их ревизии и ремонта в процессе эксплуатации при выбранных грузоподъёмных устройствах. Проектирование зданий для КРУЭ должно основываться на нормативных документах, определяющих требования к удобству и безопасности обслуживания оборудования, а также пожарную безопасность помещения – ПУЭ (раздел 4), ГОСТ Р 50571-4-44, СНиП 21-01, ПБ 10-382-00.

Проектирование помещений для КРУЭ должно учитывать возможное их расширение, обоснованное экономически подтверждёнными перспективами развития схем подстанций.

Значения оптимальных габаритных размеров КРУЭ, достигнутых в современных конструкциях ведущими фирмами-производителями элегазового оборудования, представлены в Приложении А.

### 9.1.3 Особенности и требования при производстве монтажных работ

Элементы КРУЭ на монтажную площадку должны быть доставлены в заводской упаковке. После разгрузки должна быть проведена визуальная проверка целостности упаковочной тары, а после снятия изделия из упаковки целостность самого аппарата. Факт наличия повреждений упаковки или самого аппарата должен быть фиксирован документально.

Монтажные работы производятся с использованием грузоподъемных устройств в соответствии с ПБ 10-382-00.

На месте эксплуатации при установке и монтаже оборудования для обеспечения качества элегаза в нем необходимо осуществить следующие работы:

- проверка транспортного давления газа (элегаза или азота);
- дозаполнение аппаратов элегазом (при наличии в транспортных блоках элегаза) до номинальной плотности (неразъемные аппараты малого и среднего размеров, уместяющиеся в транспортные габариты и полностью подготовленные на заводе-изготовителе);
- подготовка стыковочных узлов и их заполнение (крупногабаритное оборудование, которое перед отправкой приходится частично демонтировать с установкой транспортировочных крышек на стыковочных узлах, а также транспортные блоки при заполнении в них азота). Работа по сборке этого оборудования на монтажной площадке следует выполнить с соблюдением следующих технических требований:
  - обеспечение чистоты монтируемого узла;
  - вакуумирование до остаточного давления не более 100 Па;
  - проверка натекания;
  - заполнение азотом до расчетного давления;
  - повторное вакуумирование до остаточного давления не более 50 Па;
  - последующее заполнение рабочим газом до номинальной плотности.

### 9.1.4 Нормы и методы проверок и испытаний при производстве пуско-наладочных работ КРУЭ

Пуско-наладочным работам должно предшествовать завершение следующих работ:

- полный монтаж распределительное устройство или его ячеек;
- подключение всех вспомогательных и контрольных кабелей;
- подано напряжение на цепи вторичной коммутации, в том числе на цепи управления и сигнализации;
- заполнены газом все газоизолированные отсеки КРУЭ и стыковочные узлы;
- проведена проверка действия (калибровка) контролирующих устройств давления (плотности) элегаза.

Объем работ по проверкам и испытаниям при пусконаладочных работах выполняется согласно требованиям настоящего раздела и заводских руководств по эксплуатации КРУЭ.

Согласно руководящему документу РД 34.45-51.300-97 [5] после монтажа, перед вводом в эксплуатацию, а также при эксплуатации аппараты КРУЭ должны быть подвергнуты следующим видам проверок и испытаний:

- измерение сопротивления изоляции (главных токоведущих цепей, содержащих органические материалы, и вспомогательных цепей);
- испытания электрической прочности изоляции главных токоведущих цепей и вспомогательных цепей;
- измерения электрического сопротивления главных токоведущих цепей и вспомогательных цепей;
- проверка соответствия сборок чертежам и требованиям изготовителя;
- проверка герметичности всех узлов, затяжки болтов и зажимов;
- проверка соответствия проводки вторичной коммутации схемам;
- проверка надлежащей работы электрических, механических и других блокировок;
- проверка характеристик измерительных трансформаторов тока и напряжения;
- проверка надлежащей работы контрольного, измерительного, защитного и регулировочного оборудования, а также обогрева и освещения;
- определение содержания влаги и других параметров, относящихся к качеству элегаза (температура конденсации влаги, содержание шестифтористой серы, содержание кислорода, содержание продуктов разложения и пр.).

Результаты измерений, проверок и испытаний в процессе пуско-наладки должны отражаться в специальных протоколах.

Перечень проверок и испытаний основных узлов КРУЭ должен соответствовать требованиям стандартов РФ и МЭК:

- выключатели - МЭК 62271-203, ГОСТ Р 52565;
- разъединители и заземлители, МЭК 62271-203;
- быстродействующие заземлители, МЭК 62271-203;
- трансформаторы тока, ГОСТ 7746;
- трансформаторов напряжения, ГОСТ 1983;
- ограничители перенапряжений, ГОСТ Р 52725;
- вводы «воздух-газ», ГОСТ 10693, ГОСТ 9920;
- кабельные вводы, МЭК 62271-209;
- **токопроводы внутриподстанционных соединений, ГОСТ Р 54828.**

Рекомендуется руководствоваться при проведении испытаний КРУЭ на месте монтажа скорректированной «Программой пусконаладочных работ по КРУЭ при реконструкции и строительстве объектов ОАО «ФСК ЕЭС» ОАО «ЦИУС ЕЭС».

### *а. Испытания электрической прочности изоляции главных цепей*

Испытания проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 1516.3.

На месте установки после завершения монтажа КРУЭ необходимо проверить прочность изоляции с целью исключения случайных факторов (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 последними из всех испытаний на месте установки, после того как КРУЭ полностью смонтировано и заполнено газом при номинальной плотности. Испытание рекомендуется проводить также после демонтажа для обслуживания или ремонта оборудования.

Программа испытаний на месте установки должна быть согласована изготовителем и заказчиком.

### *Методика проведения испытаний*

КРУЭ должны быть полностью смонтированы и наполнены газом до номинального давления. Испытания должны проводиться по ячейкам.

Допускается испытания отдельных элементов КРУЭ для ограничения высоких зарядных токов испытательного оборудования.

Каждая вновь монтируемая часть КРУЭ должна подвергаться испытаниям электрической прочности изоляции на месте установки.

Методы испытаний электрической прочности изоляции на месте установки – в соответствии с ГОСТ 1516.3, ГОСТ 1516.2 с проверкой уровня частичных разрядов.

### *Значения испытательных напряжений*

Вид испытательного напряжения, в зависимости от имеющегося оборудования для испытаний, должен указываться в технических условиях на КРУЭ конкретных типов (ГОСТ 1516.3, п. 13.7).

### *Приложение напряжения*

Источник испытательного напряжения может подсоединяться 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 разряда, если он произойдет.

Секции, которые в этих случаях не подвергаются испытаниям, отделенные от испытываемой части выключателем или разъединителем, должны быть заземлены.

#### *Оценка испытания*

Считается, что КРУЭ выдержало испытание, если каждая его часть выдержала испытательное напряжение без пробоя.

В случае пробоя при испытаниях изоляции на месте установки, испытания должны быть повторены после замены повреждённого элемента.

Согласно ГОСТ 1516.2, максимальная интенсивность частичного разряда должна составлять 10 рК.

#### *б. Испытания электрической прочности изоляции вспомогательных цепей*

Испытания проводятся в объёме, предусмотренном пунктами 6.1.10, 6.2.2.

#### *в. Измерение сопротивления главной токоведущей цепи*

Измерения должны проводиться в соответствии со схемой измерения сопротивления участков главной токовой цепи, приведённой изготовителем в эксплуатационной документации на КРУЭ.

Измеренное сопротивление не должно превышать максимальных значений, допустимых при приемо-сдаточных испытаниях.

#### *г. Испытание на герметичность*

Количественная проверка герметичности должна проводиться на всех соединениях, смонтированных в полевых условиях. Допускается применение течеискателя. Испытания на герметичность проводятся в соответствии с пунктами 6.1.8, 6.2.4.

#### *д. Контроль и проверки соответствия чертежам*

В контроль соответствия требованиям сборочного чертежа входят:

- а) правильность выполнения требований сборочного чертежа;
- б) герметичность всех узлов, момент затяжки болтов и зажимов;
- в) правильность монтажа вспомогательных цепей и цепей управления;
- г) надлежащая работа блокировок;
- д) надлежащая работа контрольного, измерительного и защитного оборудования, а также систем подогрева и освещения.

Перечисленные работы выполняются в объёме не менее предусмотренного для приемо-сдаточных работ (раздел 6.2).

Контроль и испытания на механическую работоспособность должны

проводиться согласно соответствующим стандартам. Если проверка или испытания не предусмотрены в стандарте, то они должны быть указаны изготовителем в программе испытаний.

#### *е. Проверка качества газа*

Для обеспечения надежного измерения содержания влаги в изоляционном газе, данная проверка должно выполняться через 5 дней после окончательного заполнения оборудования газом. Для элегаза содержание влаги не должно превышать значения, указанного в п. 5.5. Контроль газа в условиях эксплуатации – в соответствии с указаниями изготовителя.

## **9.2 Требования к эксплуатации**

9.2.1 Основные принципы эксплуатации, технического обслуживания и ремонта КРУЭ

### *Нормативно-техническая документация по обслуживанию КРУЭ*

Эксплуатация КРУЭ должна осуществляться в соответствии с руководством по эксплуатации изготовителя и следующих документов:

- Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации;
- Межотраслевые правила по охране труда (Правила безопасности) при эксплуатации электроустановок, утвержденными Министерством труда и социального развития Российской Федерации и Министерством энергетики Российской Федерации - ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00.
- ГОСТ 12.1.004 Пожарная безопасность. Общие требования.
- Стандарт организации. Комплектные распределительные устройства элегазовые (КРУЭ). Технические требования и методы испытаний КРУЭ на номинальные напряжения 110 кВ и выше.
- Стандарт организации «Распределительные устройства электрических станций и подстанций напряжением 35 кВ и выше. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования»;
- Местные инструкции по эксплуатации КРУЭ.

Техническое обслуживание КРУЭ должно производиться в соответствии со стандартами или иными техническими документами, утверждёнными и введёнными в действие в компании в качестве внутренних местных нормативных документов. Периодичность контроля технического состояния КРУЭ может устанавливаться техническим руководителем объекта электроэнергетики с учётом условий и опыта эксплуатации, технического состояния и срока службы КРУЭ. В процессе эксплуатации КРУЭ должно предусматриваться

проведение испытаний, позволяющих определить степень развития и опасность возможных дефектов на ранних стадиях.

Объём планового ремонта должен определяться необходимостью поддержания исправного и работоспособного состояния КРУЭ. Первый плановый ремонт КРУЭ должен производиться в сроки, указанные в технической документации заводов-изготовителей. Периодичность последующих ремонтов должна определяться по результатам диагностики технического состояния КРУЭ.

### *Обслуживание помещений КРУЭ*

Помещение КРУЭ, а также помещения для их ремонта и технического обслуживания должны быть изолированы от других помещений и улицы, и соответствовать положениям ПТЭ, раздел 5.4. Конструктивное оформление и оснащение помещений КРУЭ, компоновка элегазового оборудования – ячеек КРУЭ и внутриподстанционных токопроводов, ремонтные зоны и площадки для обслуживания должны удовлетворять требованиям ПУЭ 7-го издания, (глава 4.2, раздел «Закрытые распределительные устройства и подстанции»). Уборка помещений КРУЭ должна производиться мокрым или вакуумным способом.

В зале КРУЭ, кабельных помещениях под залами КРУЭ, помещениях для хранения баллонов с элегазом должна быть выполнена приточно-вытяжная вентиляция с механическим побуждением, обеспечивающая однократный обмен воздуха в час с применением двух взаимно резервирующих вентиляторов и фильтрацией (обеспыливанием) приточного воздуха.

Воздух приточной вентиляции должен проходить через фильтры, предотвращающие попадание в помещение пыли. Вентиляция должна обеспечивать обмен воздуха в зале КРУЭ, помещениях для хранения баллонов с элегазом и забор воздушной среды из кабельных помещений и кабельных каналов.

Подача приточного воздуха осуществляется непосредственно в рабочую зону залов. Вытяжка осуществляется на 2/3 производительности системы из нижней зоны здания и на 1/3 из верхней зоны.

Заборные устройства вытяжной вентиляции должны располагаться на высоте не более 300 мм от пола зала КРУЭ (кабельного помещения).

В залах КРУЭ, кабельных помещениях под залами КРУЭ, помещениях для хранения баллонов с элегазом должна быть предусмотрена 3-х кратная аварийная вентиляция, для которой используется общеобменная вытяжная вентиляция и рассчитанная на дополнительный (от стационарного режима) объём воздуха аварийная система вентиляции.

Аварийная вытяжная вентиляция включается по сигналу от датчика (газового анализатора) при превышении предельно допустимой концентрации

элегаза в зале КРУЭ, помещении для хранения баллонов с элегазом и кабельных помещениях под залом КРУЭ, при этом:

- при достижении в помещениях 10 % от предельно допустимой концентрации элегаза должна быть предусмотрена выдача предупредительно сигнализации дежурному;

- при величине концентрации элегаза более 5000 мг/м<sup>3</sup> должен быть предусмотрен автоматический запуск приточно-вытяжной вентиляции и выдача сигнализации дежурному, а также автоматическое звуковое и световое оповещение, установленное в залах КРУЭ и перед их входами.

Контроль концентрации элегаза в помещении ЗРУ должен производиться с помощью датчиков, устанавливаемых на высоте 10-15 см от уровня пола, не менее, чем в двух местах помещения с наиболее вероятным скоплением элегаза.

Пульты управления приточно-вытяжными системами залов КРУЭ должны располагаться, как правило, при входах в залы КРУЭ (кабельные помещения).

Должно быть предусмотрено автоматическое отключение вентиляции в случае пожара.

Залы КРУЭ и зоны ремонта должны быть оснащены грузоподъемными устройствами и механизмами, рассчитанными на максимальную массу монтируемого газоизолированного отсека или единицы оборудования. с двухскоростными электроталями (и на передвижение, и на спуск-подъем - минимальная скорость не более 2.5-4,0 м/мин). Для грузоподъемных кранов (тельферов) должно быть предусмотрено, как правило, дистанционное управление.

Температура воздуха в помещении КРУЭ должна быть в пределах требований эксплуатационной технической документации изготовителя, но не выше +40 °С в летнее время и не ниже +5 °С в зимнее время.

#### 9.2.2 Нормы и технические требования при эксплуатации. Требования к организации эксплуатации

На каждом энергообъекте, оснащенном КРУЭ, должна быть техническая документация в объеме, указанном в разделе 1.7 ПТЭ. Все рабочие места должны быть снабжены необходимыми инструкциями.

Все основное и вспомогательное оборудование, в том числе системы и секции сборных шин, а также ячейки КРУЭ должно быть пронумеровано.

Информация об изменениях в инструкциях, схемах и чертежах должна доводиться до сведения всех работников (с записью в журнале распоряжений), для которых обязательно знание этих инструкций, схем и чертежей. Исполнительные схемы первичных электрических соединений должны проверяться на их соответствие фактическому состоянию не реже 1 раза в 3 года с отметкой на них о проверке.

Эксплуатация блокировок КРУЭ должна соответствовать документу РД 34.35.512.

У дежурного персонала должна находиться оперативная документация в объеме:

Дежурного подстанции и начальника смены электроцеха:

- журнал заявок на вывод из работы оборудования;
- журнал релейной защиты, автоматики и телемеханики;
- карты установок релейной защиты и автоматики;
- журнал распоряжений;
- журнал учета работы по нарядам и распоряжениям;
- журнал дефектов и неполадок с оборудованием;
- суточная оперативная исполнительная схема или схема макет;
- оперативный журнал.

Диспетчера электросети:

- суточная оперативная исполнительная схема (схема макет);
- оперативный журнал;
- журнал или картотека заявок на вывод из работы оборудования;
- журнал релейной защиты, автоматики и телемеханики;
- карты установок релейной защиты и автоматики;
- журнал распоряжений.

Обслуживающий КРУЭ персонал должен располагать схемами и указаниями по допустимым режимам работы электрооборудования в нормальных и аварийных режимах.

### *Требования к эксплуатационному персоналу*

Персонал, занятый эксплуатацией КРУЭ, должен быть аттестован на знание соответствующих правил, определяющих порядок безопасной эксплуатации, причём, в перечень этих правил должны входить как государственные законодательные акты, так и отраслевые нормы и требования потребителя.

К работе на энегообъектах, оснащённых КРУЭ, допускаются лица с профессиональным образованием, а по управлению энергоустановками также с опытом работы.

Допуск к самостоятельной работе вновь принятые работники или имеющие перерыв в работе более 6 месяцев получают право на самостоятельную работу после прохождения необходимых инструктажей по безопасности труда, обучения (стажировки) и проверки знаний, дублирования в объеме требований правил работы с персоналом.

КРУЭ представляет собой комплектную систему оборудования, которая имеет особенности у каждого изготовителя, поэтому рекомендуется обучение эксплуатационного персонала техническому обслуживанию КРУЭ. Программа обучения может выполняться на рабочей площадке или предварительно изготовителем оборудования. Обучение охватывает меры безопасности при работе с оборудованием, техническое обслуживание, а также основные действия персонала в случае неисправной работы оборудования КРУЭ.

### *Контроль технического состояния оборудования*

Осмотр оборудования РУ без отключения от сети должен быть организован:

- на объектах с постоянным дежурством персонала: не реже 1 раза в 1 сутки; в темное время суток для выявления разрядов, коронирования – не реже 1 раза в месяц;
- на объектах без постоянного дежурства персонала – не реже 1 раза в месяц.

Измерительные каналы информационно-измерительных систем подвергаются периодической поверке и/или калибровке в установленном порядке в соответствии с графиками энергопредприятия. Использование в работе непроверенных или некалиброванных информационно-измерительных систем не допускается.

РУ должны быть оснащены приборами и необходимым оборудованием для оперативного устранения возможных аварийных ситуаций.

### *Аварийный режим*

Персонал, обслуживающий КРУЭ должен быть обучен способам оперативного устранения возможных аварийных ситуаций и пользования средствами ликвидации последствий аварий. Действия эксплуатационного персонала должны регламентироваться строгим соблюдением требований безопасности.

Допускается эксплуатационному персоналу по истечении срока гарантийного обслуживания оборудования для ликвидации последствий аварии использовать возможности включения элементов КРУЭ по временным схемам, без привлечения специалистов завода-изготовителя.

### *Подрядные организации*

Подрядные организации, которые могут осуществлять обслуживание КРУЭ должны иметь разрешение (лицензию) на право производства работ по обслуживанию оборудования данного вида. Техническое обслуживание должно осуществляться в соответствии с правилами организации технического обслуживания и ремонта оборудования ПТЭ.

## **10 Требования по безопасности**

КРУЭ обеспечивает высокий уровень безопасности по отношению к воздействиям, могущим нанести вред персоналу, поскольку токоведущие части высокого напряжения окружены заземленной оболочкой. Тем не менее, оборудование КРУЭ может представлять потенциальный риск вследствие:

- высокого номинального давления изоляционной среды внутри оболочки КРУЭ;

- сброса давления в аварийных условиях при воздействии внутренней дуги, поскольку в экстремальных условиях дуга может прожечь оболочку КРУЭ. Эти явления приводят к внезапному выбросу горячего газа;
- сложности монтажа при вводе оборудования в эксплуатацию и при ремонте с заменой элементов;
- возможного появления большой концентрации элегаза при разгерметизации объёмов КРУЭ, а также вредных продуктов распада элегаза при повреждениях КРУЭ с коротким замыканием.

### **10.1 Требования по безопасности персонала, обусловленные особенностями конструкции КРУЭ**

#### *Степень защиты*

Конструкция КРУЭ должна обеспечивать защиту персонала от случайного прикосновения к токоведущим частям, заключенным в оболочки, проникновения твердых тел (степени защиты оболочек). Степень защиты внешних оболочек согласно ГОСТ 14254-96 – IP55.

#### *Электрическая прочность изоляции первичных цепей*

Изоляция главных цепей КРУЭ, с частичной или полной изоляцией элегазом, цепей управления, вспомогательных цепей и вторичных обмоток измерительных трансформаторов должна соответствовать требованиям ГОСТ 1516.3 (раздел 13).

#### *Температура нагрева*

Температура нагрева частей оболочек КРУЭ:

- доступных для прикосновения, в нормальных условиях обслуживания оборудования – не выше 70 °С;
- не доступных для прикосновения в нормальных условиях обслуживания оборудования – не выше 80 °С.

#### *Механическая прочность*

Конструкция опорных изоляторов должна учитывать воздействие наибольшего возможного в эксплуатации давления газа и динамические действия от токов короткого замыкания, протекающих по токопроводам, подсоединённым к изоляторам.

Каждый изолятор должен быть испытан на прочность двойным давлением (по отношению к давлению проектирования) в течение 1 минуты. При этом изолятор не должен иметь никаких признаков перенапряжения.

Для компенсации изменения размеров ячейки вследствие колебаний температуры, а также, вызванных отклонениями при изготовлении и монтаже

должны быть предусмотрены компенсационные устройства для обеспечения соединений смежных ячеек и, при необходимости, элементов внутри ячейки.

### *Стойкость к воздействию дуги при внутреннем перекрытии*

В отношении стойкости к воздействию дуги при внутреннем перекрытии оболочки элементов КРУЭ должны соответствовать рекомендациям п. 5.6.11.

Устройство заземления должно соответствовать ПТЭ, раздел 5.10. Цепи заземления КРУЭ должны быть устойчивы к воздействию сквозных токов короткого замыкания при длительности протекания тока термической стойкости, определённой п. 4.8.

Зажимы заземления КРУЭ должны конструктивно выполняться по ГОСТ 21130 (раздел 1) и соответствовать ГОСТ 12.007.0. Способ подключения КРУЭ к контуру заземления должен быть указан в эксплуатационной документации. Не допускается использование для заземления болтов, винтов, шпилек выполняющих роль крепежных деталей.

Болт (винт, шпилька) для заземления должен быть размещен на изделии в безопасном и удобном для подключения заземляющего проводника месте. Возле места, в котором должно быть осуществлено присоединение заземляющего проводника должен быть помещен нанесенный любым способом (например, при помощи краски) нестираемый при эксплуатации знак заземления. Размеры знака и способ его выполнения – по ГОСТ 21130.

Заземляемые элементы в пределах ячейки КРУЭ до места подключения к корпусу внешних заземляющих проводников должны быть рассчитаны на полный ток короткого замыкания на землю. Все подлежащие заземлению части аппаратов и приборов, установленных в ячейке КРУЭ, должны иметь электрический контакт с корпусом ячейки КРУЭ. Значение сопротивления между каждой доступной прикосновению металлической нетоковедущей частью КРУЭ, которая может оказаться под напряжением, и местом подключения корпуса ячейки к заземляющей магистрали (заземляющим болтом) не должно превышать 0,1 Ом.

Для обеспечения заземления все корпуса элементов токоведущего контура в пределах КРУЭ должны быть электрически соединены между собой. Корпуса элементов ячейки должны иметь места для подсоединения к контуру заземления. При выборе сечения шин заземления и шин, расположенных в контуре заземления КРУЭ, а также при расчете контура заземления необходимо исходить из значений тока термической стойкости. Сильфоны должны быть целиком шунтированы гибкими шинами, по возможности симметрично расположенными.

Шины заземления разных полюсов КРУЭ должны быть объединены в контуре заземления распределительного устройства общей заземляющей шиной.

## *Электробезопасность*

Заземляемые элементы в пределах ячейки КРУЭ до места подключения к внешним заземляющим проводникам должны быть рассчитаны на полный ток короткого замыкания на землю. Все подлежащие заземлению части аппаратов и приборов, установленных в ячейке КРУЭ, должны иметь электрический контакт с корпусом ячейки КРУЭ

Для ограничения шагового напряжения и напряжения касания при длине токопровода более 10 м промежуточные шины заземления, отходящие к контуру заземления КРУЭ, должны быть установлены на расстоянии 6-10 м.

В ячейках КРУЭ прокладка вспомогательных цепей должна производиться в экранированных оболочках, защищенных от коррозии. В местах закрепления проводов под металлические крепежные детали (скобы, хомуты и т. д.) должны быть подложены изолирующие ленты.

## *Работа с элегазом*

Эксплуатация элегазового оборудования должна вестись с учетом физико-химических свойств элегаза. Элегаз — газ без цвета и запаха, в пять раз тяжелее воздуха, не токсичен, не горюч, не поддерживает горения, не взрывоопасен, не образует взрывоопасных смесей, является химически инертным соединением, физиологически безвреден.

Опасность работы с чистым элегазом обусловлена особенностью элегаза заполнять углубления (траншеи, кабельные каналы, закрытые помещения), вытесняя из них воздух, создавая атмосферу, непригодную для дыхания.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны производственных помещений ПДК<sub>р.з</sub> составляет 5000 мг/м<sup>3</sup>.

При выполнении каких-либо работ с элегазом и элегазовым оборудованием (заполнение, дозаполнение, отбор пробы на анализ и т.д.) в помещении запрещается курить, пользоваться нагревательными приборами и открытым пламенем.

При выбросе чистого элегаза немедленно должна быть включена аварийная вентиляция на срок, обеспечивающий снижение концентрации до ПДК. Категорически запрещается оставлять открытыми сосуды заполненные элегазом.

При электрическом пробое изоляции элегазового оборудования, а также при коммутациях в элегазе, происходит накопление в оборудовании вредных для здоровья человека газообразных (фтор, фтористый водород, низшие фториды серы и продукты их гидролиза) и твердых (фториды, сульфиды и другие соединения металлов, на которых горела дуга) веществ. Эти продукты разложения элегаза ядовиты и обладают резким, специфическим запахом. При аварийном выбросе элегаза из аппарата (в результате разрыва мембраны, прожога оболочки) необходимо включить аварийную вентиляцию и вентилировать помещение до снижения концентрации вредных веществ в пределах ПДК.

При необходимости экстренного выполнения работ в помещении, воздух которого загрязнен продуктами разложения элегаза, необходимо воспользоваться изолирующим сертифицированным противогазом: если выброс элегаза в расчете на объем помещения не превышает 1 % по объему и в помещении отсутствует углубление, предрасположенное к затоплению, то для работы может быть использован фильтрующий противогаз.

Перед вскрытием элегазовый аппарат должен быть освобожден от элегаза или продуктов распада элегаза с применением дополнительного адсорбционного фильтра-поглотителя для удаления продуктов разложения и отвакуумирован.

Удаление твердых продуктов разложения элегаза из аппарата должно производиться пылесосом с дополнительным бумажным фильтром с применением специальных средств защиты персонала – костюма, респиратора, рукавиц, бахилл. Адсорбент должен быть нейтрализован водой или щелочью. Хлопчатобумажные средства защиты подлежат машинной стирке.

Документы, регламентирующие работу с элегазом – РД 16.066-05, МЭК 62271-4 при запуске элегазового оборудования в эксплуатацию и МЭК 60480 в процессе эксплуатации КРУЭ.

## **10.2 Требования безопасности при обслуживании КРУЭ**

### *Безопасность обслуживания*

В целях безопасного обслуживания элегазового оборудования КРУЭ классом напряжения 220 кВ и выше должны быть оборудованы стационарными площадками обслуживания.

### *Степень защиты шкафов*

Степень защиты шкафов приводов и шкафов управления от соприкосновения с находящимися под напряжением частями или приближения к ним, от соприкосновения с движущимися частями, находящимися внутри оболочки, от попадания внутрь твердых посторонних тел, а также от попадания воды и пыли (для КРУЭ наружной установки) по ГОСТ 14254 должна быть указана в ТУ и эксплуатационных документах.

### *Сопротивление изоляции*

Значения сопротивления изоляции элементов КРУЭ должны указываться в технических условиях на конкретные виды изделий, но не должны быть ниже значений, указанных в РД 34.45-51.300-97.

### *Температура на поверхности органов управления*

Температура на поверхности органов управления, предназначенных для выполнения операций без применения 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.

#### *Требования к рукояткам*

Рукоятки приводов заземлителей должны быть окрашены в красный цвет. При съемных рукоятках полоса красного цвета шириной не менее 20 мм должна быть нанесена также на привод заземлителей или должен быть окрашен элемент привода.

Усилие, необходимое для оперирования разъединителем и заземлителем, прикладываемое к рукоятке привода во время операции, требующей поворота привода до одного оборота, не должно превышать 250 Н. На протяжении угла поворота до 15° включительно допускается амплитудное значение усилия, равное 450 Н.

Усилие, необходимое для оперирования разъединителем и заземлителем, прикладываемое к рукоятке привода, вращаемой более одного оборота, должно быть не более 60 Н с возможным увеличением усилия до 120 Н на протяжении не более 10 % общего числа требуемых оборотов.

#### *Количество открываний (закрываний) дверей*

Шкафы элементов КРУЭ должны выдерживать не менее 2000 открываний и закрываний дверей.

#### *Количество включений и отключений разъемных контактных соединений вспомогательных цепей*

Разъемные контактные соединения вспомогательных цепей должны выдерживать не менее 500 включений и отключений.

#### *Угол открывания дверей*

Двери шкафов элементов КРУЭ должны плавно, без заеданий, поворачиваться на угол, обеспечивающий нормальный доступ для обслуживания встроенной аппаратуры.

#### *Механические и электрические блокировки*

В ячейках КРУЭ должны быть предусмотрены блокировки, указанные в ГОСТ 12.2.007.4:

а) блокировка, не допускающая включение или отключение разъединителей при включенном выключателе первичной цепи;

б) блокировка между разъединителем и заземлителем, не допускающая включение разъединителей при включенных заземлителях, либо включение заземлителей при включенных разъединителях;

в) блокировка, исключая работу электродвигателей приводов разъединителей и заземлителей при их оперирования с помощью рукоятки.

Кроме того, должно быть предусмотрено наличие сигнализации для случаев, когда плотность изолирующего газа снижается до минимальной плотности.

Двери шкафов элементов КРУЭ должны иметь замки. Дверные замки всех шкафов КРУЭ должны открываться одним ключом.

### *Пожарная безопасность*

Разработка необходимых организационных и технических мер пожарной безопасности должна соответствовать Федеральному закону № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Условия пожарной безопасности и взрывобезопасности распределительных устройств с КРУЭ должны удовлетворять требованиям ГОСТ 12.1.004-91, ПУЭ, п. 1.1.37, глава 4.2, раздел «Закрытые распределительные устройства и подстанции», СНиП 21-01.

Помещения КРУЭ должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения: ручными или передвижными огнетушителями, ящиками с песком (при необходимости), асбестовыми или войлочными покрывалами. При необходимости оснащения внутри помещений автоматическими средствами пожаротушения руководствоваться НПБ 88-01.

При ремонтных работах для обмывки, обезжиривания и смазки деталей КРУЭ и технологического оборудования, должны применяться пожаробезопасные моющие средства.

В исключительных случаях, при невозможности по техническим причинам использовать пожаробезопасные моющие и смазочные средства, допускается применение горючих веществ (растворителей, бензина и др.) в количествах, требуемых для разового использования, но не более 1 л. При этом следует применять только закрытую тару из небьющегося материала.

Выполнение сварочных и других огнеопасных работ в распределительных устройствах с КРУЭ должно соответствовать требованиям «Инструкции о мерах пожарной безопасности при проведении огневых работ на энергетических объектах».

## **11 Гарантии изготовителя**

Изготовитель должен гарантировать соответствие КРУЭ (ячеек и отдельных модулей) требованиям настоящего стандарта при соблюдении по-

требителем условий транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации.

#### *Гарантийный срок эксплуатации*

Гарантийный срок эксплуатации КРУЭ – не менее 5 лет после монтажа и испытаний КРУЭ на месте установки с участием изготовителя оборудования

#### *Гарантийное обслуживание*

Предприятие-изготовитель берет на себя обязательства по выполнению обслуживания (сервиса) КРУЭ при монтаже, наладке, испытаниях, плановых и восстановительных ремонтах.

Объем сервисных услуг, оплата стоимости выполняемых работ и запасных частей определяется соглашением между изготовителем и заказчиком.

Необходимые для проведения ремонта приборы, приспособления и запасные части поставляются предприятием-изготовителем КРУЭ.

## **Приложение А**

(СПРАВОЧНОЕ)

### **МАССОГАБАРИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРУЭ ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ЭЛЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

## КРУЭ 110 кВ

Фирма Тип КРУЭ. Un, кВ	Технические характеристики КРУЭ					
	Шаг, мм	Глубина, мм	Высота, мм	Масса, кг	Номи- нальный ток, А отводов/ сб. шин	Номинальный ток отключ. выключ., кА
<b>3 фазы в одной оболочке</b>						
<b>Alstom F-35</b>	800-1200	3800- 4300	2800- 2900		3150/4000	40-50
<b>Xian ZF-126/ T2000-40 126</b>	870	4168	2770		2000	40
<b>Hyundai 145SP-1</b>	1650	5700				40
<b>ABB ELK 0 72,5-170</b>	1200	4400	3600	4500	2000/ 3150	25-40
<b>Siemens 8DN8 145</b>	800	3300	2850	2800	2500/ 3150	40
<b>Toshiba G3A 72,5-145</b>	900	3900	3800		1250 – 3150	31,5/40
<b>Пофазное исполнение оболочек</b>						
<b>*Siemens 8DN9 до 170</b>	1200	5000	3200		до 2500/ до 3150	до 40
<b>ЭМЗ ЯГК-110</b>	1800	3600	2440	5000	2000/2000	40
<b>Alstom B 65 72,5-145</b>	1200	3400	2900	3200	2500/ 3150	40
<b>Hyosung HSG- 144F</b>	1100	4500	3000		2500	40
<b>*Электр оаппа-</b>	1500	3650	2500	3900	2000/ 3150	40

<b>рат ЯГГ-110</b>						
------------------------	--	--	--	--	--	--

### КРУЭ 220 кВ

<b>Фирма</b> Тип КРУЭ. Un, кВ	Технические характеристики КРУЭ					
	<b>Шаг,</b> мм	<b>Глубина,</b> мм	<b>Высота,</b> мм	<b>Масса,</b> кг	<b>Номи- нальный ток, А отводов/ сб. шин</b>	<b>Номи- нальный ток от- ключ. выключ., кА</b>
пофазное исполнение оболочек						
<b>Alstom В 105 245</b>	1850	4600	3700	6800	2000- 4000	40(50)
<b>*Siemens 8DN9- 6 245</b>	2250	6000	4200		4000	До 63
<b>8DN9-2 245</b>	1200/ 1500	4740	3470		3150/ 3150	до 50
<b>*Taikai ZF16-252</b>	2100	5800	4230		4000	50
<b>ABB ELK 1</b>	2400	5000	3700	до 8500	3150/ 4000	40-63
<b>ELK 14 до 300</b>	1680	5070	3620		4000	50
<b>*Hyundai i 300SR</b>	1950	7400	4100			50
<b>Hyosung HSG- 305A</b>	3000	5000	3600		4000	50
<b>ЭМЗ ЯЭГ-220</b>	3000	8400	4600	5390	3150- 2000/2000	40
<b>Элек- троап- парат ЯГГ-220</b>	3000	5000	4800	9140	2000/2500	50

## КРУЭ 330 кВ

Фирма Тип КРУЭ. Un, кВ	Технические характеристики КРУЭ					
	Шаг, мм	Глубина, мм	Высота, мм	Масса, кг	Номи- нальный ток, А отводов/ сб. шин	Номи- нальный ток от- ключ. выключ., кА
пофазное исполнение оболочек						
<b>ABB ELK 2 до 362</b>	2700	6500	3600	до 10000	3150/ 4000	40-63

## КРУЭ 500 кВ

Фирма Тип КРУЭ. Un, кВ	Технические характеристики КРУЭ					
	Шаг, мм	Глубина, мм	Высота, мм	Масса, кг	Номи- нальный ток, А отводов/ сб. шин	Номи- нальный ток от- ключ. выключ., кА
пофазное исполнение оболочек						
<b>ABB ELK 3 до 550</b>	3200	7000	6000	до 14000	4000/ 6300	63
<b>Siemens 8DQ1 до 550</b>	3600	5170	4480		до 4000/ до 6300	до 63
<b>Alstom T-155</b>	2700	7500	7000		до 4000/ до 6300	до 63
<b>Huyn dai 550SR</b>	4130	8600	7140		4000	до 63

## КРУЭ 750 кВ

Фирма Тип КРУЭ. Un, кВ	Технические характеристики КРУЭ					
	Шаг, мм	Глубина, мм	Высота, мм	Масса, кг	Номи- нальный ток, А отводов/ сб. шин	Номи- наль- ный ток отключ. выключ., кА
пофазное исполнение оболочек						
<b>ABB ELK 4 750-800</b>	6000	7800	6300	до 30000	5000/ 6300	40/50
<b>Hitachi  800</b>					до 12000/ 12000	40 - 63
<b>Siemens 8DR1 до 800</b>	4500	7450 (11200)	8800		до 5000/ до 8000	до 63

\*Примечание.

В конструкциях КРУЭ с пофазным исполнением оболочек ряд фирм применяет сборные шины, в которых три фазы располагаются в одной оболочке.

## Приложение Б

(СПРАВОЧНОЕ)

### Сравнительные эксплуатационные характеристики КРУЭ в пофазном и трёхфазном исполнениях в общей оболочке

Пофазное исполнение КРУЭ	Трёхфазное, в общей оболочке, исполнение КРУЭ
массогабаритные характеристики	
занимает на 30 % большую площадь и имеет больший вес	являются самыми компактными установками данного типа
уровень герметичности	
требуются узлы уплотнения оболочек каждого полюса	меньшее количество узлов уплотнения
степень заводской готовности	
необходимость монтажа отдельных элементов КРУЭ на месте установки	простой монтаж полностью собранных и испытанных на заводе-изготовителе ячеек
затраты на ремонт	
большее количество узлов	меньшее количество узлов большей массы
эксплуатационные затраты	
больше	меньше
возможные аварийные режимы	
практическое отсутствие 2-х и 3-х фазных коротких замыканий	возможны 2-х и 3-х фазные короткие замыкания
последствия внутреннего дугового перекрытия	
сохранение энергоснабжения на двух фазах	потеря энергоснабжения на трёх фазах

## Приложение В

(СПРАВОЧНОЕ)

### Рекомендуемое содержание протокола испытаний оборудования КРУЭ в эксплуатационных условиях

Основанием для включения информации в протокол испытаний может быть принят перечень по ГОСТ Р 54828 (п. 6.1.3), приведённый в настоящем стандарте, п. 6.1, подпункт *«Протокол квалификационных испытаний»*.

## Библиография

1. Федеральный закон РФ от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Методические рекомендации по техническому надзору за приёмкой, выполнением строительно-монтажных работ, наладкой, испытаниями и допуском в эксплуатацию оборудования КРУЭ на напряжения 110-500 кВ. Утверждены Заместителем Генерального директора – Главным инженером ОАО «ЦИУС ЕЭС» Д.Л. Ильиным.
3. СНиП 3.01.04-87 Приёмка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения (с Изменением № 1).
4. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений (с Изменениями № 1 – 2).
5. РД 34.45-51.300-97 Объем и нормы испытаний электрооборудования.
6. ПБ 10-382-00 Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъёмных кранов.
7. ПБ 03-576-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
8. Правила устройства электроустановок, 7-е издание.
9. НПБ 88-01 Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования.
10. ПОТ Р М-016-01, РД 153-34.0-03.150-00 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. Утверждены Министерством труда и социального развития Российской Федерации и Министерством энергетики Российской Федерации.
11. РД 16.066-05 Элегазовое электротехническое оборудование. Технические требования к производству для обеспечения качества в оборудовании и меры обеспечения санитарно-гигиенической и экологической безопасности.
12. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации утвержденные приказом Минэнерго России от 19.06.2003 № 229.
13. РД 34.35.512-10 Инструкция по эксплуатации оперативных блокировок безопасности в распределительных устройствах высокого напряжения.
14. РД 16.066-05 Элегазовое электротехническое оборудование. Технические требования к производству элегазового оборудования для обеспечения качества элегаза в оборудовании и меры обеспечения санитарно-гигиенической и экологической безопасности.

15. Программа пусконаладочных работ по КРУЭ при реконструкции и строительстве объектов ОАО «ФСК ЕЭС», ОАО «ЦИУС ЕЭС». Письмо ОАО «ЦИУС ЕЭС» от 14.09.2012 № ЦО/ИД/846.
16. МЭК 62271-1 (2011) Высоковольтное комплектное распределительное устройство. Часть 1. Общие технические требования (IEC 62271-1 (2011) High voltage switchgear and controlgear - Part 1: Common specifications).
17. МЭК 62271-100 (2012) Высоковольтное комплектное распределительное устройство. Часть 100. Высоковольтные автоматические выключатели переменного тока (IEC 62271-100 (2012) High-voltage switchgear and controlgear - Part 100: Alternating current circuit-breakers).
18. МЭК 62271-102 (2012) Высоковольтное комплектное распределительное устройство. Часть 102. Разъединители и заземляющие переключатели переменного тока (IEC МЭК 62271-102 (2012) High-voltage switchgear and controlgear - Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches).
19. МЭК 62271-203 (2011) Высоковольтное комплектное распределительное устройство. Часть 203. Распределительные устройства с элегазовой изоляцией в металлическом кожухе, рассчитанные на номинальные напряжения свыше 52 кВ. (IEC 62271-203 (2011) High-voltage switchgear and controlgear - Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV).
20. МЭК 62271-205 (2008) Высоковольтное комплектное распределительное устройство. Часть 205. Компактные распределительные блоки на расчетное напряжение свыше 52 кВ (IEC 62271-205 (2008) High-voltage switchgear and controlgear - Part 205: Compact switchgear assemblies for rated voltages above 52 kV).
21. МЭК 62271-209 (2007) Высоковольтное комплектное распределительное устройство. Часть 209. Кабельные соединения для газ-изолированных распределительных устройств на расчетное напряжение свыше 52 кВ. Заполненные жидкостью и экструдированные изоляционные кабели. Заполненные жидкостью и сухие кабельные концы» (IEC 62271-209 (2007) High-voltage switchgear and controlgear - 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).
22. МЭК 62271-4 (2013) Аппаратура коммутационная и механизмы управления высоковольтные. Часть 4. Процедуры обращения с гексафторидом серы (SF<sub>6</sub>) и его смесями (IEC 62271-4 (2013) High-voltage switchgear and controlgear - Part 4: Handling procedures for sulphur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) and its mixtures).

23. МЭК 62271-310 (2008) Устройства распределительные комплектные высоковольтные. Часть 310. Испытания прерывателей цепи на износостойкость при номинальном напряжении выше 52 кВ (IEC/TR 62271-310 (2008) High-voltage switchgear and controlgear - Part 310: Electrical endurance testing for circuit-breakers above rated voltage of 52 kV).
24. МЭК 62271-204 (2011) Высоковольтное комплектное распределительное устройство. Часть 204. Жесткие газоизолированные линии электропередачи на номинальное напряжение свыше 52 кВ (IEC 62271-204 (2011) High-voltage switchgear and controlgear - Part 204: Rigid gas-insulated transmission lines for rated voltage above 52 kV).
25. МЭК 62271-211 (2014) Высоковольтное комплектное распределительное устройство. Часть 211. Прямое соединение между силовыми трансформаторами и бронированным распределительным устройством с элегазовой изоляцией на номинальное напряжение свыше 52 кВ (IEC 62271-211 (2014) High-voltage switchgear and controlgear - Part 211: Direct connection between power transformers and gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV).
26. МЭК 60480 (2004) Сера шестифтористая (SF<sub>6</sub>), взятая из электрического оборудования. Руководящие указания по проверке и обращению и требования к ее повторному использованию (IEC 60480 (2004) Guidelines for the checking and treatment of sulfur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) taken from electrical equipment and specification for its re-use).
27. МЭК 60287-3-1 (1999) Кабели электрические. Расчет номинального тока. Часть 3-1: Разделы, касающиеся условий эксплуатации. Нормированные условия эксплуатации и выбор типа кабеля (IEC 60287-3-1 (1999) Electric cables - Calculation of the current rating - Part 3-1: Sections on operating conditions - Reference operating conditions and selection of cable type).
28. ТУ 6-02-1248-83 Элегаз повышенной чистоты. Технические условия (с Изменениями № 1 – 2).
29. ТУ 301-14-78-92 Хладон 14 (четырёхфтористый углерод).
30. Руководство для смесей элегаза. СИГРЭ. Рабочая группа 2.02. Август 2000 (Guide for SF gas mixtures. CIGRE. Working Group 2.02. August 2000).