ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«РОССИЙСКИЕ СЕТИ»

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ПАО «РОССЕТИ»

СТО 34.01-23-005-2019 СТО – 05.01.03-003

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ДИАГНОСТИРОВАНИЮ ЭЛЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Стандарт организации

Дата введения: 05.04.2019

ПАО «Россети»

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 29.06.2015 № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации»; 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 1.5-2012.

Сведения о стандарте организации

1 РАЗРАБОТАН:

АО «НТЦ ФСК ЕЭС» совместно с ООО «ЭЛЕГАЗЭНЕРГОСЕРВИС»

2 ВНЕСЕН:

Департаментом технологического развития и инноваций ПАО «Ленэнерго»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ

Распоряжением ПАО «Россети» от 05.04.2019 № 188р.

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в ПАО «Россети» согласно контактам, указанным на официальном информационном ресурсе, или по электронной почте gost.e-ecolog.ru

Настоящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения ПАО «Россети». Данное ограничение не предусматривает запрета на присоединение сторонних организаций к настоящему стандарту и его использование в своей производственно-хозяйственной деятельности. В случае присоединения к стандарту сторонней организации необходимо уведомить ПАО «Россети».

Содержание

Введение 4
1 Область применения 5
2 Нормативные ссылки 6
3 Термины и определения, обозначения и сокращения 8
4 Контроль состояния резервуаров ЭО 16
5 Контроль давления элегаза (смеси) в ЭО 19
6 Проверка работоспособности электроконтактных приборов контроля давления 24
7 Контроль нагрева ЭО - тепловизионное обследование ЭО 27
8 Контроль герметичности (наличия утечки элегаза или газовой смеси) газоизолированных отсеков ЭО 35
9 Контроль состояние изоляции ЭО 37
10 Контроль работоспособности элегазовых коммутационных аппаратов с приводами 61
11 Проведение контроля влагосодержания элегаза и/или газовой смеси 68
12 Контроль концентрации SF_6 (процентного содержания шестифтористой серы) в ЭО 72
13 Контроль общего содержания газообразных продуктов распада SF_6 75
14 Контроль электрических параметров элементов ЭО 79
15 Контроль состояния резьбовых соединений ЭО 86
16 Рекомендации по выбору микропроцессорных устройств диагностирования и контроля ЭО 85
17 Рекомендации по электромагнитной совместимости микропроцессорных устройств и систем диагностирования и контроля ЭО 88
Приложение А (рекомендуемое) 89
Библиография 91

Введение

Методы диагностирования, контроля и прогнозирования дают возможность с любой заданной частотой контролировать состояние всего оборудования, не рискуя выводить его из работы неоправданно рано, когда еще не выработаны все его ресурсы. Локальное выявление дефектов оборудования на ранней стадии, прогнозирование состояния отдельных элементов по изменению параметров и характеристик выводит на совершенно новый уровень его эксплуатацию и при этом существенно повышает надежность работы, исключая ошибочные действия оперативного персонала.

Благодаря исключительной комбинации физических и химических свойств элегаз (SF_6) стал незаменимым изоляционным материалом для ЭО. Однако для обеспечения функциональности электротехнического оборудования необходимо поддерживать высокое качество элегаза, поскольку загрязняющие вещества негативно влияют на его диэлектрические и дугогасящие свойства. Хорошо известно, что элегаз содержит загрязняющие вещества, которые возникают по разным причинам. Примеси могут быть в газе, которым первоначально наполнено оборудование, или возникать в результате электрической дуги или вследствие ЧР. Поэтому важно обеспечить содержание примесей в элегазе на допустимом уровне. Таким образом, анализ элегаза и продуктов разложения (или их изменение с течением времени) позволяет оценить состояние оборудования и запланировать техобслуживание и ремонт.

Надежность ЭО определяется его конструкцией, технологией и качеством изготовления. Но в ходе эксплуатации качество снижается за счёт старения материалов, изменения характеристик и параметров отдельных элементов. Это приводит к неисправности, к частичной потере работоспособности, неправильному функционированию вследствие ухода параметров за допустимые пределы [16]. Поэтому основная цель диагностирования - своевременное обнаружение частичного или полного отказа ЭО. Средства измерений, которыми проводится диагностирование, должны иметь действующее свидетельство о поверке (калибровке) и должны соответствовать требуемой точности контролируемых параметров [13] . Диапазоны и точности измерений диагностических параметров регламентируются соответствующими руководствами по эксплуатации производителя и нормативной документацией для соответствующего контролируемого параметра. Также должны быть предусмотрены предаварийные или аварийные (блокировочные) сигналы с указанием характера и места отказа. Допускается совместное использование диагностирования и непрерывного мониторинга ЭО.

Диагностирование ЭО включает в себя следующие функции:

- оценка технического состояния ЭО;
- обнаружение и локализация неисправностей;
- мониторинг технического состояния ЭО.

1 Область применения

Настоящий стандарт предназначен для инженерно-технического персонала, занимающегося эксплуатацией, наладкой, техническим диагностированием и ремонтом электрооборудования электрических сетей.

В настоящем Стандарте приведены требования к методам диагностирования, критериям оценки технического состояния элегазового оборудования напряжением 6-750 кВ, а также указана рекомендуемая периодичность проведения технического диагностирования ЭО (приложение А).

Настоящим стандартом следует руководствоваться в процессе эксплуатации элегазового оборудования и при вводе в работу после капитальных ремонтов. В стандарте учтен опыт эксплуатации элегазового оборудования, а также опыт диагностирования на действующих электроустановках.

В случае несоответствия положений данного стандарта требованиям изготовителя ЭО, в части касающейся сокращения сроков и увеличения объемов диагностирования ЭО, следует руководствоваться требованиям завода - изготовителя.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные и национальные стандарты, а также стандарты организаций:

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1).

ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Изделия электротехнические. Общие требования безопасности (с Изменениями N 1-4).

ГОСТ 27.003-2016 Надежность в технике (ССНТ). Состав и общие правила задания требований по надежности.

ГОСТ 2405-88 Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры. Общие технические условия

ГОСТ ISO 8992-2015 Изделия крепежные. Общие требования для болтов, винтов, шпилек и гаек.

ГОСТ ISO 4759-1-2015 Изделия крепежные. Допуски. Часть 1. Болты, винты, шпильки и гайки. Классы точности A, B и C.

ГОСТ ISO 6157-1-2015 Изделия крепежные. Дефекты поверхности. Часть 1. Болты, винты и шпильки общего назначения.

ГОСТ ISO 6157-2-2015 Изделия крепежные. Дефекты поверхности. Часть 2. Гайки.

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

ГОСТ 6402-70 Шайбы пружинные. Технические условия (с Изменениями N 2-3).

ГОСТ 7746-2015 Трансформаторы тока. Общие технические условия;

ГОСТ 10434-82 Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования (с Изменениями N 1-3).

ГОСТ 10461-81 Шайбы стопорные с зубьями. Общие технические условия (с Изменением N 1).

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 (с Изменениями N 1-5).

ГОСТ 15543.1-89 Изделия электротехнические и другие технические изделия. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам (с Изменением N 1).

ГОСТ 17516.1-90 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам (с Изменениями N 1, 2).

ГОСТ 18123-82 Шайбы. Общие технические условия (с Изменениями N 1-2).

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

ГОСТ 23216-78 Изделия электротехнические. Хранение, транспортирование, временная противокоррозионная защита, упаковка. Общие требования и методы испытаний (с Изменениями N1-3).

ГОСТ 28198-89 (МЭК 68-1-88) Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 1. Общие положения и руководство (с Изменением N 1).

ГОСТ 28236-89 (МЭК 68-3-1-74) Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 3. Дополнительная информация. Раздел 1. Испытания на холод и сухое тепло.

ГОСТ 30546.1-98 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости (с Изменением N 1).

ГОСТ 30630.0.0-99 Методы испытаний на стойкость к внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Общие требования (с Поправкой).

ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики (методы) измерений.

ГОСТ Р 54426-2011 (МЭК 60480:2004) Руководство по проверке и обработке элегаза (SF_6), взятого из электрооборудования, и технические требования к его повторному использованию.

ГОСТ ИСО 8573-3-2006 Сжатый воздух. Часть 3. Методы контроля влажности.

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

ГОСТ Р 55191-2012 (МЭК 60270:2000) Методы испытаний высоким напряжением. Измерения частичных разрядов.

ГОСТ IEC 61000-4-12-2016 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-12. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к звенящей волне.

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

3 Термины и определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

№	Термин	Определение
1.	Автоматизированная система мониторинга и технического диагностирования (АСМД)	Система непрерывного контроля, обеспечивающая сбор, хранение, обработку информации и техническое диагностирование в режиме непрерывного контроля параметров объекта с применением автоматизированных систем реального времени и участием человека.
2.	Автоматизированная система технического диагностирования (контроля технического состояния)	Система диагностирования (контроля), обеспечивающая проведение технического диагностирования с применением средств автоматизации и участием человека.
3.	Аппарат электрический	Электротехническое устройство, предназначенное для включения или отключения электрических цепей, контроля электрических и неэлектрических параметров этих цепей, а также для их защиты и управления.
4.	Визуальный контроль	Органолептический контроль, осуществляемый органами зрения.
5.	Высоковольтные испытания	Экспериментальное определение качественных и (или) количественных характеристик свойств объекта испытаний, проводимых с заданными точностью и достоверностью для определения технического состояния электрооборудования при подаче либо возникновении на оборудовании следствием обратной трансформации напряжения 1000 В и выше.
6.	Газоизолированный отсек	Полностью герметизированная часть элегазового оборудования (ЭО), доступная для соединения со смежными частями ЭО и управления.
7.	Дефект	Каждое отдельное несоответствие продукции требованиям, установленным нормативной документацией.
8.	Диапазон измерений	Множество значений величин одного рода, которые могут быть измерены данным СИ с указанной инструментальной неопределенностью или указанными показателями точности при определенных условиях.
9.	Диапазон показаний	Область значений шкалы измерительного прибора, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы.
10.	Избыточная температура	Превышение измеренной температуры контролируемого узла над температурой аналогичных узлов других фаз, находящихся в одинаковых условиях.
11.	Измерительный контроль	Контроль, осуществляемый с применением средств измерений.
12.	Импульс частичного разряда (импульс ЧР)	Импульс тока или напряжения, который появляется в результате частичных разрядов, возникающих внутри испытываемого объекта. Импульс измеряется с целью испытания изоляции,

№	Термин	Определение
		используя подходящие схемы обнаружения, которые вставлены в схему испытаний. Примечание: Частичный разряд, который возникает в испытываемом объекте, производит импульс тока. Детектор, в соответствии с положениями данного стандарта, производит сигнал тока или напряжения на его выходе, пропорциональный заряду импульса тока на его входе.
13.	Исправное состояние	Состояние электрооборудования, при котором оно соответствует всем требованиям конструкторской и нормативно-технической документации.
14.	Испытание	Техническая операция, заключающаяся в определении одной или нескольких характеристик данной продукции в соответствии с установленной процедурой.
15.	Испытательное напряжение промышленной частоты	Действующее значение напряжения переменного тока 50 Гц, которое должна выдерживать в течение заданного времени внутренняя и/или внешняя изоляция электрооборудования при определенных условиях.
16.	Кажущийся заряд q импульса ЧР	Абсолютное значение такого заряда, мгновенное введение, которого между электродами испытуемого объекта, установленного в испытательной схеме, могло бы дать такое же показание на измерительном приборе, как и сам импульс ЧР. Кажущийся заряд обычно выражается в кулонах (Кл). Примечание: Кажущийся заряд количественно не равен значению заряда, локализованного в цепи разряда, значение которого невозможно измерить непосредственно.
17.	Комплексное диагностическое обследование	Комплекс мероприятий, проводимых по специальным программам, для получения объективной и достоверной информации о техническом состоянии оборудования, его функциональных узлов и систем расширенными методами диагностирования с целью определения его пригодности к эксплуатации по правилам, установленным НТД. Разработки рекомендаций по рациональной эксплуатации и ремонту.
18.	Комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией в металлической оболочке	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).
19.	Контакт	Совокупность токоведущих частей аппарата, предназначенных для установления непрерывности цепи, при их соприкосновении, которые вследствие их взаимного перемещения во время операции размыкают или замыкают цепь или в случае скользящих или шарнирных контактов сохраняют непрерывность цепи.
20.	Контроль качества газа	Проверка газа на соответствие его характеристик нормированным значениям для применения.
21.	Контроль неразрушающий	Контроль свойств и параметров объекта (изделия), при котором не нарушается пригодность объекта (изделия) к использованию по назначению и не возникают предпосылки повреждения продукции.

№	Термин	Определение
22.	Контроль периодический	Контроль, при котором поступление информации о контролируемых параметрах происходит через установленные интервалы времени.
23.	Контроль технического состояния (контроль)	Проверка соответствия значений параметров объекта требованиям технической документации и определение на этой основе одного из заданных видов технического состояния в данный момент времени. Примечание: Видами технического состояния являются, например: исправное, работоспособное, неисправное, неработоспособное и т.п. в зависимости от значений параметров в данный момент времени.
24.	Коэффициент дефектности	Отношение измеренного превышения температуры контактного соединения к превышению температуры, измеренному на целом участке шины (провода), отстоящем от контактного соединения на расстоянии не менее 1 м или, при пофазном исполнении, аналогичном элементом на другой фазе.
25.	Масштабный коэффициент k	Коэффициент, на который должно быть умножено значение показания прибора, чтобы получить значение входной количественной величины.
26.	Мониторинг	Непрерывный контроль параметров объекта с применением автоматизированных средств (систем), обеспечивающих сбор, хранение и обработку информации в реальном времени.
27.	Мощность частичных разрядов P	Производная величина, которая является средней мощностью импульса, подводимая к выводам испытываемого объекта, соответствующая значениям кажущего заряда qi на протяжении выбранного контрольного интервала времени Tref: где U1, U2 ... Ui - мгновенные значения испытательного напряжения в моменты распространения ti, отдельных значений кажущихся зарядов qi. Должны наблюдаться признаки отдельных величин. Мощность частичных разрядов обычно выражается в милливаттах (мВт). $P = \frac{1}{T_{ref}}(q_1U_1 + q_2U_2 + \ldots + q_iU_i)$
28.	Надежность	Свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортировки. Примечание: Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств.
29.	Напряжение линейное	Напряжение между фазными проводами электрической сети.
30.	Напряжение номинальное	Напряжение, на которое спроектирована сеть или оборудование и к которому относят их рабочие характеристики.
31.	Напряжение фазное	Напряжение между фазным проводом и нейтралью.
32.	Наработка	Продолжительность или объем работы объекта.

№	Термин	Определение
33.	Неисправное состояние	Состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.
34.	Неработоспособное состояние	Состояние объекта, при котором значение хотя бы одного показателя, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативной технической и (или) конструкторской (проектной) документации. Примечание: Для сложных объектов возможно деление их неработоспособных состояний. При этом из множества неработоспособных состояний выделяют частично неработоспособные состояния, при которых объект способен частично выполнять требуемые функции.
35.	Нижний и верхний предел частот f1 и f2	Частоты, при которых проходное полное сопротивление Z (f) падает на 6 дБ от максимального значения полосы пропускания.
36.	Номинальное давление (или плотность) элегаза/смеси газов для изоляции и (или) коммутационной способности при заполнении	Давление газа, измеренное в Па (или плотность в кг/м^3) для изоляции и (или) для выполнения коммутационных операций элементами ЭО, отнесенное к нормальным атмосферным условиям +20 °С и 101,3 кПа и выраженное в единицах избыточного или абсолютного давления, и до которого ЭО заполняется перед вводом в эксплуатацию или дозаполняется в процессе эксплуатации.
37.	Нормируемая величина частичного разряда	Наибольшее значение любой количественной характеристики, относящейся к импульсам ЧР, допустимое в испытываемом объекте при нормированном напряжении, поддерживаемых нормированных условиях и методики испытаний. Для испытаний переменным напряжением нормированная величина кажущегося заряда q является наибольшей неоднократно встречающейся величиной ЧР. Примечание: Величина любой количественной характеристики импульса ЧР может изменяться в последовательных циклах измерений и также показывать общее увеличение или уменьшение со временем приложения напряжения. Следовательно, нормированное значение ЧР, методика испытаний, а также схема испытаний и оборудование должны быть соответственно определены соответствующими методиками.
38.	Объекты электроэнергетики	Имущественные объекты, непосредственно используемые в процессе производства, передачи электрической энергии.
39.	Органолептический контроль	Контроль, при котором первичная информация воспринимается органами чувств.
40.	Погрешность средства измерений	Разность между показанием средства измерений и известным опорным (действительным) значением величины.
41.	Показатель предельного состояния	Количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих (определяющих) предельное состояние объекта.
42.	Превышение температуры	Разность между измеренной температурой нагрева и температурой окружающего воздуха.
43.	Предельно допустимое	Наибольшее или наименьшее значение параметра, которое может иметь работоспособное электрооборудование.

№	Термин	Определение
	значение параметра (предельное значение)	
44.	Предельное состояние	Состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.
45.	Переходное сопротивление	Под переходным сопротивлением понимают электрическое сопротивление зоны контактирования, определяемой эффективной площадью контактирования, и равное отношению падения напряжения на контактном переходе к току через этот переход.
46.	Работоспособность объекта	Состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.
47.	Работоспособное состояние	Состояние объекта, при котором значения всех показателей, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствует требованиям нормативной технической и (или) конструкторской (проектной) документации.
48.	Расчетное давление оболочки	Давление, на которое производится расчет на прочность оболочки ЭО.
49.	Расчетная температура оболочки	Наибольшая температура, которая может возникнуть в оболочке при нормированных условиях работы ЭО.
50.	Резервное электрооборудование	Электрооборудование, находящееся на хранении на территории или вне территории энергообъекта, предназначенное для замены аналогичного оборудования.
51.	Ремонт по техническому состоянию	Ремонт, при котором объем и момент начала ремонта определяются техническим состоянием, при этом, контроль технического состояния выполняется в объеме, установленном документацией производителя оборудования или требованиями НТД.
52.	Ресурс	Суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или возобновления эксплуатации после ремонта до перехода в предельное состояние.
53.	Соединение	Совокупность токоведущих частей аппарата (контакт-деталей), предназначенных для обеспечения постоянной непрерывности цепи тока, отличительной особенностью которой является отсутствие взаимного перемещения контакт-деталей.
54.	Средство измерений	Техническое средство, которое предназначено для измерений и имеющее нормированные (установленные) метрологические характеристики.
55.	Средний ток частичных разрядов I-	Производная величина, являющаяся суммой абсолютных значений отдельных кажущихся зарядов q_i, взятая за выбранный контрольный интервал времени T_{ref}, деленная на этот интервал времени: Средний ток частичных разрядов *I*обычно выражается в кулонах за секунду (Кл/сек) или в амперах (А). $I = \frac{1}{T_{ref}}(\lvert q_1\rvert + \lvert q_2\rvert + \ldots \lvert q_i\rvert)$

№	Термин	Определение
56.	Средняя частота fm и полоса пропускания Δf	Для всех видов измерительных систем, средняя частота определяется: и полоса пропускания определяется: $f_m = \frac{f_1 + f_2}{2}$
57.	Срок службы	Календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации объекта или ее возобновления после ремонта до его перехода в предельное состояние.
58.	Температура внешней среды при эксплуатации	Для изделий с самовентиляцией или самоохлаждением, или с естественным воздушным охлаждением - температура воздуха или другой газовой среды вблизи изделий на том же уровне, на котором они расположены, и на таком расстоянии от них, чтобы на эту температуру заметно не влияло рассеяние тепла от изделий (это расстояние зависит от температуры оболочки изделия, рассеиваемой им мощности и указывается в стандартах на изделия) (по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 30630.0.0-99).
59.	Тепловизионный инфракрасный (ИК) контроль	Дистанционное (бесконтактное) наблюдение, измерение и регистрация пространственного/пространственно-временного распределения радиационной температуры объектов путем формирования временной последовательности термограмм и определения температуры поверхности объекта по известным коэффициентам излучения и параметрам съемки (в том числе температура окружающей среды, пропускание атмосферы, дистанция наблюдения).
60.	Технический руководитель субъекта электроэнергетики	Лицо в штате организации собственника (эксплуатирующей организации), уполномоченное принимать решения и отдавать распоряжения по всем техническим вопросам касательно оборудования данного объекта электроэнергетики.
61.	Техническая диагностика (диагностика)	Область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объектов.
62.	Техническое диагностирование (диагностирование)	Определение технического состояния объекта. Примечание: Задачами технического диагностирования являются: -контроль технического состояния; поиск места и определение причин отказа (неисправности); -прогнозирование технического состояния.
63.	Тип средства измерений	Совокупность средств измерений одного и того же назначения, основанных на одном и том же принципе действия, имеющих одинаковую конструкцию и изготовленных по одной и той же технической документации.
64.	Фазный угол ϕ_i и время t_i распространения импульса ЧР	$\phi_i = 360\ (t_i/T)$, где t_i - время, измеряемое между предшествующим положительным переходом испытательного напряжения через нуль и импульсом частичных разрядов и Т - период испытательного напряжения.
65.	Фоновый шум	Сигналы, обнаруженные во время испытания ЧР, которые не происходят в испытываемом объекте.
66.	Частичный разряд	Локализованный электрический разряд, частично шунтирующий изоляцию между проводниками и, который

№	Термин	Определение
		может возникать как в прилегающих, так и в не прилегающих к проводнику объемах изоляции. Примечание 1: Частичные разряды являются в основном следствием местных электрических концентраций перенапряжений в изоляции или на поверхности изоляции. Обычно такие разряды появляются как импульсы продолжительностью намного меньше, чем 1 мкс. Однако могут встречаться более длительные формы, например, так называемые безимпульсные разряды в газообразных диэлектриках. Примечание 2:«Корона» - это разновидность частичных разрядов, которая встречается в газообразной среде вокруг проводников, отдаленных от твердой или жидкостной изоляции. Термин "корона" не должен использоваться как общий термин для всех форм ЧР. Примечание 3: Частичные разряды часто сопровождаются выделением звука, света, высокой температуры и химических реакций.
67.	Частота повторения импульсов N	Число импульсов частичных разрядов за секунду, в случае равноудаленных импульсов. Примечание: Частота повторения импульсов N связана с местоположением при градуировке.
68.	Частота следования импульсов n	Отношение общего числа импульсов ЧР, зарегистрированных в выбранном интервале времени, к продолжительности этого интервала времени. Примечание: Практически учитываются только импульсы, превышающие нормированную величину или находящиеся в нормированном диапазоне величин.
69.	Элегаз	Газообразная шестифтористая сера SF_6, обладающая высокими изоляционными и дугогасящими свойствами.
70.	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.
71.	Ячейка	Упорядоченное в соответствии с первичной электрической схемой соединение элементов КРУЭ; является законченным изделием (в пополюсном или трёхполюсном исполнении), выполняющим определяемую первичной электрической схемой функцию в составе КРУЭ (линейная, секционная, шиносоединительная и др.).

3.2 Обозначения и сокращения

АФД - амплитудно-фазовая диаграмма;
ИК - инфракрасный контроль;
ИТ - измерительный трубопровод;
ЗРУ - закрытое распределительное устройство;
ИРИ - индикаторы радиоизлучений;
КЗ - короткое замыкание;
КИП - контрольно-измерительный прибор;
КРУ - комплектное распределительно устройство;
КРУЭ - комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией;
КС - контактные соединения;
МП - микропроцессорные;
МФП - матрица фокальной плоскости;
НД - нормативный документ;
НТД - нормативно-технический документ;
ОПУ - общеподстанционный пункт управления;
ОРУ - открытое распределительное устройство;
ПД - измерительный преобразователь давления или манометр;
ПДК - предельно допустимая концентрация;
РУ - распределительное устройство;
РПН - регулирование напряжения под нагрузкой;
СВЧ - сверхвысокая частота;
СИ - средства измерений;
ТТ - трансформатор тока;
ТН - трансформатор напряжения;
ЧР - частичные разряды;
ЭВ - элегазовый выключатель;
ЭО - элегазовое оборудование.

4 Контроль состояния резервуаров ЭО

4.1 Общие требования

4.1.1 Резервуары ЭО по своим рабочим параметрам относятся к оборудованию, работающему под избыточным давлением. Порядок их эксплуатации определяют Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности [6]. Объем, методы и периодичность обслуживания резервуаров ЭО должны быть определены изготовителем и указаны в руководстве (инструкции) по эксплуатации.

4.1.2 Периодический технический контроль резервуаров ЭО, если иное не указано в руководстве (инструкции) по эксплуатации оборудования, включает наружный осмотр и проверку на герметичность в соответствии с Разделом 8.

4.1.3 Внеочередной внутренний осмотр производится при ремонте, связанном с вскрытием резервуара, в случае возникновения внутренней дуги и срабатывания предохранительной мембраны, с обязательным привлечением специализированной организации, удовлетворяющей требованиям раздела III [6], имеющей опыт ремонта и диагностирования ЭО.

4.1.4 Рекомендованная периодичность контроля ЭО указана в приложении А.

4.2 Метод (методы) контроля

4.2.1 Контроль состояния резервуаров ЭО осуществляется методом визуального осмотра.

4.2.2 Контроль герметичности ЭО в соответствии с п.8.2.

4.3 Требования безопасности, охраны окружающей среды

4.3.1 Работы на ЭО необходимо производить в соответствии с требованиями [1], [2], [3], [4], [5], [6], [8], а также с учетом требований охраны окружающей среды.

4.3.2 Работники, занимающиеся техническим диагностированием и ремонтом резервуаров ЭО, должны быть аттестованы по требованиям [6].

4.3.3 По степени воздействия на организм элегаз относится к вредным веществам четвертого класса опасности, то есть к веществам малоопасным.

Опасность работы с элегазом заключается в том, что элегаз тяжелее воздуха, при утечке из оборудования заполняет любые углубления, вытесняя из них воздух и создавая атмосферу непригодную для дыхания. При электрическом пробое изоляции ЭО, а также при коммутациях в элегазе, происходит накопление в оборудовании вредных для здоровья человека газообразных и твердых фтористых соединений. 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.

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, бахил. Адсорбент должен быть нейтрализован водой или щелочью. Требования по безопасности персонала при работе с элегазом изложены в [2], [10], [11], [21].

4.3.4 При удалении SF_6 из оборудования необходимо принимать меры предосторожности, для предотвращения выпуска элегаза в атмосферу, в особенности в рабочей зоне.

Рекомендуется использовать оборудование для сбора газа. Данное оборудование должно обеспечивать возможность откачки максимально возможного количества элегаза из оболочки [18].

4.4 Требования к условиям контроля

4.4.1 При выполнении контроля состояния резервуаров ЭО должны соблюдаться следующие условия:

– температура воздуха должна находиться в пределах от минус 20 °С до плюс 40 °С;

– относительная влажность воздуха не должна превышать 80 %;

– отсутствие атмосферных осадков;

– освещенность контролируемых поверхностей должна быть достаточной для надежного выявления дефектов.

4.5 Подготовка к выполнению контроля

4.5.1 Контроль состояния резервуаров в процессе эксплуатации выполняется в месте установки ЭО. Должно быть обеспечено удобство подхода к месту производства контрольных работ, созданы условия для безопасного производства работ, в том числе при необходимости должны быть установлены леса, ограждения, подмостки, люльки, передвижные вышки или другие вспомогательные устройства.

4.5.2 При осмотре защитные покрытия и изоляция подлежат удалению на участках поверхности резервуаров, в тех местах, где имеются явные признаки нарушения их целостности.

4.5.3 Очистка контролируемой поверхности производится способом, указанным в руководстве (инструкции) по эксплуатации (например, промывка, механическая зачистка, протирка, обдув сжатым воздухом и др.). При этом не должны возникать недопустимые дефекты (риски, царапины и др.).

4.5.4 Необходимость и объем демонтажа обогревателей ЭО при проведении исследования коррозионного состояния резервуаров определяется специалистами, проводящими контроль состояния резервуаров ЭО.

4.6 Порядок выполнения контроля

4.6.1 Контроль резервуаров проводится в целях выявления дефектов, которые могли возникнуть в процессе его эксплуатации, транспортировки и монтажа. Осмотру подлежат все доступные сварные соединения резервуара ЭО и его элементы в целях выявления в них следующих дефектов:

- трещин и сколов;
- свищей и пористости швов;
- подрезов, прожогов, незаплавленных кратеров;
- наличия отслоения защитных покрытий;
- наличия коррозии;
- деформаций поверхности резервуаров (в виде вмятин, отдулин и т.п.).

4.6.2 Осмотру подлежат внешние опоры полюсных баков и колонн ЭО, при этом необходимо проверять сварные швы приварки опор к его корпусу.

4.6.3 На элементах ЭО, предназначенных для заполнения элегазом (газовой смесью) необходимо осматривать крепеж на соответствие требованиям [15].

4.6.4 Особое внимание следует обратить на состояние сварных соединений в зонах концентрации напряжений (местах приварки входных и выходных штуцеров, на участках пересечения швов, в зонах сопряжения обечайки с днищами, местах приварки опорных узлов и др.), а также в зонах проведенного ранее ремонта.

4.6.5 При проведении контроля должны быть осмотрены все места, указанные в руководстве (инструкции) по эксплуатации, а также:

- предохранительные мембранные устройства и их защитные крышки;
- изоляторы и места их заделки;
- запорные устройства (вентили и клапаны);
- соединительные трубопроводы;
- устройства контроля давления (плотности).

4.7 Обработка результатов контроля

4.7.1 Результаты контроля признают положительными, если не обнаружены поверхностные дефекты, выходящие за пределы допустимых норм, установленных проектной и технологической документацией [6].

4.7.2 Если при проведении контроля установлено, что оборудование под давлением вследствие имеющихся дефектов или нарушений находится в состоянии, опасном для дальнейшей его эксплуатации, то работа такого оборудования должна быть запрещена [6].

4.8 Оформление результатов контроля

4.8.1 Результаты осмотра оформляются в виде заключения (протокола).

4.8.2 При обнаружении дефектов составляется акт, в котором указываются дата, место обследования, заводской номер резервуара, обнаруженные дефекты.

5 Контроль давления элегаза (смеси) в ЭО

5.1 Общие требования

5.1.1 В целях обеспечения необходимого уровня внутренней изоляции и дугогасительных свойств ЭО заполняют элегазом или его смесями с азотом или хладоном определённой плотности. Плотность должна оставаться постоянной в течение всего срока эксплуатации ЭО. В процессе эксплуатации контроль осуществляется по приборам индикаторного типа и/или сигнализирующим устройствам, установленным производителем на газоизолированных объемах. Как правило, применяются приборы, регистрирующие давление, с введением в показания автоматической коррекции по температуре

5.1.2 Производителем ЭО устанавливается номинальное давление газа, приведённое к 20 °С, исходя из условия обеспечения нормированной электрической прочности изоляции. Давление в эксплуатационной документации может быть указано в виде как абсолютного, так и избыточного, относительно атмосферного. Применительно к заполнению ЭО атмосферное давление принимается равным 0,1 МПа, изменение реального атмосферного давления не учитывается. Зависимости рабочего давления от температуры для конкретного ЭО приведены в эксплуатационной документации завода-изготовителя. Пример диаграммы зависимости давления и плотности чистого элегаза от температуры приведён на рисунке 1.

5.1.3 Шкала прибора контроля, как правило, градуирована в единицах давления, приведённого к 20 °С. Наблюдение за показаниями приборов производится с рекомендованной периодичностью, указанной в п. 8.2.2.

5.1.4 Приборы контроля, установленные производителем на газоизолированных объемах, не аттестованы как средства измерений и не подлежат метрологической поверке. Для проверки фактического давления необходимо периодически производить контроль давления аттестованным контрольным манометром (приложение А).

5.1.5 Приборы контроля должны оснащаться встроенной функцией сигнализации о превышении допустимого отклонения значения давления от нормы. Проверка работоспособности электроконтактной части приборов контроля осуществляется по методике, указанной в разделе 6.

5.2 Метод контроля

При контроле давления заполнения элегазом (смесью) газоизолированных отсеков ЭО используют метод непосредственного измерения абсолютного или избыточного давления.

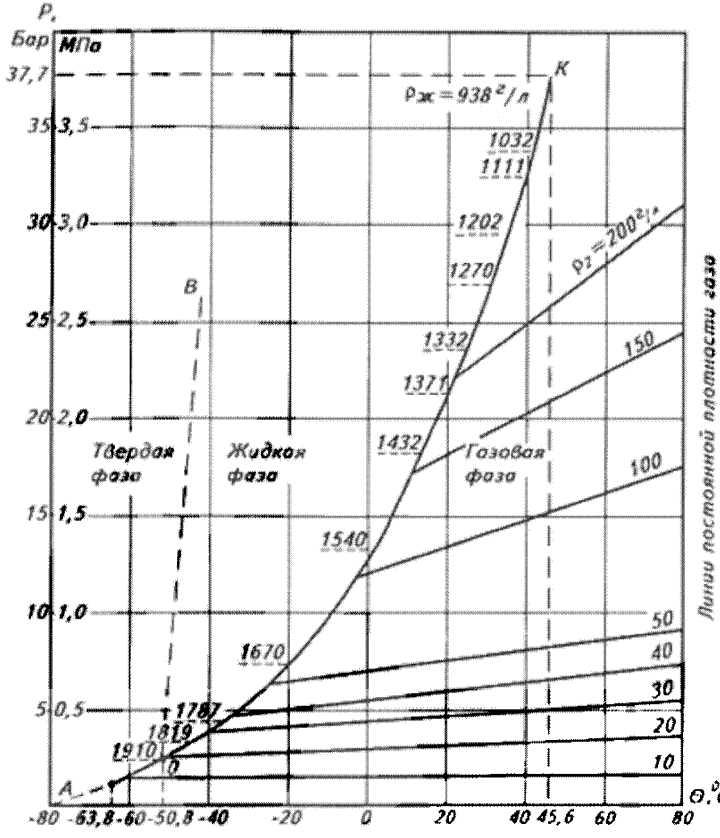


Рисунок 1 – Пример диаграммы зависимости давления и плотности элегаза от температуры

5.3 Требования к условиям контроля давления

5.3.1 При выполнении измерений должны быть соблюдены следующие условия:

– температура воздуха должна находиться в пределах от минус 20 °С до плюс 40 °С;

– относительная влажность воздуха не должна превышать 80 %.

5.3.2 Измерения не рекомендуется производить на отдельностоящем ЭО в условиях наличия избыточного солнечного излучения и при функционировании систем обогрева газоизолированных отсеков баковых выключателей.

5.3.3 Условия применения СИ должны соответствовать параметрам окружающей среды, установленным его изготовителем.

Диапазон показаний (D) манометра выбирается из стандартного ряда диапазонов показаний манометров в соответствии с ГОСТ 2405 при соблюдении условия 1,5·Рном≤ D ≤ 2,5 Рном. Номинальное рабочее давление (Рном) указывается в эксплуатационной документации завода-изготовителя на конкретный ЭО.

5.3.4 СИ применяют в соответствии с требованиями технической документации по их эксплуатации.

5.3.5 Измерения следует выполнять СИ, прошедшими калибровку.

5.3.6 Измерение давления заполнения элегазом (смесью) газоизолированных отсеков ЭО и температуры, по которой будет производиться приведение давления к температуре плюс 20 °С, допускается производить манометром классом точности не ниже 0,6 и термометром с пределом допускаемой погрешности ±1 °С или электронным манометром, имеющим температурную компенсацию.

5.4 Подготовка к выполнению контроля давления

5.4.1 Перед проведением работ необходимо убедиться в том, что состояние измерительного устройства соответствует исправному состоянию, определенному изготовителем. В случае использования стрелочного манометра, убедиться в том, что он допускается к применению в соответствии с п.312[6].

5.4.2 Оснастить измерительное устройство необходимым типом соединителя к отборному устройству давления ЭО, проверить соединение на герметичность.

5.5 Порядок выполнения контроля давления

5.5.1 Присоединить соединитель измерительного устройства к отборному устройству давления (клапану/вентилю заправки) ЭО.

5.5.2 Открыть вентиль отборного устройства ЭО (клапана автономной герметизации, оснащенные функцией самозапирания, открываются автоматически).

5.5.3 Снять показания контрольного манометра.

5.5.4 Закрыть вентиль отборного устройства ЭО, отстыковать соединитель измерительного устройства от отборного устройства давления ЭО.

5.5.5 Произвести измерение температуры окружающего воздуха в соответствии с ГОСТ 28198-89 и ГОСТ 28236-89.

5.6 Обработка результатов контроля

5.6.1 Определить значение избыточного (абсолютного) давления заполнения элегазом (смесью) газоизолированных отсеков ЭО по показаниям калиброванного манометра.

5.6.2 Привести значение величины давления к температуре плюс 20 °С по измеренной температуре окружающего воздуха, с использованием диаграммы зависимости номинального давления от температуры (п. 5.1.1).

5.6.3 Допустимо, для получения откорректированной по температуре величины давления заполнения элегазом ЭО, использовать специальный

электронный манометр имеющий температурную компенсацию. Измеренная величина давления, приведенная к температуре плюс 20 °С, указывается на дисплее устройства (рисунок 2).

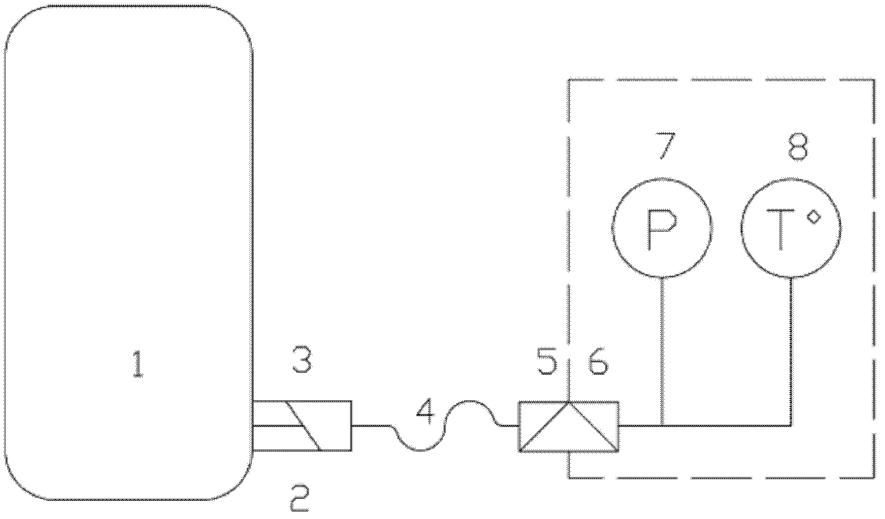


Рисунок 2 - Газовая схема измерения давления заполнения газоизолированных отсеков ЭО

1 - объем ЭО; 2 - клапан/вентиль заправки ЭО; 3 - соединитель к клапану ЭО
4 - измерительный трубопровод (ИТ); 5 - присоединительный штуцер ИТ;
6 - присоединительный штуцер прибора; 7 - контрольный манометр (манометрический преобразователь); 8 - термометр (термометрический преобразователь)

5.7 Оформление результатов контроля давления

5.7.1 Результаты контроля давления оформляются протоколом.

5.7.2 В протоколе должны быть указаны:

- температура окружающего воздуха;
- значения давления газа газоизолированных отсеков ЭО по показаниям контрольного манометра, приведенные к 20 °С;
- фактические показания прибора контроля, установленного на ЭО;
- в случае если на ЭО установлен прибор контроля без температурной компенсации - измеренные значения давления газа.

5.7.3 Приведённое значение давления к температуре (п.5.6.2) проверить на соответствие рабочему диапазону, нормируемому изготовителем. При этом рабочий диапазон определяется как разность между номинальным давлением и давлением предупредительной сигнализации.

5.7.4 В случае если приведённое значение давления меньше номинального давления более чем на ½ рабочего диапазона необходимо

сделать запись о проведении дозаполнения объёма ЭО до номинального давления.

5.7.5 Отклонение показаний прибора контроля, установленного на ЭО от фактического значения, не указывает на его неработоспособное состояние, при условии, что показания не выходят за пределы обозначенного рабочего диапазона. Однако если отклонение превышает ½ рабочего диапазона, рекомендуется при возможности заменить прибор.

6 Проверка работоспособности электроконтактных приборов контроля давления

6.1 Общие требования

Снижение плотности элегаза (смеси) существенно снижает уровень внутренней изоляции и дугогасительные свойства ЭО. Постоянный контроль плотности и своевременная сигнализация о её снижении необходимы для обеспечения безаварийной эксплуатации ЭО.

ЭО оснащается приборами контроля плотности (давления приведённого к температуре плюс 20°С) различных типов и конструктивного исполнения, при этом функцией прибора является выдача электрического сигнала в случае превышения отклонения значения давления, приведённого к температуре плюс 20°С от нормы, указанной в эксплуатационной документации изготовителя ЭО.

Работоспособность приборов контроля давления ЭО подлежит регулярной проверке (приложение А).

6.2 Метод (методы) контроля

6.2.1 Проверка срабатывания электроконтактного устройства контроля давления элегаза (газовой смеси), при наличии автоматического запорного устройства, производится со снятием с ЭО, методом подачи и снижения давления от постороннего источника газа (насос или баллон с редуктором) и регистрацией давления срабатывания электроконтактного устройства по контрольному манометру.

6.2.2 Срабатывание электроконтактного устройства регистрируется любым электроизмерительным прибором с функцией контроля сопротивления или контрольной лампой.

6.2.3 Проверка срабатывания электроконтактного устройства контроля давления элегаза (газовой смеси), установленных на ЭО без применения запорного устройства или в случаях, когда снятие прибора технологически нецелесообразно, производится методом закачки и откачки газа, в контролируемом диапазоне, непосредственно в диагностируемый газоизолированный объём с контролем давления и регистрацией давления срабатывания электроконтактного устройства.

6.3 Требования к условиям контроля

6.3.1 При проведении проверки срабатывания электроконтактного устройства приборов контроля давления элегаза (смеси) измерительный прибор должен быть установлен в рабочем положении. Положение проверяемого электроконтактного устройства контроля давления должно соответствовать его рабочему положению в составе ЭО.

Вибрация и тряска должны отсутствовать.

6.3.2 Изменение давления должно быть медленным и плавным и позволять зарегистрировать срабатывание электроконтактного устройства с

точностью ±0,005 МПа по показаниям контрольного манометра.

6.3.3 Температура окружающего воздуха должна быть от минус 20 °С до плюс 40 °С.

6.3.4 Условия применения СИ должны соответствовать параметрам окружающей среды, установленным его изготовителем.

6.3.5 Диапазон показаний (D) контрольного манометра выбирается из стандартного ряда диапазонов показаний манометров в соответствии с ГОСТ 2405 при соблюдении условия $1,5 \cdot Р_{ном} \leq D \leq 2,5 \cdot Р_{ном}$.

6.3.6 Измерение необходимо производить манометром классом точности не ниже 0,6 и термометром с пределом допускаемой погрешности ±1°С или электронным манометром, имеющим температурную компенсацию.

6.3.7 Измерения следует выполнять СИ, прошедшими калибровку.

6.3.8 В случае, если в конструкции электроконтактного устройства предусмотрена температурная компенсация, измеренное давление срабатывания контрольным манометром должно быть приведено к температуре плюс 20 °С.

6.3.9 Значения давления срабатывания на понижение давления ниже рабочего проверяются только при понижении давления, а на повышение давления выше рабочего - только при повышении давления.

6.4 Подготовка к выполнению контроля

6.4.1 Произвести внешний осмотр прибора контроля плотности элегаза (смеси) на предмет отсутствия повреждений и дефектов.

6.4.2 Собрать газовую схему для проведения проверки, исходя из используемого источника сжатого газа.

6.5 Порядок выполнения контроля

6.5.1 Произвести измерение температуры окружающего воздуха в соответствии с ГОСТ 28198 и ГОСТ 28236.

6.5.2 В случае наличия уставки на превышение давления необходимо плавно повысить давление до срабатывания электроконтактного устройства.

6.5.3 Затем избыточное давление плавно снижают, при этом фиксируют значения давления срабатывания электроконтактного устройства на каждой из уставок, предусмотренных конструкцией прибора.

6.6 Обработка результатов измерений

6.6.1 Зарегистрированные показания контрольного манометра, при необходимости, привести по измеренной температуре окружающего воздуха, с использованием диаграммы зависимости номинального давления от температуры (п. 5.1.1) к температуре плюс 20 °С.

6.6.2 Полученные, по результатам контроля, значения давления срабатывания электроконтактного устройства не должны быть ниже, указанных в эксплуатационной документации завода-изготовителя ЭО, более чем на 0,01 МПа.

6.7 Оформление результатов измерений

Результаты измерений оформляются протоколом.

В протоколе должны быть указаны значения давления срабатывания электроконтактного устройства на каждой из уставок, предусмотренных конструкцией прибора, приведённые, при необходимости, к температуре плюс 20 °С.

При положительных результатах проверки в протоколе делается запись «Исправно».

При отрицательных результатах проверки прибор подлежит регулировке (при наличии) или замене.

7 Контроль нагрева ЭО - тепловизионное обследование ЭО

7.1 Общие требования

7.1.1 Выявление дефекта ЭО должно осуществляться, на ранней стадии развития, для чего прибор контроля нагрева должен удовлетворять требованиям раздела 7.1.4. При анализе результатов тепловизионного обследования должна осуществляться оценка выявленного дефекта и прогнозирование возможностей его развития и сроков устранения.

7.1.2 После устранения выявленного дефекта необходимо осуществить повторное диагностирование для контроля качества выполненного ремонта.

7.1.3 Тепловизионное обследование ЭО позволяют выявить дефекты контактов, контактных соединений, аппаратных вводов, магнитопроводов ТН, нескомпенсированные магнитные потоки.

Рекомендованная периодичность контроля указана в приложении А.

7.1.4 Требования к условиям контроля.

Для проведения тепловизионного обследования ЭО следует использовать тепловизоры со спектральным диапазоном от 8 мкм до 12 мкм, разрешающей способностью не хуже 0,1 °С, разрешением МФП не менее 320х240 пикселей, диапазоном измеряемых температур от минус 40°С до плюс 200°С и абсолютной погрешностью не более ±2 °С в диапазоне температур от минус 40 до плюс 100°С. Программное обеспечение тепловизора должно обеспечивать возможность коррекции излучательной способности объекта, получение температур в точке, линии сканирования, максимальных, средних, минимальных значений по выделенной области, построение гистограмм, экспорт термограмм во внешние программные приложения. Тепловизоры, применяемые при тепловизионном контроле должны иметь действующее свидетельство о поверке (калибровке).

7.1.5 Учет влияющих величин при тепловизионном контроле.

Тепловизионное обследование при размещении ЭО на ОРУ рекомендуется проводить при отсутствии солнца (в облачную погоду или ночью), предпочтительно перед восходом солнца, при минимальном воздействии ветра в период максимальных токовых нагрузок. При проведении тепловизионного обследования должны учитываться следующие факторы:

- коэффициент излучения материала;
- солнечное излучение;
- скорость ветра;
- расстояние до объекта;
- значение токовой нагрузки;
- тепловое отражение и т.п.

Токовая нагрузка оборудования в предшествующий обследованию период от 3 и более часов должна быть не менее 30 % от номинальной (или наибольшей рабочей).

Анализ термограмм проводить по тождественным областям поверхностей.

При проведении тепловизионного обследования ЭО необходимо учитывать систематические и случайные погрешности, оказывающие влияние на результаты измерения.

Систематические погрешности заключены в конструкции измерительного прибора, а также зависят от его выбора в соответствии с требованиями к совершенству измерения (разрешающей способности, поля зрения и т.п.).

Случайными погрешностями, возникающими при проведении тепловизионного обследования, могут являться: воздействие солнечного излучения, выбор излучательной способности и др.

Суммарная погрешность от влияющих величин при тепловизионном контроле не должна превышать половины основной погрешности.

Ниже рассмотрены виды погрешностей, возникающие при ИК-контроле ЭО, и способы их устранения.

а) Влияние излучательной способности.

Коэффициент излучения материала в общем виде зависит от длины волны, угла наблюдения поверхности контролируемого объекта и температуры.

Для металлов спектральный коэффициент излучения изменяется весьма слабо (таблица 1) [20].

Таблица 1 - Коэффициенты излучения материалов

Вид материала	Состояние поверхности	Температура, °С	Коэффициент излучения, мкм
алюминий	анодированный	100	0,55
	необработанная поверхность	20-50	0,06-0,07
	окисленный	50-500	0,2-0,3
	полированный	50-100	0,04-0,06
железо	ржавое	20	0,61-0,85
	необработанное	20	0,24
	окисленное	100	0,74
	оцинкованное	30	0,25
	полированное	400-1000	0,14-0,38
латунь	окисленная	200-600	0,6
	полированная	100	0,03
медь	полированная	20-100	0,02-0,05
	с тонкой окисной пленкой	20	0,037
	оксидированная	100-200	0,6-0,73
	электролитическая, полированная	20-100	0,05
	на токосъемниках, блестящая	20-100	0,3
	на токосъемниках, матовая или оксидированная	20-100	0,5
сталь	заржавленная	20	0,69
	легированная	500	0,35
	нержавеющая	20-700	0,16-0,45
	оксидированная	200-600	0,8
	оцинкованная	20	0,28
	полированная	100	0,07

Коэффициент излучения зависит также от угла наблюдения. Для металлов коэффициенты излучения постоянны в интервале углов наблюдения (0-40) градусов, для диэлектриков - в интервале углов (0-60) градусов.

За пределами этих значений коэффициент излучения быстро уменьшается до нуля при направлении наблюдения по касательной.

Коэффициенты излучения металлов с ростом температуры обычно увеличиваются (см. таблицу 1).

Поскольку токоведущий узел электрического аппарата или установки может включать в себя несколько компонентов из разнородных металлов, поверхности которых окрашены, имеют окисные пленки или разную степень обработки поверхности, т.е. различные коэффициенты излучения, при ИК-контроле могут возникнуть предположения о перегревах на участках с повышенными коэффициентами излучения.

В данных случаях необходимо провести пофазное сравнение результатов измерения, оценить состояние поверхности перегретого участка (точки) с помощью бинокля, выяснить объем ремонтных работ, проводившихся на данном токоведущем узле, и т.п. В том случае, если коэффициент излучения контролируемого объекта известен, его фактическая температура определяется по формуле 1:

$$T_{факт} = \frac{T_{рад}}{\sqrt[4]{E}}, \qquad (1)$$

где $T_{рад}$ - радиационная температура, измеренная тепловизором;

E - коэффициент излучения контролируемой поверхности.

б) Солнечное излучение.

Солнечное излучение нагревает контролируемый объект, а также при наличии участков (узлов) с хорошей отражательной способностью создает впечатление о наличии высоких температур в местах измерения.

Данные явления особенно проявляются при использовании ИК-приборов со спектральным диапазоном 2-5 мкм.

Для исключения влияния солнечного излучения рекомендуется осуществлять ИК-контроль в ночное время суток (предпочтительно после полуночи) или в облачную погоду. При острой необходимости измерение в электроустановках при солнечной погоде рекомендуется производить для каждого объекта поочередно из нескольких диаметрально противоположных точек.

в) Ветер.

Если ИК-контроль осуществляется на ОРУ, необходимо принимать во внимание возможность охлаждения ветром контролируемого объекта (контактного соединения). В диапазоне скоростей 1-7 м/с необходимо осуществлять расчет по формуле:

$$\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = \left|\frac{V_1}{V_2}\right|^{0,448}, \qquad (2)$$

где ΔT_1 - превышение температуры при скорости ветра V_1;

ΔT_2 - то же при скорости ветра V_2.

Измерения при скорости ветра выше 8 м/с рекомендуется не проводить.

Расчет полученных значений превышения температуры необходимо осуществлять с учетом коэффициента коррекции (таблица 2).

Таблица 2 - Корректировочная таблица получения фактической температуры объекта при ветровой нагрузке

Скорость ветра, м/с	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Коэффициент коррекции	1,0	1,36	1,64	1,86	2,0	2,23	2,4	2,5

г) Нагрузка.

Температура токоведущего узла (контактного соединения) зависит от нагрузки и прямо пропорциональна квадрату тока, проходящего через контролируемый участок:

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \left|\frac{I_1}{I_2}\right|^2, \qquad (3)$$

где ΔT_1 - превышение температуры при токе I_1;

ΔT_2 - то же при токе I_2.

При необходимости пересчет необходимо проводить от более высокой нагрузки к более низкой и при близких значениях токов (отличия на 20-30 %).

д) Тепловая инерция.

При переменной токовой нагрузке необходимо учитывать тепловую инерцию контролируемого объекта.

Тепловая постоянная времени для контактных узлов аппаратов составляет 20-30 минут.

е) Дождь и снег.

ИК-контроль допускается проводить при небольшом снегопаде с сухим снегом или неинтенсивном дожде.

ж) Тепловое отражение.

В ряде случаев, при тепловизионном обследовании, расположенных в небольших замкнутых объемах, необходимо учитывать получение ошибочных результатов из-за теплового отражения от нагревательных элементов, ламп освещения, соседних фаз и др. Поэтому рекомендуется в ЗРУ производить ИК-обследование ЭО под различными углами зрения и изменением местоположения оператора с тепловизором. Рекомендуется на время измерения отключать освещение объекта и т.п.

з) Влияние дальности тепловизионного контроля.

Существенное значение при тепловизионном обследовании имеет расстояние до контролируемого ЭО ввиду рассеяния и поглощения ИК-излучения в атмосфере за счет тумана, снега и других факторов.

Особенно это влияние сказывается при использовании тепловизоров, работающих в спектральном диапазоне 2-5 мкм.

7.2 Метод (методы) контроля

7.2.1 Оценка теплового состояния.

Оценка теплового состояния проводится путем непосредственного измерения и сравнения измеренных значений температуры в пределах ячейки

КРУЭ и ЭО, между фазами (при пофазном исполнении), между аналогичными по конструкции и нагрузке элементами в зависимости от условий работы и типа ЭО осуществляется:

- по температуре нагрева и превышению температуры;
- по избыточной температуре;
- по коэффициенту дефектности;
- по динамике изменения температуры во времени.

7.2.2 Обследование наружных контактных соединений и аппаратных вводов ЭО.

При обследовании наружных контактных соединений и аппаратных вводов ЭО необходимо снять термограмму обследуемого элемента, выявить локальные нагревы, избыточные температуры и превышения температуры.

7.2.3 Предельные температуры и превышения температуры контактных соединений и аппаратных вводов указаны в таблице 3.

Таблица 3 - Предельные температуры и превышения температуры контактных соединений и аппаратных вводов

Контролируемые узлы	Наибольшее допустимое значение	
	температура нагрева, °С	превышение температуры, °С
Аппаратные выводы из меди, алюминия и их сплавов, предназначенные для соединения с внешними проводниками электрических цепей:		
– без покрытия	90	50
– с покрытием оловом, серебром или никелем	105	65
Контакты в элегазе:		
– без покрытий	90	50
– с накладными пластинами из серебра	120	80
– с покрытием серебром или никелем	105	65
– с покрытием оловом	90	50
Соединения (кроме сварных и паяных):		
– из меди, алюминия и их сплавов в элегазе:		
· без покрытий	105	65
· с покрытием оловом	105	65
· с покрытием серебром или никелем	115	75
– из меди и медных сплавов в элегазе:		
· с покрытием серебром	115	75
· с покрытием никелем	115	75
– из алюминия и его сплавов с покрытием серебром или никелем в элегазе	115	75

Для контактов и болтовых КС нормативами (таблица 3) следует пользоваться при токах нагрузки $(0,6\text{-}1,0)\cdot I_{ном}$ после соответствующего пересчета.

Пересчет превышения измеренного значения температуры к

нормированному осуществляется исходя из соотношения:

$$\frac{\Delta T_{ном}}{\Delta T_{раб}} = \left(\frac{I_{ном}}{I_{раб}} \right)^2, \quad (4)$$

где $\Delta T_{ном}$ — превышение температуры при $I_{ном}$;

$\Delta T_{раб}$ — то же, при $I_{раб}$.

Для контактов и болтовых КС при токах нагрузки (0,3-0,6)·$I_{ном}$ оценка их состояния проводится по избыточной температуре. В качестве норматива используется значение температуры, пересчитанное на 0,5 $I_{ном}$.

Для пересчета используется соотношение:

$$\frac{\Delta T_{0,5}}{\Delta T_{раб}} = \left(\frac{0,5 \cdot I_{ном}}{I_{раб}} \right)^2, \quad (5)$$

где $\Delta T_{0,5}$ — избыточная температура при токе нагрузки 0,5·$I_{ном}$.

При оценке состояния контактов и болтовых КС по избыточной температуре и токе нагрузки 0,5 $I_{ном}$ различают следующие области по степени неисправности.

Избыточная температура 5-10 °С

Начальная степень неисправности, которую следует держать под контролем и принимать меры по ее устранению во время проведения ремонта, запланированного по графику,

Избыточная температура 10-30 °С

Развившийся дефект ЭО. Принять меры по устранению неисправности при ближайшем выводе ЭО из работы.

Избыточная температура более 30 °С

Аварийный дефект ЭО. Требует немедленного устранения.

7.2.4 При тепловизионном обследовании ЭВ, токопроводов, трансформаторов тока, трансформаторов напряжения, заземлителей, разъединителей, соединительных элементов КРУЭ отсутсвует возможность снять термограмму контактов и КС, токоведущих частей внутри объемов ЭО. Таким образом снимается термограмма корпуса ЭО. При наличии локальных нагревов строится термопрофиль ЭО. При этом ИК-обследование следует проводить с отключенной системой обогрева ЭО.

7.2.5 Предельное превышение температуры корпусов ЭВ, токопроводов, трансформаторов тока, заземлителей, разъединителей, соединительных элементов КРУЭ не должно составлять более 10 °С.

При оценке теплового состояния элегазовых заземлителей, элегазовых разъединителей различают следующие степени неисправности исходя из приведенных значений коэффициента дефектности:

– не более 4,0 - начальная степень неисправности элемент следует держать под контролем при следующем тепловизионном обследовании.

– более 4,0 - развившийся дефект. Провести диагностирование дополнительно другими методами для подтверждения дефекта и принятия решения о выводе в ремонт, постановке на учащенный контроль до выяснения причины или устранения дефекта.

7.2.5.1 Предельное превышение температуры корпусов элегазовых ТН составляет 15 °С.

7.2.5.2 При оценке теплового состояния элегазовых ТН различают следующие степени неисправности исходя из приведенных значений коэффициента дефектности:

– не более 4,0 - начальная степень неисправности элемент следует держать под контролем при следующем тепловизионном обследовании.

– более 4,0 развившийся дефект. Провести диагностирование дополнительно другими методами для подтверждения дефекта и принятия решения о выводе в ремонт, постановке на учащенный контроль до выяснения причины или устранения дефекта.

7.2.5.3 При тепловизионном обследовании ЭО, вследствие различного его назначения, разных причин нагрева, а также с точки зрения доступности прикосновения персоналом следует отдельно выделить болтовые соединения корпусов ЭО.

Предельное превышение температуры болтового соединения корпуса ЭО не должно превышать 40 °С.

Предельная температура нагрева болтового соединения корпуса ЭО не должна превышать 60 °С.

7.3 Подготовка к выполнению тепловизионного контроля

7.3.1 Перед проведением тепловизионного обследования ЭО необходимо удостовериться, что соблюдены все необходимые меры охраны труда.

7.3.2 Перед обследованием необходимо получить информацию о токовых нагрузках всех обследуемых элементов, изучить паспортные данные, условия и продолжительность эксплуатации.

7.4 Порядок выполнения контроля

7.4.1 Проверка работоспособности используемых приборов. Проверка сроков поверки и аттестации приборов. Подготовка приборов к проведению работ.

7.4.2 Снятие термограмм обследуемого ЭО согласно методике тепловизионного обследования.

7.4.3 Незамедлительно сообщить о выявлении локальных нагревов дежурному персоналу и руководству для принятия решения:

– об учащенном контроле;

– о диагностировании другими методами;

– об аварийном выводе из эксплуатации.

7.5 Обработка результатов измерений

7.5.1 Перенос термограмм на ПК или сервер.

7.5.2 Обработка термограмм посредством прикладного программного обеспечения.

7.6 Оформление результатов контроля

7.6.1 Результаты контроля должны вноситься в протокол тепловизионного обследования.

7.6.2 Протокол тепловизионного обследования должен содержать следующую информацию:

- даты проведения обследования и составления протокола;
- объекты обследования;
- условия проведения обследования;
- токовые нагрузки объектов обследования;
- информацию об используемом оборудовании;
- краткую информацию об используемых обозначениях и терминах;
- термограммы обследуемых элементов, а также фотография снятые с одного места в случае наличия локальных нагревов, дефектов;
- при необходимости термопрофиль элемента;
- заключение о состоянии обследуемого элемента, а также общее заключение о состоянии оборудования;
- прогнозирование возможностей развития дефекта и сроков восстановления;
- при необходимости рекомендации по профилактике дефектов и работам при плановом обслуживании (ремонте) ЭО.

7.6.3 Протокол тепловизионного обследования должен быть заверен подписями специалистов проводивших обследование.

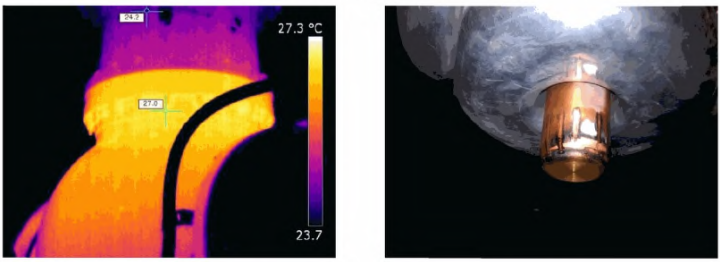


Рисунок 3 - нагрев контактного соединения в соединительном элементе

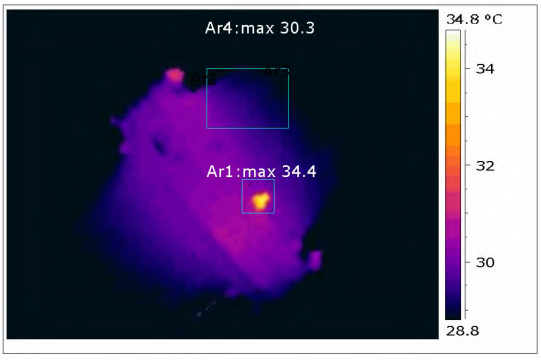




Рисунок 4 - нагрев болтового соединения объемов КРУЭ

8 Контроль герметичности (наличия утечки элегаза или газовой смеси) газоизолированных отсеков ЭО

8.1 Общие требования

8.1.1 Допустимое значение расхода элегаза на утечки указывается в эксплуатационной документации завода-изготовителя ЭО. Для SF_6 (смесей) нормированными значениями являются 0,5 % и 1 % в год [12], в зависимости от года выпуска и типа ЭО. Утечки такого уровня не могут быть зарегистрированы и измерены в процессе эксплуатации. Потери элегаза в ЭО, существенно превышающие нормированные значения, происходят в результате утечки через места уплотнения и дефекты оболочек, образующиеся по причине старения уплотнений и коррозии. В эксплуатации очень важно обнаруживать эти утечки и предпринимать меры по их устранению.

Рекомендованная периодичность контроля указана в приложении А.

8.1.2 Для непрерывного контроля плотности элегаза в отсеках ЭО применяются приборы индикаторного типа, оснащённые сигнализирующим устройством с выдачей сигнала о снижении давления на щит управления.

8.1.3 Так как элементы КРУЭ могут иметь различное рабочее давление для КРУЭ, осуществляется контроль герметичности относительно окружающей среды и герметичность аппаратов между собой.

8.2 Методы и способы определения утечек

8.2.1 Утечки элегаза из ЭО могут быть обнаружены следующими способами:

а) длительным измерением давления и/или плотности;

б) измерением концентрации элегаза в известном объёме, охватывающем оборудование в течение определенного времени (способ накопления при атмосферном давлении);

в) обнаружением наличия элегаза в воздухе в непосредственной близости от ЭО с использованием детекторов наличия элегаза;

г) обмыливанием с использованием пенящегося раствора;

д) акустическим, по звуку шипения выходящего газа;

е) оптическим (дистанционный контроль разности плотности газовой среды (атмосферы) окружающей ЭО, при наличии таковой функции у применяемых моделей тепловизионных камер).

При использовании способов а) и б) может быть вычислен процент утечки, но не конкретное место утечки. Остальные способы позволяют локализовать место утечки, но не позволяют определить её величину с достаточной точностью. Способом д) и е) могут быть обнаружены только очень значительные утечки.

8.2.2 Способ длительного измерения позволяет рассчитать значение утечки на основании результатов периодического измерения давления в течение продолжительного времени. При этом в расчётах необходимо учитывать изменение температуры и атмосферного давления, а также иметь точную информацию о размере объёма оборудования. С учётом применяющихся приборов способ имеет большую погрешность и

продолжительность.

В упрощённом виде способ рекомендуется для раннего диагностирования оборудования путём ведения журналов давления с регулярной (еженедельной или ежемесячной) записью показаний приборов контроля давления или плотности. В ряде случаев это позволяет оценить величину утечки и своевременно подготовить ЭО к выводу в ремонт.

8.2.3 Измерение герметичности ЭО способом накопления при атмосферном давлении производится для единицы оборудования в целом и его газоизолированных сборочных единиц. При проведении измерений данным способом необходимо пользоваться методикой, изложенной в ГОСТ 7746.

8.2.4 Для контроля герметичности ЭО рекомендуется применять способ с использованием детекторов наличия элегаза, (течеискатели). Для эффективного поиска рекомендуется использование течеискателей с чувствительностью к элегазу не менее 20 г/год (10 Па см³/с).

8.3 Требования к условиям контроля

8.3.1 Испытуемый объект (часть ЭО, подвергающаяся проверке на герметичность) должен быть заполнен чистым SF_6 или смесью на основе элегаза в соответствии с указаниями завода-изготовителя по эксплуатации (до номинального давления). Испытания могут выполняться на элементах, составных частях или сборочных единицах. Утечки между сборочными единицами, имеющими разное давление, также должны контролироваться.

8.3.2 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.

8.3.3 Условия вблизи испытуемого объекта, а также погодные условия при проведении проверки герметичности должны учитываться при выборе типа течеискателя. Исследуемые поверхности не должны быть влажными и иметь загрязнений. Для очистки от загрязнений запрещается использовать чистящие средства и растворители. На ветреных участках предполагаемую область утечки необходимо отгородить при помощи полиэтиленовой пленки.

8.4 Подготовка к выполнению контроля

Подготовка к работе, включение, выбор режима измерений, установка уровня чувствительности (при необходимости) и проверка работоспособности течеискателя производится в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

8.5 Порядок выполнения контроля

8.5.1 При контроле наличия утечки щупом течеискателя обследуются по непрерывной траектории области возможных утечек (места уплотнений разъемных соединений, сварных швов и уплотнений подвижных частей разъединителей, заземлителей и выключателей). В каждой проверяемой зоне щуп должен двигаться со скоростью 10-50 мм/с, и не далее 5 мм от поверхности в зависимости от чувствительности и скорости реакции применяемого

течеискателя. При более медленном движении щупа на более близком расстоянии вероятность обнаружения утечки увеличивается. В необходимых случаях (множественные мелкие дефекты в сварных швах, неблагоприятные погодные условия и др.) допускается локализация предполагаемой зоны с неудовлетворительным показателем газоплотности укрывным материалом. Любое увеличение сигнала зуммера и/или появление визуальной индикации значения концентрации выше фоновой означает утечку.

8.5.2 В случае регистрации вышеописанного сигнала от течеискателя необходимо подтвердить наличие утечки как минимум один раз следующим образом:

- продуть сжатым воздухом участок предполагаемой утечки и повторить проверку наличия утечки на данном участке. В случае очень больших утечек продувка сжатым воздухом помогает более точно определить место утечки;
- подвести щуп течеискателя сначала к чистому воздуху и проверить настройки течеискателя. Поднести щуп течеискателя к предполагаемому месту утечки как можно ближе и медленно передвигать его пока не подтвердится наличие утечки.

8.6 Обработка результатов контроля

При обследовании ЭО с использованием течеискателя результат контроля наличия утечки считается удовлетворительным, если не обнаружены зоны с устойчивым превышением концентрации элегаза относительно фонового значения.

8.7 Оформление результатов контроля

Результаты контроля оформляются протоколом. В протоколе должно быть указано «Утечек элегаза(смеси) не обнаружено». В противном случае в протоколе указываются найденные места утечек элегаза (смеси).

9 Контроль состояние изоляции ЭО

9.1 Общие требования

9.1.1 Настоящая глава распространяется на оценку состояния изоляции ЭО путём контроля характеристик ЧР, как под рабочим напряжением, так и при высоковольтных испытаниях ЭО.

9.1.2 Серьезные дефекты изоляции обычно обнаруживаются на стадии приемо-сдаточных высоковольтных испытаний и испытаний на месте монтажа. Если ЭО прошло эти испытания, то необнаруженные (или не проявившиеся) при их проведении дефекты изоляции (которые практически всегда имеются), не приводят к полному пробою изоляции в нормальных рабочих условиях. Однако, при дальнейшей эксплуатации ЭО, эти дефекты развиваются и растут. Их рост обусловлен появлением сравнительно небольших электрических разрядов в зоне повышенной напряженности поля вблизи дефекта, которые называют ЧР. Под действием ЧР начинается разрушение изоляции, размер дефектной области и интенсивность разрядов увеличиваются. По мере развития дефекта энерговыделение в его зоне растет, и разрушение изоляции ускоряется за счет термических процессов. Увеличение дефектной области приводит к росту напряженности поля в оставшейся части изоляционного промежутка, и, когда дефектная зона достигает достаточно больших размеров, становится возможным сквозной пробой изоляции. Как правило, при отсутствии экстремальных воздействий (типа перенапряжений), процесс развития дефекта от начальной стадии до полного пробоя длится от нескольких месяцев до нескольких лет.

9.1.3 При испытаниях контроль характеристик ЧР производится согласно ГОСТ 1516.3, ГОСТ Р 55195 и ГОСТ Р 55191.

Изоляцию считают выдержавшей испытание, если интенсивность ЧР при напряжении $1{,}1U_{\text{н.р.}}/\sqrt{3}$ не превысила значения 10 пКл.

9.1.4 ЧР, возникающий в ЭО, создает импульс тока. Измерительный элемент (датчик), выдает на своем выходе сигнал тока или напряжения, пропорциональный величине заряда (токового импульса) на входе.

Измеряемый кажущийся заряд не равен количественно значению заряда, локализованного в цепи разряда, значение которого невозможно измерить непосредственно.

9.1.5 Целью проведения диагностирования является определение наличия и степени опасности источника ЧР для нормальной дальнейшей эксплуатации изоляции ЭО.

Рекомендованная периодичность контроля указана в приложении А.

9.2 Методы контроля ЧР

Возникновение электрического разряда вызывает сигналы трех типов: электрического, электромагнитного и акустического. Первые два типа сигналов различаются несколько условно, т.к. электрический сигнал всегда сопровождается электромагнитным, и различие между ними скорее относится

к методам регистрации - электрический сигнал измеряется в проводах, а электромагнитный сигнал регистрируется с помощью антенны.

Соответственно для регистрации ЧР можно использовать электрические (подключаемые к входным или выходным шинам оборудования или шинам его заземления через конденсатор связи или трансформатор тока), электромагнитные (радиоприемники с антенной наружной или внутренней установки) и акустические (внутренние или наружные) датчики.

9.2.1 Электрический метод контроля изоляции по характеристикам ЧР.

Это метод контроля характеристик ЧР, основанный на регистрации изменений зарядов элементов схемы контроля, вызываемых ЧР в изоляции ЭО.

Рекомендуется применять аппараты, которые позволяют регистрировать слабые ЧР и обеспечивают количественный контроль энергии, рассеиваемой одиночными разрядами, индикаторы ЧР, которые непосредственно включаются в цепь разряда. Они состоят из приемного контура, усилителя и контрольного прибора. В основу положено регистрация кажущегося заряда.

Для оценки величины ЧР, регистрируемой в процессе диагностирования необходимо проводить калибровку.

Калибровку необходимо проводить на выведенном из работы ЭО. Для каждого конкретного объекта и каждого отдельного датчика, можно использовать данные по калибровке, полученные при проведении испытаний. Схемы контроля ЧР при испытаниях представлены ниже.

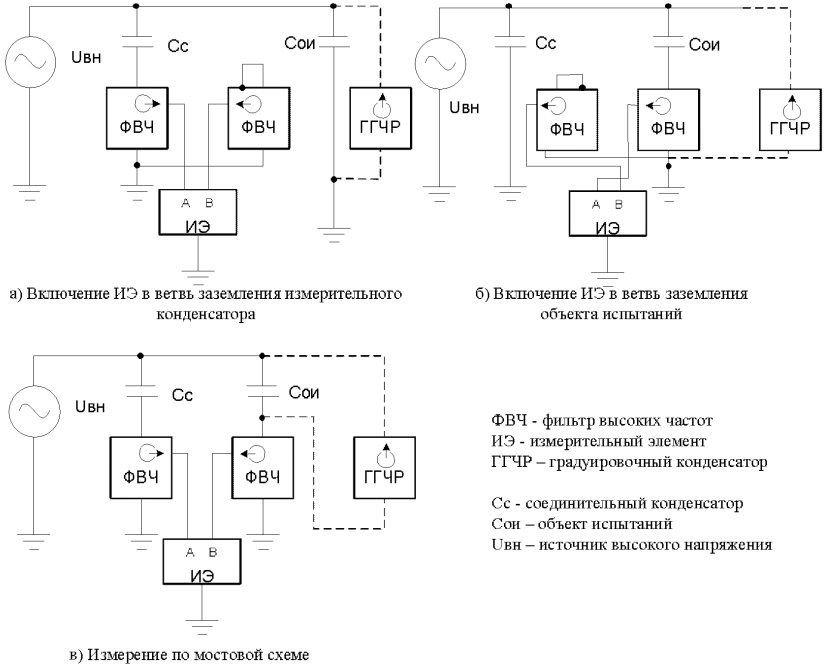


Рисунок 5 - Схемы контроля ЧР при испытаниях

Перед испытаниями ЭО проводится калибровка с помощью емкостного делителя (ГЧР), в процессе испытаний, с помощью диагностической аппаратуры, используемой при испытаниях, с учетом данных калибровки определяется величина ЧР в пКл, пороги зажигания и погасания ЧР.

Кроме того, при проведении калибровки можно провести градуировку стационарных датчиков или тех датчиков, которые будут в дальнейшем использоваться при диагностировании под рабочим напряжением.

9.2.2 Электромагнитный метод контроля.

Метод контроля электромагнитных волн, излучаемых ЧР ИРИ.

Этот метод основан на радиоприеме электромагнитных излучений в СВЧ-диапазоне от ЧР в изоляции ЭО.

При контроле в СВЧ диапазоне необходимо исключить промышленные помехи с помощью датчиков, «Встроенных» в конструкцию ЭО, и «Внешних» датчиков. Этот метод используется при диагностировании под рабочим напряжением и при испытаниях, если датчики такого типа уже установлены.

9.2.3 Контроль изоляции ЭО акустическим методом регистрации.

Метод распространяется на контроль изоляции ЭО в процессе эксплуатации под рабочим напряжением и при высоковольтных испытаниях. Акустический метод диагностирования может применяться как средство обнаружения ЧР, определения места разрядов.

Целью проведения контроля является выявление наличия дефектов изоляции по ЧР в элементах ЭО, позволяющее определить возникновение дефекта или возможное его развитие, а также уточнение местоположения дефекта.

9.3 Требования к датчикам и средствам контроля

Контроль состояния изоляции ЭО путём контроля характеристик ЧР носит характер комплексной оценки по результатам наблюдения за скоростью и характером изменения параметров во времени с учетов результатов контроля других параметров ЭО. Точность измерения параметров частичных разрядов не нормируется. Средства контроля параметров ЧР метрологическому обеспечению не подлежат.

Как правило, источник ЧР расположен в толще изоляции, и поместить туда прибор регистрации невозможно. Аппаратуру для регистрации можно подключить только к наружным частям контролируемого оборудования (исключая случаи встроенных датчиков). Сигнал при прохождении через внутренние элементы оборудования ослабевает, и форма его искажается. Степень ослабления сигнала и искажения его формы зависят от типа источника сигналов (дефекта), места его образования (которое исходно неизвестно), конструкции оборудования, используемого диапазона частот, способа подключения и т.д. Поэтому точно оценить исходную величину ЧР и степень их опасности на основании измерения только величины сигнала в точке подключения аппаратуры практически невозможно.

Регистрация уровней ЧР электрическим методом производится в соответствии с требованиями ГОСТ 20074, с точностью, не превышающей 30 %.

При регистрации ЧР электромагнитным и акустическим методами оценку величины ЧР произвести невозможно.

9.4 Контроль ЧР ЭО электрическим методом

При проведении контроля электрическим методом используются датчики волнового типа и емкостного типа.

Наиболее чувствительными к сигналам ЧР являются электрические датчики, подключенные к высоковольтной шине контролируемого оборудования через конденсатор связи, что можно осуществить в процессе проведения испытаний.

В процессе диагностирования под рабочим напряжением электрические датчики обычно подключаются к высокочастотным ТТ надетым на провода заземления (датчики волнового типа) элементов высоковольтного оборудования имеющих емкостную связь с высоковольтной шиной, чувствительность этих датчиков мала по отношению сигнал/шум.

9.4.1 Основные технические характеристики датчиков ЧР волнового типа

Основные технические требования к датчикам ЧР типа ВЧТТ для датчиков изложены в таблице 4.

Таблица 4 - Основные технические требования к датчикам ЧР типа ВЧТТ

Характеристика	Допустимое значение	Рекомендуемое значение
Переходное полное сопротивление (на частоте 1 МГц)	4,0 мВ/мА	2 мВ/мА
Частотная характеристика (по уровню – 6 дБ)	0,4 ÷ 12 МГц	0,5 ÷ 30 МГц
Выходной диапазон	1÷50 дБмВ	1÷70 дБмВ
Разрешение	1 дБ	1 дБ
Время нарастания, не более	20 нс	10 нс
Время спада, не более	2,5 мкс	0,5 мкс
Полное сопротивление нагрузки	50 Ом	50 Ом
Максимальный ток 50 Гц	200А	100А
Исполнение	разъемный тороид	разъемные клещи

Конструкция датчика должна позволять отслеживать изменение интенсивности ЧР.

9.4.1.1 Основные технические требования к датчикам ЧР емкостного типа.

Емкостные датчики ЧР предназначены для регистрации импульсов от ЧР на смотровых окнах или литниках открытых изоляторов.

Конструктивно датчик представляет собой обкладку измерительного конденсатора, второй обкладкой которого является металлический корпус контролируемого ЭО.

Высокочастотные импульсы от ЧР как импульсы радиочастоты индуцируют на внешних и внутренних металлических конструкциях оборудования высокочастотные токи, которые протекают по заземленным конструкциям и замыкаются на «землю».

Датчики должны иметь широкополосную частотную характеристику для обнаружения «локальных» импульсов ЧР. Основные технические характеристики датчиков ЧР емкостного типа приведены в таблице 6.

Таблица 5 - Основные технические характеристики емкостных датчиков ЧР

Характеристика	Допустимое значение	Рекомендуемое значение
Частотная характеристика (по уровню – 6 дБ), МГц	1÷12	0,4÷30
Эквивалентная емкость, пФ	120÷200	160
Выходной диапазон, дБмФ	1÷70	1÷65
Время нарастания, не более, нс	10	5

Продолжение таблицы 5

Характеристика	Допустимое значение	Рекомендуемое значение
Разрешение, дБ	1	1
Время спада, не более, мкс	0,5	0,5
Полное сопротивление нагрузки, Ом	50	50
Вес, кг	0,1÷0,15	0,1
Исполнение	на магнитной основе	с креплением на штанге

Все перечисленные выше датчики обладают низкой чувствительностью для регистрации импульсов ЧР ЭО, а из-за свойств элегаза величины допустимого уровня ЧР малы. Наиболее чувствительными датчиками могут являться – емкостные датчики, разработанные и встроенные в ЭО в процессе изготовления их на заводе и входящие в комплектацию ЭО.

9.4.1.2 Перечень средств контроля электрическим методом.

Следует отметить, что при использовании систем контроля ЧР, не обеспечивающих регистрации их амплитудно-фазовых характеристик и статистического накопления данных за достаточно большой интервал времени, в условиях эксплуатации практически невозможно идентифицировать тип источника сигналов ЧР и определить степень его опасности. Поэтому любая современная система контроля ЧР должна обеспечивать амплитудное и фазовое разрешение сигналов ЧР и использовать вычислительные средства для сбора, хранения и обработки полученной информации.

При проведении контроля применяются приборы и оборудование, по своим характеристикам, удовлетворяющим требованиям, представленным в таблице 6.

Таблица 6 - Средства контроля для проведения диагностирования электрическим методом

Наименование и тип средства контроля	Основные характеристики	Допускается замена на
Соединительный конденсатор При испытаниях от постороннего источника	С = 100÷500 пФ, *U*н = 300÷600 кВ	Конденсаторы испытательных установок
Осциллограф	В/дел: min=0,005, max=50 пс/дел min = 1, с/дел max = 500 Диапазон измерения 0 – 500 МГц	Аналогичные по параметрам типы приборов
Датчик ЧР типа ВЧТТ	Полоса пропускания 0,4-30 МГц	Аналогичные типы
Датчик ЧР емкостного типа	Полоса пропускания 0,4-30 МГц	Аналогичные типы
Кабели РК-50 с разъемами СР	Длиной 0,5; 5 и 25 м	РК-75
Калибратор - ЧР	1-10-50-100-1000-2000-10000 пКл	Аналогичные типы 1÷10000 пКл
РС Компьютер не менее	Pentium 4 DDR512 MB	Аналогичные типы

9.4.2 **Контроль ЧР ЭО электромагнитным методом**

Электромагнитные датчики регистрируют электромагнитные сигналы ЧР с помощью антенны. В последние годы, в связи с появлением оборудования с высокочастотным разрешением в диапазоне частот от нескольких сотен мегагерц до нескольких гигагерц этот метод является одним из наиболее удобных методов регистрации ЧР, так как обеспечивает дистанционный контроль без подключения к ЭО. В этом диапазоне частот уровень помех значительно ниже и можно использовать антенны с высокой степенью направленности обеспечивающие локализацию источника сигналов с точностью до нескольких десятков сантиметров. Эти датчики наиболее чувствительны к дефектам в наружных частях оборудования (таких как вводы), сигналы от дефектов расположенных внутри металлического бака сильно ослабляются.

Контроль электромагнитным методом в СВЧ диапазоне возможно проводить с помощью встроенных в конструкцию ЭО датчиков, а также внешних датчиков.

9.4.2.1 Встроенный высокочастотный датчик.

Встроенный высокочастотный датчик представляет собой электромагнитную антенну, которая встраивается внутрь ЭО. Датчик данного типа обычно монтируется на внутренней стороне крышек уже имеющихся в конструкции ЭО технологических люков. Обычно монтаж этих датчиков выполняется на заводе – производителе ЭО на этапе его изготовления. Устанавливать такие датчики на уже эксплуатируемом оборудовании достаточно сложно.

9.4.2.2 Внешний датчик ЧР.

Внешний датчик ЧР монтируется на внешней изоляционной поверхности (литник изолятора, смотровое окно и т.д.)

Датчик регистрирует электромагнитные импульсы, которые выходят изнутри элегазовых объемов через радиопрозрачные поверхности. Такой

внешний датчик достаточно легко монтируется как на новом, так и на уже работающем оборудовании.

9.4.2.3 Основные технические требования к датчикам ЧР СВЧ диапазона.

Основные технические требования к датчикам ЧР СВЧ диапазона изложены в таблице 7.

Таблица 7 - Основные технические требования к датчикам ЧР СВЧ диапазона

Характеристика	Значения	Рекомендуемое значение
Общий коэффициент усиления, dB	35, с регулир. усиления	30
Порог обнаружения сигнала dBm	65	70
Полоса пропускания МГц	100-1400	100-1500
Стандартный фильтр высокой частоты МГЦ	500	300
Время разрешения ЧР, μС	312	400
Потребляемый ток при 230 В, мА	100	100
Напряжение сети, В (50/60Гц)	100-230	220

9.4.2.4 Перечень средств контроля.

Средства контроля, используемые при проведении обследования электромагнитным способом, представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Перечень средств контроля

Наименование и тип средства контроля	Основные характеристики	Допускается замена на
Осциллограф	В/дел: min=0,005, max=50 nc/дел min =0,5; с/дел max = 500 Диапазон измерения 0 – 2000 МГц	Аналогичные по параметрам типы приборов
Датчик ЧР «Встроенный»	Полоса пропускания 100-1500 МГц	Аналогичные типы
Датчик ЧР «Внешний»	Полоса пропускания 100-1500 МГц	Аналогичные типы
Кабели РК-50 с разъемами СР	Длиной 0,5; 5 и 10 м	Аналогичные типы
РС Компьютер не менее	Pentium 4 DDR512 MB	Аналогичные типы

9.4.3 **Контроль ЧР ЭО акустическим методом**

9.4.3.1 Перечень средств контроля.

Система контроля акустических сигналов ЧР должна иметь в своем составе:

- переносной акустический датчик;
- усилитель;
- осциллограф;
- компьютерная система диагностирования.

Основные технические характеристики системы контроля представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Система контроля акустических сигналов ЧР

Наименование и тип средства контроля	Основные технические характеристики	Допускается замена на
Акустический датчик ЧР с предусилителем	Диапазон рабочих частот 50-300 кГц	Аналогичные типы
Многоканальный усилитель, обеспечивающий питание датчика	$K_{усил}$ 2 – 100 полоса пропускания не менее 50 кГц.	Аналогичный, обеспечивающий работоспособность датчика
Осциллограф многоканальный	В/дел: min=0,005, max=50 μс/дел min=2, с/дел max = 50 Диапазон измерения 0 – 5 МГц	Аналогичные по параметрам типы приборов
Кабели РК-50 с разъемами СР	Длиной 0,5; 5 и 25 м	Аналогичные типы
РС Компьютер не менее	Pentium 4 DDR512 MB	Аналогичные типы

Герметичный акустический датчик должен состоять из пьезокерамического преобразующего элемента и малошумящего предусилителя. Датчик должен быть слабо чувствителен к вибрациям и акустическому воздействию в звуковом диапазоне частот и защищен от электромагнитных помех.

Усилитель акустических сигналов должен иметь в своем составе несколько каналов и порогов усиления сигнала, а также усилитель должен обеспечивать питание предусилителя каждого акустического датчика.

Многоканальный осциллограф с диапазоном измерения от 0 до 5МГц. На один из входов осциллографа подается сигнал опорного напряжения для синхронизации с сетью диагностируемого ЭО, на остальные сигналы с выхода усилителя. Одновременное подключение нескольких датчиков к осциллографу необходимо для сравнения сигналов с разных датчиков и определения задержек между ними.

В случае обнаружения акустического сигнала на элементе ЭО, необходимо провести компьютерную обработку акустического сигнала с помощью специальной системы.

Система состоит из компьютера и блока сбора и обработки информации, получаемой с датчиков.

Компьютерная программа должна позволять синхронизировать контролируемые сигналы с несущей частотой (50 Гц и частотой испытательного напряжения), сопоставлять сигналы по величине, определять задержки между сигналами, производить спектральный анализ сигнала, сохранять и анализировать изменение сигналов во времени в каждой конкретной точке.

Для наглядности представления информации ниже приведен рисунок 6.

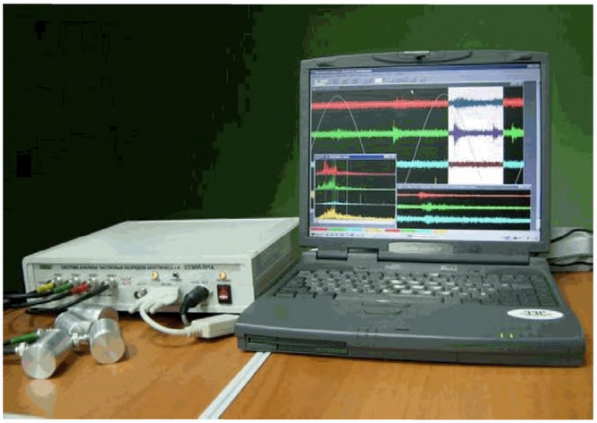


Рисунок 6 - Система анализа ЧР акустическая с портативным компьютером

9.4.3.2 Основные технические характеристики акустических датчиков ЧР:

Акустический датчик с рабочим диапазоном частот 50-300 кГц состоит из пьезокерамического преобразующего элемента и малошумящего усилителя.

Требования к основным техническим характеристикам акустических датчиков ЧР представлены в таблице 10.

Таблица 10 - Основные технические характеристики акустических датчиков ЧР

Габаритные размеры ∅, мм.	25 ÷ 35
Собственный шум датчика, мВ	не более 5
Диапазон рабочих частот, кГц	50 - 300
Коэффициент предусиления датчика	100

9.5 Требования безопасности, охраны окружающей среды

9.5.1 Требования безопасности и охраны окружающей среды даны в п. 4.3.

9.5.2 До начала обследования ЭО руководитель, (производитель) работ, получив допуск к работе, должен пройти вдоль обследуемого ЭО и определить на слух, имеет ли место гул или треск из элементов ЭО.

При наличии слабо слышимого треска или гула необходимо определить элемент ЭО, из которого этот треск или гул исходят. В этом случае акустическое обследование необходимо начать с данного элемента.

Датчики ЧР, любого типа устанавливаются только на заземленные элементы ЭО.

При этом аппаратуру диагностирования необходимо разместить на возможно большем удалении от данного элемента, а время обследования данного элемента КРУЭ провести в максимально короткий срок. При фиксации высокого (аварийного) уровня акустических сигналов от электрических разрядов в данном элементе обследование следует прекратить до выполнения ремонта элемента ЭО.

При наличии треска или гула высокого уровня, исходящих из элементов

ЭО, необходимо немедленно выйти из зала ЭО и доложить об этом дежурному.

9.5.3 Датчик ЧР должен устанавливаться на элементы ЭО с помощью резинового бандажа. Допускается устанавливать датчик вручную и осторожно прижимать его к поверхности элемента ЭО рукой. Перед установкой датчика на элемент ЭО он должен быть соединен сигнальным кабелем с аппаратурой контроля, а сама аппаратура контроля должна быть заземлена.

9.5.4 Аппаратура контроля должна устанавливаться в свободных местах зала КРУЭ. Аппаратура контроля должна быть заземлена медным проводом сечением не менее 4 мм^2.

9.5.5 На время переключений (срабатывания ЭВ) работающие должны выходить из зала КРУЭ. О планируемых переключениях должен сообщить дежурный по подстанции.

9.6 Требования к проведению контроля

Основные трудности, возникающие при контроле сигналов ЧР в ЭО – это подавление сигналов помех.

9.6.1 Источники импульсных сигналов (помех).

Источниками импульсных сигналов (помех), регистрируемых на вводах и заземляющих цепях высоковольтного оборудования, являются:

- различного рода преобразователи (частоты до 1 МГц) переключение контактов РПН и выключателей соседних линий и т. д. (частоты до 10 МГц);
- корона на подводящих проводах и окружающем оборудовании (частоты примерно до 400 МГц);
- дефектные изоляторы соседних порталов особенно на ВЛ 750 кВ (во всех диапазонах);
- дефектные изоляторы шин 10 кВ (особенно штыревых на старых подстанциях) (во всех диапазонах);
- сигналы ВЧ связи (частоты до 500 кГц) и многие другие.

Внутренними источниками помех являются искровые разряды в дефектных элементах магнитопровода и паразитных вторичных контурах (во всех диапазонах).

На оборудовании класса 220 кВ и выше фактически всегда присутствуют мощные сигналы положительной короны, достигающие амплитуды 10 нКл при интенсивности несколько импульсов за период. Понятно, что все эти сигналы не характеризуют состояние высоковольтной изоляции оборудования и их необходимо отделять от собственно сигналов ЧР, возникающих внутри контролируемого объекта.

9.6.2 Подавление помех.

Подавление помех производится на нескольких стадиях, начиная с выбора частотного диапазона регистрирующей аппаратуры, измерения и вычитания фона, анализа АФД сигналов и их временных зависимостей и заканчивая сопоставлением сигналов различных каналов (электрических, акустических и электромагнитных).

В первую очередь помехи подавляются правильным выбором частотного диапазона, в котором отношение сигнал/помеха является максимальным. Частотный диапазон определяется исходя из соображений максимального подавления помех при достаточно хорошей регистрации сигналов ЧР от дефектов изоляции.

9.6.3 Выбор регистрирующей аппаратуры.

При выборе регистрирующей аппаратуры надо учитывать, что верхняя граничная частота сигналов ЧР от дефектов в бумажно-масляной изоляции достигает нескольких сотен мегагерц, в элегазе - до нескольких гигагерц, а большая часть сигналов помех имеет частотный диапазон ниже 10 МГц.

При выборе нижней границы более 400 МГц перестают мешать даже сигналы положительной короны. Сегодня при регистрации ЧР используются приборы с частотным диапазоном, достигающим 2,5 ГГц. При выборе частотного диапазона следует учитывать и ослабление сигналов ЧР при их прохождении от точки возникновения до точки подключения аппаратуры. Согласно некоторым имеющимся данным, сигналы с частотами более 100 МГц сильно ослабляются внутри самого оборудования (кроме КРУЭ, имеющих коаксиальную структуру). Поэтому, с точки зрения получения максимального отношения сигнал/помеха в точке подключения, наиболее предпочтительным диапазоном для контроля электрических сигналов ЧР в силовом оборудовании в условиях эксплуатации представляется частотный диапазон 10 - 100 МГц.

9.7 Подготовка к выполнению проведения контроля

9.7.1 Перед проведением контроля необходимо выполнить все организационно-технические мероприятия необходимые для проведения диагностирования на энергообъекте согласно [3].

9.7.2 После осуществления допуска к работе выяснить параметры нагрузки ЭО на данный момент, собрать схему контроля, соответствующую методу измерения и подключить измерительную аппаратуру.

9.7.3 Контроль должен проводиться в том частотном диапазоне, в котором максимально отношение сигнал/помеха (в понятие помеха включается также собственный шум усилителя).

9.7.4 Локализация и уточнение места наличия ЧР определяется при самостоятельном акустическом обследовании на наличии ЧР. Для чего необходимо собрать схему контроля (датчик, усилитель, осциллограф), заземлить усилитель акустических сигналов (или аналогичное устройство) и осциллограф.

Включить приборы. Установить частоту развертки так, чтобы наблюдалось 2–3 периода напряжения сети 50 Гц, в случае испытаний с другой частотой напряжения на 2-3 периода испытательной частоты. На канале осциллографа, к которому подключен выход усилителя акустических сигналов (или аналогичного устройства), установить максимальную чувствительность вертикального отклонения.

9.7.5 Провести проверку работоспособности схемы контроля.

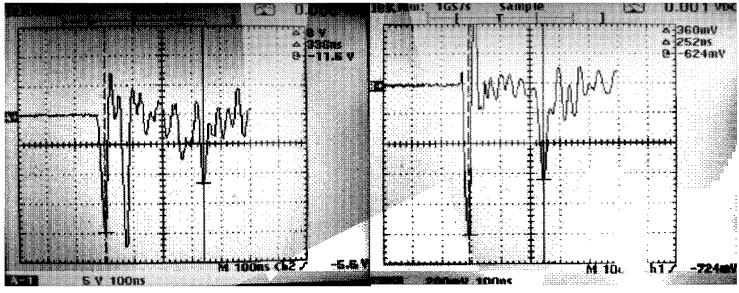
9.7.6 Для оценки состояния изоляции ЭО и оценки параметров ЧР, регистрируемой в процессе диагностирования необходимо проводить калибровку схемы, что возможно осуществить на оборудовании, выведенном из работы.

Калибровку необходимо проводить на каждом конкретном ЭО.

Калибровка проводится на выведенном из работы ЭО или перед проведением испытаний с помощью емкостного делителя, при этом фиксируются сигналы на каждом конкретном типе датчиков, установленном на ЭО.

В процессе калибровки, кроме величины импульсов ЧР, оценивается электрическая длина ЭО и, сопоставив её с геометрическими размерами ЭО, по задержкам импульсов можно оценить расстояние до места ЧР.

Пример калибровки и оценки задержек представлен на рисунке 7.



а б

Рисунок 7 – Пример калибровки и оценки импульсов ЧР
а) - калибровочный импульс ЧР -2000 пКл, электрическая длина КРУЭ 336 ns;
б) – ЧР 180 пКл на удалении 252 ns от противоположного конца от места установки датчика

9.8 Порядок выполнения контроля

9.8.1 Акустическое обследование

9.8.1.1 При акустическом обследовании на каждый из элементов ЭО должен устанавливаться акустический датчик. Крепление датчика должно осуществляться с помощью бандажа. При установке датчика необходимо обеспечить гальваническую развязку корпуса датчика с металлической поверхностью ЭО. В качестве такой развязки может служить краска на поверхности ЭО. При неокрашенной поверхности ЭО или наличии дефектов краски следует использовать тонкую прокладку из акустически прозрачного изоляционного материала. Недопустимо использовать материал, в котором происходит быстрое затухание акустической волны. Необходимо предусмотреть акустический контакт рабочей (чувствительной) поверхности датчика с корпусом элемента ЭО. Для лучшего акустического контакта необходимо использовать густую смазку (например, ЦИАТИМ или ЛИТОЛ). В отдельных случаях (например, при трудности установки бандажа) допускается

установка датчика на ЭО вручную на время наблюдения сигнала.

9.8.1.2 При установке датчика необходимо провести наблюдение за сигналом в течение не менее 2 минут. При отсутствии импульсов сигналов в течение указанного времени принимается решение об отсутствии акустических сигналов в данной точке контроля и осуществляется переход на контроль следующей точки.

9.8.1.3 При отсутствии акустических сигналов на всех элементах ЭО проведение контроля считается завершенным. После этого составляется соответствующий протокол.

9.8.1.4 При наличии акустического сигнала хотя бы на одном элементе ЭО, проведение контроля продолжается с помощью компьютерной системы контроля.

Для этого необходимо собрать соответствующую схему контроля, заземлить блок сбора и обработки информации, подключить датчики к блоку сбора и обработки информации и соединить этот блок с портативным компьютером. Включить блок и компьютер.

Устанавливать датчики на те объемы ЭО, в которых были обнаружены акустические сигналы.

9.8.1.5 Используя соответствующую программу обработки, получить на мониторе компьютера изображение реализации сигнала с датчика. Необходимо выбрать диапазон измерений в соответствии с контролируемой величиной сигнала.

Провести запись полученной реализации.

При отсутствии импульсного сигнала повторить указанные операции для исключения случайного пропуска сигнала.

9.8.1.6 Проверить, является ли акустический сигнал сигналом от электрического разряда или помехой. Для этого необходимо определить спектр принимаемого сигнала.

Провести спектральный анализ сигналов с величиной выше уровня шума.

Акустические сигналы от электрических разрядов имеют широкий спектр с максимумом, расположенным в пределах рабочей частотной характеристики датчика, то есть в пределах от 60 до 130 кГц.

Спектр сигналов от акустических помех соответствует частотам до 10–40 кГц, со значительным спадом на более высоких частотах.

Акустические сигналы от электрических разрядов ЧР имеют более короткий передний фронт, чем сигналы помех.

Выбрать сигналы с наиболее короткими фронтами и наибольшей амплитудой.

9.8.1.7 Уточнение местоположения дефекта изоляции в элегазовом элементе.

Для уточнения местоположения дефекта изоляции целесообразно установить несколько акустических датчиков на конкретном элементе ЭО, а в случае необходимости и на прилегающих элементах. Определить времена прихода сигнала к датчикам.

По времени прихода сигнала на датчик определяется вероятное место источника акустического сигнала (на датчик, расположенный ближе к источнику ЧР, сигнал придет первым). Возможно, потребуется переустановить датчики.

Если зафиксирован акустический сигнал с размытым передним фронтом, следует установить датчики в других точках, до получения сигнала с наиболее коротким передним фронтом. Если сигнал с коротким передним фронтом будет иметь место только в одной точке элегазового объема, эту точку следует рассматривать как предполагаемый эпицентр источника акустического излучения.

9.8.1.8 Определение предполагаемого типа дефекта проводится с помощью анализа формы сигналов на осциллографе, подключенном к усилителю акустических сигналов (или аналогичному), или реализаций сигналов, записанных в компьютерную систему.

9.8.1.9 При зафиксированных дефектах изоляции периодичность контроля до проведения ремонта устанавливается в каждом конкретном случае индивидуально, но не реже трех раз в год.

Контроль проводятся на разных присоединениях, разных фазах на стационарно или временно установленных датчиках.

9.8.1.10 Характер и длительность наблюдений зависит от выявления наличия ЧР и его локализация.

9.9 Контроль ЧР электрическим и электромагнитным методами

9.9.1 Контроль можно производить различными приборами, в зависимости от датчиков и необходимости воспроизведения получаемой информации.

9.9.2 При использовании в качестве контрольного прибора осциллографа, проводится визуальное наблюдение за сигналами ЧР, поступающими с установленных датчиков.

9.9.3 Одновременно ведется запись полученных осциллограмм в память компьютера с указанием времени записи и датчика, с которого поступил сигнал. Далее производится обработка информации и анализ результатов.

9.9.4 При использовании приборов, адаптированных к проведению контроля ЧР электрическим или электромагнитным методами, под рабочим напряжением можно рассматривать и оценивать дополнительные характеристики, такие как:

- изменение числа импульсов ЧР (N) от величины (Q) ЧР - N(Q);
- изменение величины ЧР (Q) к фазовой привязке - Q(φ);
- изменение числа импульсов ЧР (N) к фазовой привязке- N(φ);
- число импульсов ЧР (N) с определенной величиной -N (Q) ЧР;
- число импульсов ЧР (N) определенной величиной;
- с фазовой привязкой - N(φ,Q);
- зависимость величины и заряда ЧР (Q) от величины;
- испытательного напряжения (U) во времени (t) - U,Q(t).

9.9.5 Если контроль проводится без предварительной калибровки, необходимо изыскать возможность для проведения калибровки датчиков впоследствии. До проведения калибровки отслеживать характер изменения ЧР во времени, скорости изменения характеристик ЧР, которые в дальнейшем, после калибровки, можно привести к выражению величины заряда в пКл.

9.10 Обработка результатов контроля

9.10.1 Последовательность обработки результатов контроля.

При обработке результатов первоначально проводится отделение сигналов ЧР от сигналов помех. Затем определяется количество дефектов и место расположения очагов наиболее интенсивных ЧР на интервале времени, равном одному периоду рабочего напряжения частотой 50 Гц.

9.10.2 Мероприятия, выполняемые при регистрации дефектов изоляции ЭО акустическим методом.

Мероприятия, выполняемые при регистрации дефектов изоляции ЭО, зависят от уровня акустических сигналов и от типа дефектов изоляции. Классификация уровней сигналов при различных дефектах изоляции приведена в таблице 11.

Таблица 11 - Классификация уровней акустических сигналов при различных типах дефектов изоляции на примере одного из акустических датчиков (РЧРш)

Тип дефекта изоляции	Уровень акустического сигнала с выхода датчика типа РЧРш, мВ			Примечание
	начальный уровень	средний уровень	высокий уровень	
Подвижная частица	Ниже 5	5 - 50	Выше 50	
Коронирующий выступ	Ниже 2	2 - 10	Выше 10	
Плохой контакт токоведущего проводника с изолятором	Ниже 2	2 - 10	Выше 10	
Газовое включение в твердом изоляторе (пора, трещина)	Ниже 1,5	1,5 - 6	Выше 6	

Можно принять, что критерием перехода дефекта изоляции в опасную стадию является наступление одного из следующих случаев:

– устойчивый рост уровня сигнала. Это должно свидетельствовать о развитии дефекта изоляции.

– появление или рост высокочастотных составляющих сигнала. Это свидетельствует о наличии электрических разрядов, происходящих на поверхности изолятора, и о возможности появления науглероженных участков на поверхности, которые в дальнейшем могут привести к нарушению изоляции.

9.10.3 Мероприятия, проводимые при зафиксированных дефектах изоляции в объемах ЭО в процессе эксплуатации.

9.10.4 Начальный уровень акустического сигнала (см. таблицу 11).

При данном уровне сигнала дефект относится к числу незначительных и не представляет реальной опасности для изоляции ЭО, проведение мероприятий не предусматривается.

9.10.5 Средний уровень акустического сигнала (см. таблицу 11).

При первичной регистрации акустических сигналов данного уровня следует провести повторное акустическое обследование дефектного объема ЭО в течение месяца.

При исчезновении сигнала или значительном снижении его уровня (более двух раз), а также при переходе уровня акустического сигнала в разряд «начального уровня» дальнейшие мероприятия не предусматриваются.

При незначительном изменении уровня сигнала (снижение в пределах до двух раз или повышении уровня до 50 %) следует провести дополнительное обследование в течение месяца и принять решение в зависимости от результатов обследования.

При возрастании уровня сигнала выше 50 %, но в пределах среднего уровня, планируется проведение ремонта в возможно короткие сроки.

При возрастании уровня сигнала выше 50 % и переходе уровня сигнала в разряд «высокого уровня», следует провести ремонт объема ЭО в аварийном порядке.

9.10.6 Высокий уровень акустического сигнала (таблица 11).

При первичной регистрации акустических сигналов данного уровня проводится повторное акустическое обследование дефектного объема ЭО в срок до 10 дней.

При исчезновении сигнала или значительном снижении его уровня (более двух раз) при повторном обследовании проводится дополнительное обследование данного объема ЭО в течение месяца, решение принимается в зависимости от результатов измерений.

В случае перехода уровня акустического сигнала в разряд «среднего уровня» при повторном обследовании проводятся мероприятия по п. 9.8.2.

При снижении уровня акустического сигнала до двух раз, но сохранении уровня в разряде «высокий уровень» или возрастании уровня до 50 % при повторном обследовании, следует провести плановый ремонт в возможно короткое время (для дефектов, не вызванных подвижными частицами).

В случае дефектов, обусловленных подвижными частицами, проводится дополнительное акустическое обследование в течение 10 дней, решение принимается в зависимости от результатов измерений.

При возрастании уровня акустического сигнала выше 50 %, проводится ремонт в аварийном порядке (для дефектов, не вызванных подвижными частицами).

В случае дефектов, обусловленных подвижными частицами, проводится дополнительное акустическое обследование в течение 7 дней, решение принимается в зависимости от результатов измерений.

9.10.7 Мероприятия, выполняемые при зафиксированных дефектах изоляции в объемах ЭО 110-500 кВ при высоковольтных испытаниях.

9.10.7.1 Начальный уровень акустического сигнала (таблица 11).

При данном уровне сигнала дефект относится к числу незначительных и не представляет реальной опасности для изоляции ЭО. Проведение мероприятий не предусматривается.

9.10.7.2 Средний уровень акустического сигнала (таблица 11).

Дефект изоляции в виде подвижных частиц.

При уровне акустического сигнала, превышающем 20 мВ – планируется ремонт объема ЭО.

При уровне акустического сигнала до 20 мВ – ремонт или, по согласованию с эксплуатирующей организацией, проведение в течение месяца дополнительного акустического обследования объемов, в которых зафиксированы подвижные частицы (это обусловлено тем, что в подавляющем большинстве случаев этот дефект кондиционируется (пропадает) в течение нескольких часов или суток).

Дефекты изоляции, не обусловленные подвижными частицами.

Планируется ремонт оборудования.

9.10.7.3 Высокий уровень акустического сигнала (см. таблицу 11). Планируется ремонт оборудования.

9.10.8 Мероприятия, выполняемые при регистрации дефектов изоляции ЭО электрическим или электромагнитным методами.

9.10.8.1 Подавление помех.

Первая стадия подавления помех - выбор частотного диапазона, в котором максимально отношение сигнал/помеха (в понятие помеха включается также собственный шум усилителя).

Вторая стадия подавления помех - подавление фона внешних сигналов. Это может осуществляться двумя методами:

- путем измерения фона при отсутствии напряжения на контролируемом объекте с последующим его вычитанием из результатов измерений;
- путем блокирования регистрации сигналов ЧР при совпадении их с сигналами антенного датчика регистрирующего внешние сигналы помех.

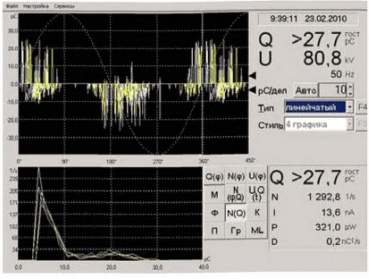
Первый метод может применяться только в компьютерных системах с амплитудным и фазовым разрешением и запоминанием результатов. Для второго метода используется специальный антенный датчик (электромагнитный канал), регистрирующий внешние сигналы в том же частотном диапазоне, что и электрические датчики ЧР. На практике первый способ оказывается более предпочтительным, т.к. трудно согласовать пороги, коэффициенты передачи и частотные характеристики антенных датчиков с датчиками ЧР, поэтому коэффициент подавления помех при использовании второго метода оказывается недостаточным.

Третьей стадией разделения сигналов ЧР в высоковольтной изоляции и помех является сравнение сигналов электрического канала с сигналами акустического и электромагнитного каналов регистрации.

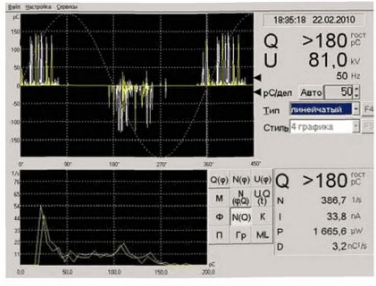
9.10.8.2 Оценка типов дефектов.

Использование приборов адаптированных к проведению измерений ЧР при проведении испытаний или под рабочим напряжением позволяет определять типы дефектов с помощью дополнительных характеристик, таких как:N(Q),Q(φ); N(φ); N(φ,Q); U,Q(t).

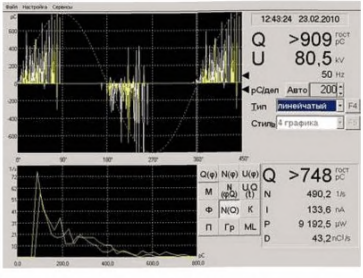
Пример получения таких данных предоставлен на рисунке 8.



Дефект типа мелких частиц, максимальное число импульсов в секунду ~34 имп/с с амплитудой 20 пКл



Наличие двух дефектов типа мелких частиц, с амплитудой порядка 50 пКл и числом 70 имп/с максимальное число импульсов в секунду ~34/с с амплитудой 20 пКл

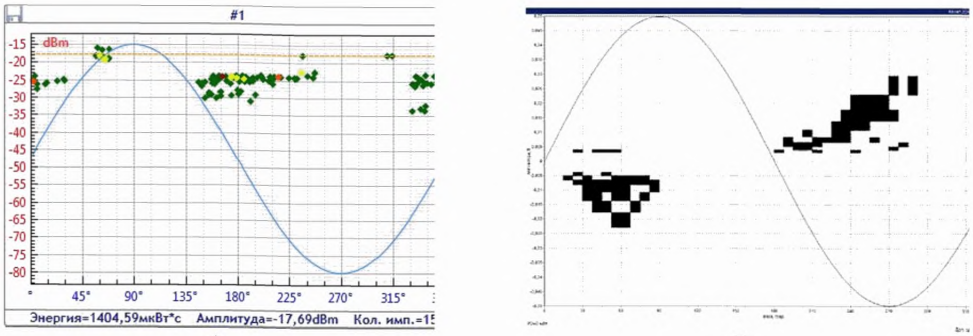


Предполагаемый дефект твердой изоляции порядка 800 пКл с числом 2имп/с

Рисунок 8 - Различные типы дефектов, зарегистрированные прибором, адаптированным к измерениям ЧР при испытаниях

Применение соответствующих приборов и методов цифровой обработки сигналов, специализированного программного обеспечения может дополнительно учитывать различные виды информации.

Другой вид представления информации, полученной аналогичными приборами, приведен на рисунке 9.



а) б)

Рисунок 9 - Характерная амплитудно-фазовая характеристика ЧР

а) - фиксируемая, при развитии дефекта изоляторов электромагнитным сканером с направленной антенной;

б) - фиксируемая при наличии трещины в изоляторе (кривая напряжения промышленной частоты получена от независимого источника 50 Гц)

9.10.8.3 Оценка степени опасности выявленных ЧР.

При проведении испытаний, по мере выдержки испытательного напряжения, или при проведении периодического диагностирования во времени под рабочим напряжением, можно выявить как рост величины, так и рост числа импульсов ЧР.

Выявление данного факта дает основание к предположению роста степени опасности данного дефекта. В качестве примера можно рассматривать осциллограммы, полученные в процессе испытаний по мере выдержки под напряжением.

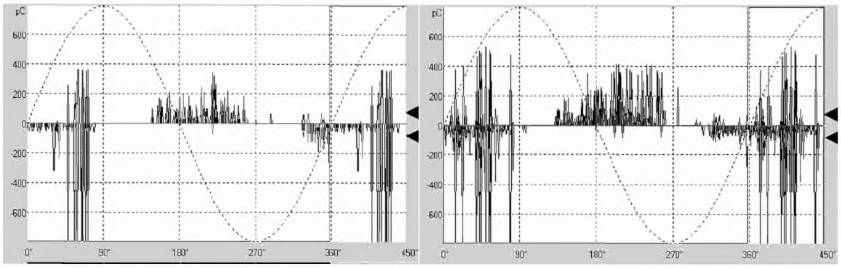


Рисунок 10 - Изменение параметров ЧР по мере выдержки под испытательным напряжением

После чего производится анализ полученных результатов регистрации ЧР, экспертная оценка вида дефекта и степени его опасности.

При оценке степени опасности дальнейшей эксплуатации ЭО при измеренных параметрах ЧР, следует руководствоваться такими значениями как:

– величина максимального заряда (Q_{max}), как правило, характеризует локальный дефект и выявляет наиболее худшие участки изоляции и их месторасположение;

– число ЧР (N) - общее количество ЧР за период испытательного напряжения;

– скорость нарастания ЧР (ΔQ);

При испытаниях добавляются такие параметры как:

– изменение величины ЧР (Q), с ростом напряжения от напряжения зажигания ($U_з$) ЧР до напряжения $1{,}1U_{н.р.}/\sqrt{3}$;

– изменение величины ЧР (Q), на напряжения $1{,}1U_{н.р.}/\sqrt{3}$ после подачи испытательного напряжения;

– изменение напряжения порогов зажигания и погасания ЧР (Uз, Uп) до и после подачи испытательного напряжения.

Максимальные заряд ЧР следует рассматривать в совокупности с числом ЧР и скоростью нарастания ЧР. Каждый параметр отражает определенный аспект старения изоляции.

При проведении высоковольтных испытаний изоляция главных цепей КРУЭ должна выдерживать испытание переменным напряжением с контролем ЧР.

Изоляцию считают выдержавшей испытание, если интенсивность ЧР при напряжении $1{,}1U_{н.р.}/\sqrt{3}$ не превысила значения 10 пКл.

9.10.8.4 Критерии оценочных браковочных параметров

Первоначально в процессе накопления опыта контроля ЧР ЭО электрическим методом под рабочим напряжением целесообразно оперировать такими величинами как:

– Максимальный заряд ЧР (Q_{max}) (измеряемый в мВ или дБм);

– Скорость нарастания импульсов ЧР $Q(t)$, ориентироваться на показания предыдущего диагностирования.

При выявлении ЧР электрическим или электромагнитным методами целесообразно провести калибровку используемых датчиков регистрации в данном конкретном месте и оценить параметры в ЧР в пКл.

В качестве оценочных пробных браковочных параметров при регистрации ЧР электрическим методом рекомендуется рассматривать такие величины: (Q_{max}) и $Q(t)$.

Эти параметры, приведенные в таблице 12, необходимо корректировать и изменять по мере накопления опыта диагностирования, пользуясь возможностями различных приборов.

Таблица 12 - Критерии оценочных браковочных параметров

Оценка состояния изоляции	Максимальный заряд ЧР (Q_{max}), пКл	Скорость нарастания импульсов ЧР $Q(t)$, пКл/мес
Хорошая	0÷10	$\Delta Q \leq 2$
Эксплуатация допускается только с периодическим контролем	10÷100	$2 < \Delta Q \leq 5$
Изоляция в критическом состоянии, дальнейшая эксплуатация крайне опасна	100÷200	$5 < \Delta Q \leq 10$
Изоляция в критическом предпробойном состоянии	> 200	$\Delta Q > 10$

При зафиксированных дефектах изоляции периодичность контроля до проведения ремонта устанавливается в каждом конкретном случае индивидуально.

9.11 Оформление результатов контроля

9.11.1 Результаты контроля оформляются протоколом произвольной формы, позволяющим в дальнейшем проводить сопоставимое диагностирование.

9.11.2 В протоколе должна быть предоставлена информация о месте локализации дефекта, о степени его опасности. Рекомендация о дальнейшем диагностировании или мероприятиях, позволяющих контролировать степень изменения дефекта во времени.

9.11.3 В протоколе должны присутствовать следующие разделы:

- место и время проведения обследования;
- объект обследования;
- причина обследования;
- результаты обследования;
- используемое оборудование;
- заключение.

В разделе «Результаты обследования» должно быть указано, зафиксированы или нет электрические и акустические сигналы от электрических разрядов.

Для каждого дефекта изоляции должна быть указана максимальная амплитуда сигналов (с выхода датчиков).

При регистрации акустических сигналов должны быть указаны места нахождения их источников (наименование объемов ЭО, а также, если выполнено уточнение его местоположения внутри элемента, то и результат уточнения).

Целесообразно также привести рисунок (рисунки) с осциллограммами сигналов. По возможности, следует указать предполагаемый тип дефекта изоляции. Если дефект изоляции зафиксирован повторно, необходимо привести данные по уровням сигналов, регистрировавшихся ранее (или дать ссылку на источник, где эти данные приведены).

В разделе «Заключение» при регистрации электрических сигналов должны быть указаны величина ЧР, тип дефекта, по возможности место нахождения их источников (наименование фазы, объемов ЭО). Если сигналы были зарегистрированы ранее, то привести сравнительный анализ скорости роста величины и числа ЧР.

Для акустического диагностирования должно быть указано следующее:

- при отсутствии сигналов ЧР указать, что дефектов изоляции, сопровождающихся акустическими сигналами от электрических разрядов, не обнаружено;
- при надежной регистрации акустических сигналов от электрических разрядов (что имеет место при отношении сигнал/шум примерно 1,4 или выше), должно быть указано о регистрации дефектов изоляции. Необходимо привести наименования элементов ЭО, в которых зафиксированы дефекты изоляции, со значениями уровней сигналов и отношений сигнал/шум. Должно быть также указано, впервые зарегистрирован данный дефект изоляции, или повторно. В

последнем случае, следует привести данные об изменениях уровней сигналов или отсутствии изменений;

- протокол должен подписываться лицами, проводившими обследование;
- при надежной регистрации электрических и акустических сигналов с отношением сигнал/шум не менее 1,4 протокол должен иметь утверждающую подпись главного инженера предприятия, который принимает окончательное решение о продолжении эксплуатации оборудования либо планирует проведение соответствующего ремонта ЭО;
- при впервые зафиксированном акустическом сигнале уровнем выше 6 мВ (с датчика РЧРш), данные о регистрации сигналов должны быть представлены главному инженеру предприятия в день завершения обработки результатов обследования, для срочного принятия решения о возможности продолжения эксплуатации оборудования.

10 Контроль работоспособности элегазовых коммутационных аппаратов с приводами

10.1 Общие требования

10.1.1 Большая часть отказов на всех типах коммутационного оборудования возникает в приводном механизме. Для ЭВ наиболее распространенными проблемами являются утечки масла и воздуха из гидравлических и пневматических систем приводов. Более серьезные проблемы, такие как механическое разрушение контактной системы, изоляционной конструкции и приводного механизма во время переключений приводят к авариям, перегрузке по току, потере надежности работы энергосистемы.

10.1.2 Рекомендованная периодичность контроля указана в приложении А.

10.2 Методы технического диагностирования элегазовых коммутационных аппаратов

К методам технического диагностирования коммутационных аппаратов относятся:

- проверка временных характеристик;
- контроль запаса кинетической энергии приводов;
- проверка регулировочных и установочных характеристик механизмов приводов;
- контроль количества операций, выполненных ЭВ.

В таблице 13 приведены контролируемые параметры и соответствующие им методы технического диагностирования.

Таблица 13 - Методы технического диагностирования коммутационных аппаратов с приводами

Контролируемые параметры	Область применения	Методы испытаний
Время включения/ отключения	ЭВ	Осциллографирование времени включения/отключения главной цепи
	Заземлители, разъединители	Время работы двигателей приводов
Разновременность работы полюсов	ЭВ	Осциллографирование времени включения/отключения главной цепи
Запас кинетической энергии приводов, контроль технологической блокировки	Пружинные привода	Контроль заряда пружины, ток двигателя, время работы двигателя при заряде пружины
	Гидравлические привода	Давление в гидравлической системе, контроль числа запусков двигателей насосов гидроприводов
	Пневматические привода	Контроль давления воздуха в приводе
Проверка двигателей приводов	Привода с электродвигателями	Ток двигателя
		Время работы

Контролируемые параметры	Область применения	Методы испытаний
		Контроль состояния щёток электродвигателя
Контроль количества операций	ЭВ	Контроль числа срабатываний выключателя

10.2.1 Проведение проверки характеристик элегазовых коммутационных аппаратов – собственного времени включения, отключения и разновременности контактов регламентируется [7], [4].

Проверке подвергаются, временные характеристики аппаратов, предписанные заводскими инструкциями. Результаты измерений должны соответствовать паспортным значениям.

Временные характеристики ЭО снимаются для каждого полюса аппарата.

10.2.2 Контроль энергии, запасённой в рабочем механизме ЭВ, может быть использован для оценки способности выключателя работать в соответствии с заданными параметрами.

Этот контроль осуществляется с помощью системы технологической сигнализации, уставок и блокировок приводов, которые определяются типом привода ЭВ: гидравлический, пружинный и пневматический.

Для гидравлического привода контролирующий элемент состоит из концевых переключателей, которые постоянно контролируют энергию, запасенную в пружине.

После коммутации ЭВ, концевой переключатель приводит в действие электродвигатель гидронасоса для того, чтобы восстановить уровень запаса энергии. Насос также запускается в том случае, когда теряется энергия из-за небольших внутренних утечек между секциями высокого и низкого давления.

Для пружинного привода окончание взвода рабочих пружин контролируется: коммутацией вторичных контактов управления двигателя, блокировки управления ЭВ и сигнализацией об исправности привода.

Для пневматического привода готовность ЭВ к проведению коммутаций осуществляется с помощью контроля давления воздуха в приводе электроконтактным манометром. При снижении давления информация направляется в схему управления выключателем и в схему сигнализации.

10.2.3 Проверка двигателей приводов.

Электродвигатели используются в механических приводах коммутационного оборудования в основном для двух целей:

– зарядки рабочего механизма пружины или насоса гидропривода;

– приведение в движение контактов заземлителей и разъединителей. Следовательно, это двигатели, обычно работающие только с короткими интервалами с четко определенной нагрузкой.

Тем не менее, ряд отрицательных факторов воздействия может резко увеличить нагрузку на них как с точки зрения увеличения тока потребления, так и по времени работы. Например, плохая смазка в механических соединениях, контактных узлах потребуют существенно более высокого крутящего момента. Утечки в гидравлической системе заставят двигатель насоса гидропривода

работать чаще и продолжительнее. Количество запусков двигателя гидронасоса, в функции от времени, регламентируется заводом изготовителем.

10.2.4 Количество операций, выполненных ЭВ, контролируются по счётчику. Допустимое число операций включения и отключения должны соответствовать заводским инструкциям.

В инструкциях заводов изготовителей приводятся кривые коммутационного ресурса ЭВ, представляющего собой зависимость допустимого количества срабатываний от коммутируемого тока выключателя.

10.3 Требования к условиям измерений

СИ, используемые в процессе замеров контролируемых параметров, должны соответствовать климатическим условиям эксплуатации.

Диапазоны измерений применяемых СИ должны соответствовать диапазонам измерений контролируемых параметров.

Временные характеристики ЭВ с приводами должны сниматься в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

При выполнении измерений в полевых условиях попадание атмосферных осадков на контролируемые участки объекта и измерительной системы не допускается.

10.4 Подготовка к выполнению измерений

Подготовительный этап включает в себя следующие стадии:

- ознакомление с оперативной схемой подстанции, станции;
- запись метеорологических факторов (температура воздуха);
- ознакомление с заводской документацией руководством (инструкцией) по эксплуатации;
- проведение осмотра ЭВ и его привода.

10.5 Порядок выполнения измерений

10.5.1 Измерение временных характеристик ЭВ прибором анализа временных характеристик ЭВ производится в следующем порядке:

- заземлить прибор анализа временных характеристик ЭВ при помощи штатного заземляющего проводника;
- убедиться, что выключатель заземлен с двух сторон;
- подсоединить питающий кабель к разъему «Сеть» прибора;
- подготовить схему осциллографирования в соответствии с рисунком 11.

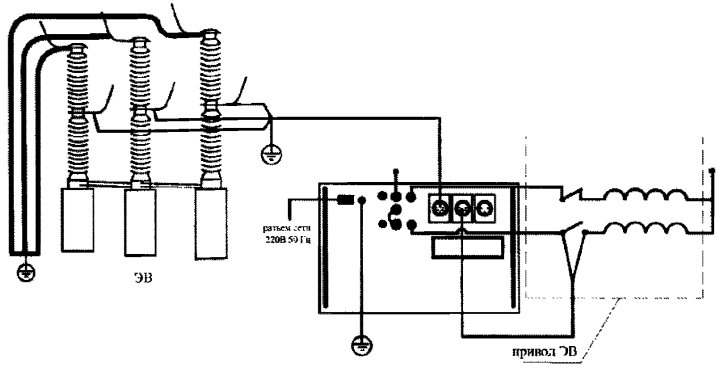


Рисунок 11 - Подключение прибор анализа временных характеристик выключателей к отдельностоящему ЭВ (показано в состоянии после снятия заземления с одной стороны ЭВ). Заземления показаны на момент подготовки измерительной схемы к проведению измерений.

– обеспечить удаление заземления ЭВ с одной стороны, в случае если ЭВ был заземлен с двух сторон в сторону ЭВ;

– произвести установку параметров, необходимых для проведения измерений и регистрации результатов измерений, используя главное меню прибора анализа характеристик ЭВ в соответствии с инструкцией;

– при необходимости выбрать в меню необходимую операцию или последовательность проведения операций и установить требуемую выдержку времени;

– произвести измерение и снять контрольную осциллограмму;

– проанализировать полученные результаты;

– после окончания осциллографирования отключить осциллограф от сети, отсоединить и снять измерительные кабели и резистивный датчик, если он не входит в состав выключателя, отсоединить заземляющий проводник прибора.

10.5.2 Объём проверок работоспособности приводов ЭВ зависит от типа привода.

В выключателях с пружинным приводом взведение пружины определяется по указателю её положения, а также контролем зазоров в механизме защелки привода, необходимые проверки указаны в заводских инструкциях. Уровень заряда пружины контролируется концевым выключателем, который имеет контакты для сигнализации состояния пружины. Одна группа контактов блокирует управление выключателем при разряженной пружине, другая передает информацию: «пружина разряжена». Проверка работоспособности привода включает в себя контроль цепи управления, блокировки и сигнализации.

В выключателях с гидравлическим приводом запас кинетической энергии осуществляется с помощью аккумулятора, использующего энергию сжатого

азота или пружин. Давление в гидравлической системе является мерой количества запасенной энергии, которую необходимо контролировать по давлению в гидросистеме. Необходимые проверки указаны в заводских инструкциях.

Проверка работоспособности привода включает в себя:

– проверку работоспособности датчиков давления в гидросистеме;

– проверку на соответствие заводской инструкции уставок концевых переключателей, контролирующих запас кинетической энергии привода;

– проверку работы двигателя гидронасоса по условиям технологических блокировок;

– проверку защиты двигателя гидронасоса от превышения допустимого времени работы.

Информация о работоспособности привода передается в систему блокировки и сигнализации.

Для пневматических приводов давление в приводе выключателя контролируется электроконтактными манометрами. Проверка работоспособности сводится к проверке контактной системы манометров и контроле величин зазоров в клапанах отключения и включения приводов выключателей, указанных в заводских инструкциях.

Наилучшим способом оценки того, обеспечивает ли привод необходимую механическую энергию, является измерение времени включения и отключения аппарата.

Контроль герметичности в гидравлических и пневматических приводных системах производится методом подсчета количества запусков насосов или падения давления в течение заданного периода времени.

Особенности проверки конкретных приводов приведены в соответствующих инструкциях завода-изготовителя.

10.5.3 Для определения соответствия работы двигателя привода параметрам, заданным в заводских инструкциях, проводится измерение тока двигателя и времени его работы.

Измерение тока двигателей осуществляется с помощью токовых клещей, а время - таймером. Отклонение результатов полученных измерений от заводских характеристик может свидетельствовать как о проблеме с самим двигателем, так и с механической частью привода.

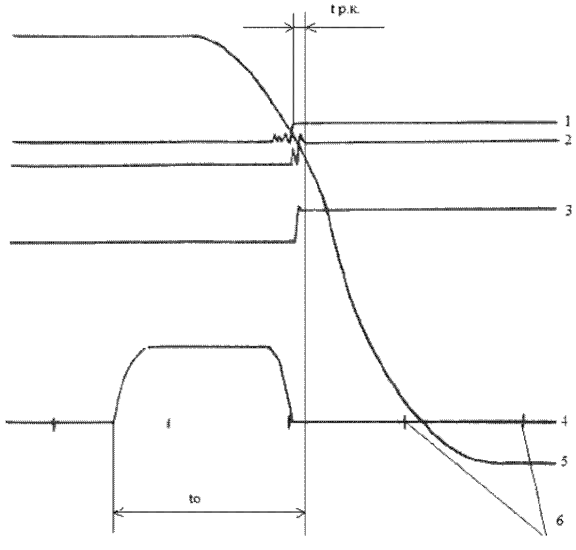
При контроле щёточного механизма следует осмотреть его на загрязнённость, выработку самих щеток, прижимную силу пружин механизма, а также на предмет искрения в процессе работы.

10.5.4 Количество отключений выключателя контролируется по счетчику, встроенному в привод. Отслеживая по осциллограммам ток, при котором происходило срабатывание выключателя, необходимо определять его остаточный коммутационный ресурс. Для оценки коммутационной способности ЭВ в заводских инструкциях приводятся кривые зависимости допустимого количества отключений выключателя от тока отключений.

10.6 Обработка результатов измерений

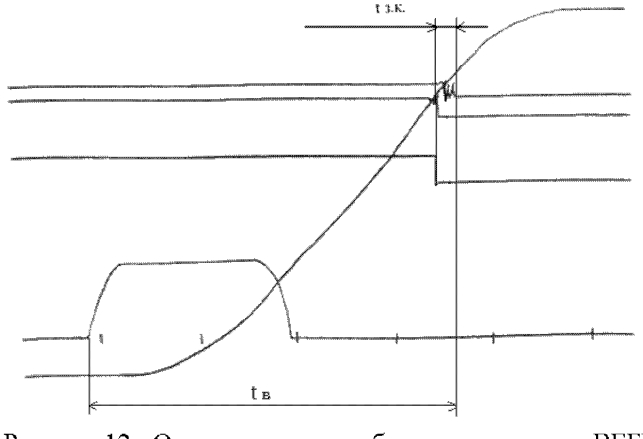
10.6.1 Расчет временных характеристик выключателя производится по анализу осциллограмм включения и отключения соответственно.

Количество осциллограмм и давление, при котором они снимаются, определяются в соответствии с [7] и указаниями завода-изготовителя. На рисунке 12 приведен пример расшифровки осциллограмм операций «О» и «В» выключателя ВГБУ-220.



а)

Рисунок 12 - Осциллограммы работы выключателя ВГБУ-220



б)

Рисунок 12 - Осциллограммы работы выключателя ВГБУ-220

а) осциллограмма отключения; б) осциллограмма включения;

1,2,3-контакты камеры ЭВ; 4-ток электромагнита отключения или включения; 5-ход контактов; 6-отметчик времени

По осциллограмме «О» определить:

– собственное время отключения (t_o) - интервал времени (по отметчику времени) от момента подачи команды на отключение до момента прекращения соприкосновения (размыкания) дугогасительных контактов (рисунок 12а). При этом для многоразрывных выключателей момент, когда дугогасительные

контакты разомкнутся во всех полюсах, определяется как момент размыкания контактов первого (по времени) разрыва полюса, размыкающегося последним;

– разновременность размыкания контактов полюсов tр.к. (по отметчику времени);

– разновременность размыкания контактов полюсов (по отметчику времени).

По осциллограмме «В» определить:

– собственное время включения (tв) - интервал времени (по отметчику времени) между моментом подачи команды на включение выключателя, находящегося в отключенном положении, и моментом, когда контакты соприкоснутся во всех полюсах (рисунок 12б);

– разновременность замыкания контактов полюсов tз.к. (по отметчику времени);

– обработка результатов измерений, представление измерительной информации по временным характеристикам ЭВ и внесение поправок производятся автоматически при использовании приборов анализа временных характеристик выключателей. Значения времени и скорости могут быть выведены как на дисплей, так и распечатаны в форме протокола.

В случае несоответствия временных или скоростных характеристик ЭВ, определенных по контрольным осциллограммам каждого полюса, паспортным данным завода-изготовителя следует произвести регулировку привода ЭВ.

10.7 Оформление результатов измерений

Результаты измерений оформляются протоколом.

В протоколе должны быть указаны: заводской номер коммутационного аппарата и его привода, измеренные значения и соответствующие заводские данные с допустимыми отклонениями, приложены осциллограммы временных характеристик ЭВ.

11 Проведение контроля влагосодержания элегаза и/или газовой смеси

11.1 Общие требования

Надежная работа ЭО (выключателей, трансформаторов тока, напряжения и комбинированных трансформаторов тока и напряжения, КРУЭ, выключателей-разъединителей и др.) во многом определяется качеством элегаза (смеси), находящегося в высоковольтном оборудовании данного вида. Производитель должен указать требования к товарному элегазу, а также к газу в отсеках ЭО в процессе эксплуатации. Допустимые нормы примесей в товарном элегазе регламентируются стандартами и техническими условиями, по которым он был изготовлен ([9], [], [22]).

Для обеспечения необходимого качества элегаза (смеси) в течение всего установленного срока эксплуатации необходимо руководствоваться требованиями к эксплуатации конкретного типа ЭО.

Элегаз, отобранный из работающего ЭО, содержит несколько типов примесей. Некоторые из них уже присутствуют в товарном газе в результате процесса производства. Дополнительные примеси, которые могут содержаться в ЭО могут появляются в результате проведения газотехнологических работ во время эксплуатации оборудования. Основными примесями, которые могут появиться при проведении газотехнологических работ, являются воздух и водяной пар. Возможность появления дополнительной влаги в элегазе (газовой смеси) определяется также конструктивными особенностями ЭО (типом применяемых изоляционных полимерных материалов, наличием или отсутствием, а также конструктивным исполнением фильтра-осушителя и др.).

Влагосодержание в ЭО может воздействовать на изоляционную способность газа, если она присутствует в превышенных концентрациях [9]. Вода конденсируется из водяного пара (влаги) в форме капель воды или пленок в процессе адсорбции при понижении температуры окружающего воздуха.

Контролю содержания влаги в элегазе (смеси) подлежит газ находящейся в газоизолированном отсеке ЭО и элегаз предназначенный для заполнения или дозаполнения газоизолированных отсеков ЭО (ГОСТ Р 54426 и [11]).

Рекомендованная периодичность контроля указана в приложении А.

11.2 Метод (методы) контроля

Определение влажности элегаза (смеси) осуществляется методом непосредственного контроля влажности газа при помощи прибора, присоединённого к газоизолированному отсеку ЭО.

Для количественной оценки влажности газов используется целый ряд характеристик. Наиболее часто используются следующие единицы: проценты относительной влажности, температура выпадения росы – точка росы (°С), абсолютная влажность (в г/м^3), объемное влагосодержание (в объёмных процентах или миллионных долях – ppm). Между этими единицами существует взаимосвязь, для перевода различных единиц влажности из одной в другую

существуют специальные гигрометрические таблицы [11]. Многие модели гигрометров осуществляют этот перевод автоматически.

11.3 Требования к условиям контроля

11.3.1 Температура воздуха должна находиться в пределах от 0 °С до плюс 40 °С.

11.3.2 Относительная влажность воздуха не должна превышать 80 %.

11.3.3 При выполнении измерений в полевых условиях попадание атмосферных осадков на соединитель, клапан/вентиль заправки ЭО и внутрь измерительной системы не допускается.

Контроль влагосодержания после заполнения газоизолированных отсеков ЭО элегазом (смесью) для точного измерения следует производить не ранее чем через 5 дней [10].

11.3.4 В случае предположений о наличии в элегазе (смеси) высокой концентрации продуктов распада, необходимо измерить концентрацию общего содержания продуктов распада для предотвращения повреждения гигрометра; во всех случаях надлежит следовать указаниям производителя гигрометра в отношении стойкости сенсоров к продуктам распада элегаза.

11.3.5 Давление элегаза (смеси) должно соответствовать давлению заполнения газоизолированного отсека.

11.4 Подготовка к выполнению контроля влагосодержания

Проверить исправность гигрометра в соответствии с руководством по эксплуатации прибора.

Подключить измерительный трубопровод гигрометра к объему ЭО при помощи соединителя, соответствующего типу клапана/ вентиля заправки ЭО.

Необходимо стремиться к использованию минимально короткого измерительного трубопровода для подключения гигрометра. Материал ИТ должен соответствовать ГОСТ ИСО 8573-3. Применение ИТ из резины и других гигроскопичных материалов не допускается.

Подать анализируемый газ на вход гигрометра и проверить магистраль и все соединения на герметичность.

11.5 Порядок выполнения контроля

Открыть входной регулировочный вентиль. Установить выходным регулировочным вентилем необходимый расход газа в соответствии с требованиями документации изготовителя. Дождаться установившихся показаний влагосодержания.

Отключить подачу газа из газового объема ЭО.

Отсоединить ИТ от газового объема ЭО и затем от входного штуцера гигрометра.

Произвести измерение температуры окружающего воздуха в соответствии с ГОСТ 28198 и ГОСТ 28236.

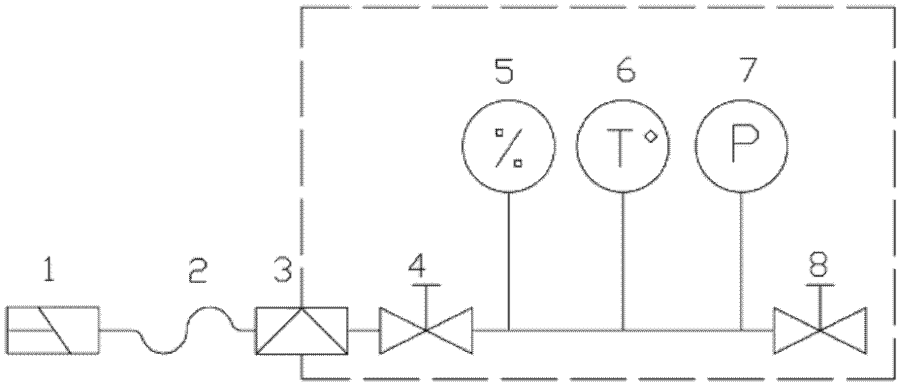


Рисунок 13 -Пневматическая схема пробоотборного устройства гигрометра

1- Соединитель к клапану ЭО; 2.- ИТ; 3.-присоединительный штуцер прибора; 4.- входной регулировочный вентиль; 5.- измерительный преобразователь влажности; 6.- измерительный преобразователь температуры; 7.- измерительный преобразователь давления; 8.- выходной регулировочный вентиль

11.6 Обработка результатов контроля влагосодержания

При проведении контроля на экран гигрометра может быть выведена величина влагосодержания, выраженная в температуре точки компенсации при давлении заполнения ЭО, температуре точки росы, приведенная к давлению 100 кПа, а также величина относительной влажности в процентах.

Величина влагосодержания в товарном элегазе (смеси) не должна превышать величины указанной в документации, по которой он был изготовлен. Массовая доля воды товарного элегаза, изготовленного в соответствии с [9], должна быть не более 0,0015 % (что соответствует точке росы минус 40 °С при атмосферном давлении) для элегаза [7]. В случае предъявления изготовителем ЭО повышенных требований к качеству элегаза, по сравнению с указанными ТУ, влагосодержание такого элегаза должно соответствовать этим требованиям [7].

Наибольшее допустимое содержание влаги внутри газоизолированного отсека ЭО должно быть таким, чтобы точка росы была не выше, чем минус 5 °С для измерения при температуре плюс 20 °С и номинальном давлении элегаза (смеси), если иная величина влагосодержания не предусмотрена изготовителем ЭО. Соответствующая поправка должна быть сделана для измерения влагосодержания, выполненного при других температурах [12].

Элегаз, пригодный для повторного использования, должен удовлетворять требованиям, регламентированным в ГОСТ Р 54426 (МЭК 60480) (точке росы минус 23 °С для ЭО с номинальным абсолютным давлением менее 200 кПа, точке росы минус 36 °С для ЭО с номинальным абсолютным давлением более 200 кПа), измеренной при атмосферном давлении.

При превышении норматива влагосодержания в элегазе, находящемся в газоизолированном отсеке ЭО, необходимо произвести откачку элегаза, осушку отсека и заполнение элегазом. Откачанный из отсека элегаз может быть

восстановлен и использован в соответствии с указаниями производителей ЭО и/или рекомендаций ГОСТ Р 54426.

11.7 Оформление результатов контроля

Результаты контроля влагосодержания в элегазе (смеси) оформляются протоколом.

В протоколе должны быть указаны значения влагосодержания в контролируемых газоизолированных объёмах ЭО, приведённые к температуре плюс 20 °С, а также давление газа, при котором производилось измерение и температура окружающего воздуха.

12 Контроль концентрации SF_6 (процентного содержания шестифтористой серы) в ЭО

12.1 Общие требования

Диэлектрические свойства газа в ЭО во многом определяется качеством и концентрацией элегаза, находящегося в высоковольтном оборудовании данного вида. Производитель должен указать требования к товарному элегазу, а также к газу в отсеках ЭО в процессе эксплуатации. Допустимые нормы примесей в товарном элегазе регламентируются документацией, по которой он был изготовлен ([9], [], [22]).

Дополнительные примеси, которые могут содержаться в ЭО могут появляются в результате проведения газотехнологических работ во время эксплуатации оборудования. Контролю концентрации SF_6 в элегазе (смеси) подлежит газ находящейся в газоизолированном отсеке ЭО и товарный элегаз (бывший в употреблении элегаз) предназначенный для заполнения или дозаполнения газоизолированных отсеков ЭО.

Контроль концентрации SF_6 в элегазе на месте установки ЭО производится портативными приборами, удовлетворяющими рекомендациям ГОСТ Р 54426.

Рекомендованная периодичность контроля указана в приложении А.

12.2 Метод (методы) контроля

Контроль концентрации SF_6 осуществляется методом непосредственного определения его процентного содержания в изоляционном газе ЭО при помощи специализированного прибора, присоединённого к газоизолированному отсеку ЭО.

Эти приборы откалиброваны для смесей SF_6 и азота и / или воздуха. При контроле концентрации SF_6 в смеси с CF_4 показания должны быть откорректированы в соответствии с указаниями, приведёнными в руководстве по эксплуатации прибора. Результат контроля представляется в виде концентрации, выраженной в объемных процентах. Однако на точность может влиять присутствие других газов (например, продукт разложения – CF_4) ГОСТ Р 54426. Во всех случаях надлежит следовать указаниям производителя прибора.

12.3 Требования к условиям контроля

12.3.1 Контроль концентрации SF_6 следует выполнять приборами, прошедшими калибровку.

12.3.2 Климатические условия эксплуатации приборов должны соответствовать условиям их применения, указанным в НТД.

12.3.3 Диапазоны контроля применяемых приборов должны соответствовать диапазонам контролируемых параметров.

12.4 Подготовка к выполнению контроля

Пример пневматической схемы устройства для контроля объемной процентной концентрации элегаза приведён на рисунке 14.

Подключить контрольный трубопровод к входному штуцеру 4 прибора.

Подключить контрольный трубопровод к объему ЭО при помощи соединителя 6/7 соответствующего типу клапана/ вентиля заправки ЭО.

Необходимо стремиться к использованию минимально короткого трубопровода для подключения прибора. Материал контрольный трубопровода должен соответствовать ГОСТ ИСО 8573-3. Применение контрольный трубопровода из резины и других гигроскопичных материалов не допускается.

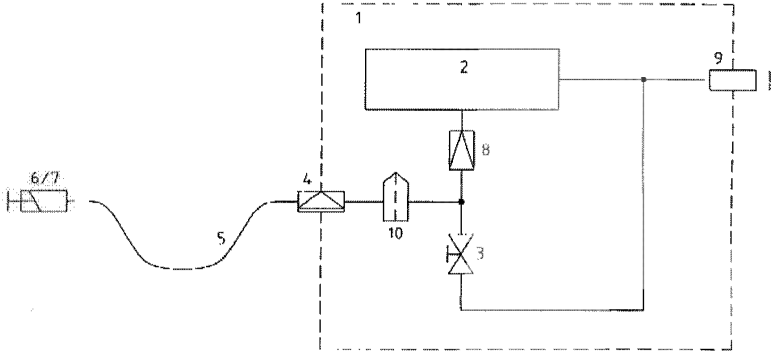


Рисунок 14 - Пневматическая схема устройства для контроля объемной процентной концентрации элегаза

1-корпус прибора; 2-измерительный преобразователь, 3-клапан продувки, 4-присоединительный штуцер, 5-контрольный трубопровод, 6/7- соединитель к клапану/вентилю ЭО, 8-регулятор давления, 9-дренажный газовый клапан, 10-механический фильтр

Подать анализируемый газ на вход прибора и проверить магистраль и все соединения на герметичность.

12.5 Порядок выполнения контроля

Подать анализируемый газ на вход прибора.

Дождаться установившихся показаний объемной концентрации. За установившиеся показания объемной концентрации принимается изменение последнего разряда не более чем на +/- 1.

Снять показания объемной концентрации с дисплея прибора.

Отключить подачу газа из газового объема ЭО.

Отсоединить ИТ от газового объема ЭО и затем от входного штуцера прибора.

12.6 Обработка результатов контроля

Полученное при контроле значение объемной процентной концентрации элегаза сравнивается с требованиями ГОСТ Р 54426 или завода-изготовителя ЭО.

Результаты контроля объемной процентной концентрации элегаза, произведенных на ЭО, предназначенном для эксплуатации на смеси элегаз/азот или элегаз/хладон, сравниваются с требованиями завода-изготовителя.

12.7 Оформление результатов контроля

Результаты контроля объемной процентной концентрации элегаза оформляются протоколом.

В протоколе должны быть указаны значения объемной процентной концентрации.

13 Контроль общего содержания газообразных продуктов распада SF_6

13.1 Общие требования

Основная причина появления продуктов распада – это распад SF_6 в результате действия дугового, искрового и ЧР. Элегаз разлагается с образованием низших фторидов серы, оксифторидов серы, фторидов и сульфидов металлов, входящих в состав материалов, на которых формируется разряд [11].

Контроль содержания газообразных продуктов распада в процессе эксплуатации производится с целью локализации места возникновения внутренней дуги, искровых и ЧР в ЭО, классификации отказа/дефекта ЭО, мер безопасного обращения с элегазом (смесью) ГОСТ Р 54426.

13.2 Метод контроля

Степень загрязненности элегаза продуктами его разложения в процессе эксплуатации ЭО рекомендуется определять индикаторным (линейно-колористическим) методом, с использованием индикаторных трубок, предназначенных для определения концентрации SO_2 (индикаторные трубки, чувствительные к SO_2 также реагируют на SOF_2).

Суть метода состоит в измерении длины слоя индикаторной массы, изменившего окраску, в результате взаимодействия реактивного слоя в трубке с исследуемым газовым компонентом. Содержание токсичного компонента зависит от длины окрашенного слоя.

13.3 Требования к показателям точности контроля

Производители индикаторных трубок предоставляют инструкции на все типы трубок в соответствии с количеством газа, скоростью потока и внешними условиями.

Поскольку в основе детектирования лежит изменение цвета, длину окрашенного участка лучше определять сравнением с новой трубкой.

Срок хранения индикаторных трубок ограничен, хранить их следует согласно указаниям производителя.

Предполагаемая точность контроля лежит в интервале от ±15 % до ±25 % полного диапазона шкалы индикаторной трубки в соответствии с ГОСТ Р 54426.

Индикаторные трубки необходимо использовать в соответствии с указаниями производителя.

13.4 Требования к условиям контроля

Климатические условия эксплуатации индикаторных трубок должны соответствовать условиям их применения, указанным в руководстве по эксплуатации.

Измерение концентрации SO_2 целесообразно производить не ранее чем через 48 часов после проведения оперирования коммутационным аппаратом [11].

Необходимо стремиться к использованию минимально короткого измерительного трубопровода для подключения прибора. Материал измерительного трубопровода должен соответствовать ГОСТ ИСО 8573-3. Применение измерительного трубопровода из резины и других гигроскопичных материалов не допускается.

13.5 Подготовка к выполнению контроля

Далее рассматривается порядок определения концентрации SO_2 в элегазе или газовой смеси на примере оборудования включающего в себя:

- устройство для контроля содержания продуктов разложения;
- индикаторную трубку (на двуокись серы SO_2);
- пластиковый пакет с клапаном (объем 1 л);
- газоплотный гибкий трубопровод с самозапирающимися клапанами;
- адаптер для подключения к газовому объему ЭО (в зависимости от типа отборного устройства).

Пластиковые пакеты и уплотнительные кольца соединительного элемента 1 (рисунок 15) и держателя индикаторной трубки 4 не должны иметь повреждений.

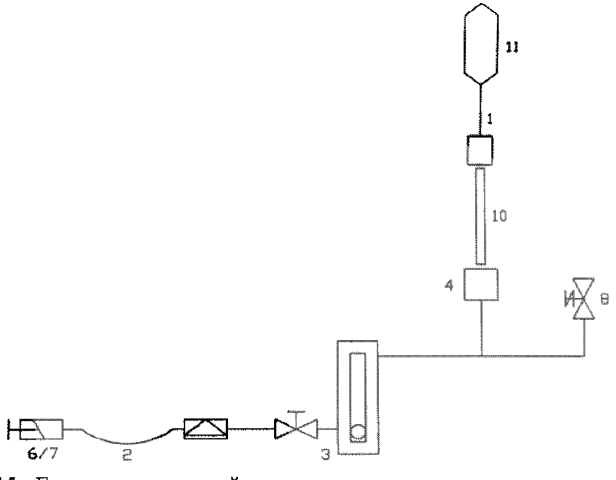


Рисунок 15 - Газовая схема устройства для контроля содержания продуктов разложения

1-соединительный элемент со шлангом, 2- контрольный трубопровод, 3-расходомер 10-80 л/ч с вентилем, 4-держатель для трубок, 6/7- соединитель к клапану/вентилю ЭО, 8-предохранительный клапан, 10-индикаторная трубка, 11-пластиковый пакет.

Вентиль расходомера 3 должен быть закрыт.

Подключить контрольный трубопровод 2 к входному штуцеру прибора.

Подключить контрольный трубопровод к объему ЭО при помощи соединителя 6/7 соответствующего типу клапана/ вентиля заправки ЭО.

Подать анализируемый газ на вход контрольного устройства и проверить магистраль и все соединения на герметичность.

13.6 Порядок выполнения контроля

Отломить оба кончика индикаторной трубки.

Присоединить пластиковый пакет к соединительному элементу со шлангом 1, а соединительный элемент шланга к выходному концу индикаторной трубки.

Открыть клапан пластикового пакета.

Вставить индикаторную трубку в держатель до упора (направление газа должно совпадать со стрелкой на тестовой трубке).

Медленно открыть клапан на расходомере и отрегулировать расход 20 л/ч.

Закрыть клапан расходомера, как только пластиковый пакет туго наполнится (наполнение следует прекращать до момента срабатывания предохранительного клапана).

Отключить подачу газа из газового объема ЭО.

Отсоединить сначала гибкий трубопровод 2 от отборного устройства ЭО и затем от входного штуцера прибора.

Вынуть индикаторную трубку вместе с соединительным элементом и пластиковым пакетом из держателя. Опорожнение пластиковых пакетов от газовой пробы следует производить на открытом воздухе или в помещении с хорошей вентиляцией.

Продуть контрольное устройство прибора сухим азотом.

13.7 Обработка результатов контроля

Результат контроля содержания газообразных продуктов распада определяется по длине слоя, изменившего цвет в индикаторной трубке, при наличии на тестовых трубках шкалы номинированной в ppm_v сравнение результатов измерений с требованиями ГОСТ Р 54426 производится без пересчета (в иных случаях концентрацию газового компонента рассчитать по формуле, приведённой в руководстве по эксплуатации).

13.8 Оформление результатов контроля

Результаты определения общего содержания продуктов распада в контролируемом ЭО оформляются протоколом.

В протоколе должны быть указаны измеренные значения концентрации SO_2.

Норматив содержания в продуктах распада SO_2 и SOF_2 для возможности повторного использования элегаза составляет не более 12 мкл/л. При превышении указанного норматива элегаз подлежит восстановлению или утилизации в соответствии с рекомендациями ГОСТ Р 54426.

Превышение общего содержания газообразных продуктов распада SF6 свидетельствует о происходивших в ЭО процессах дугового, искрового и ЧР и исчерпании ёмкости предусмотренных конструкцией оборудования адсорберов при их наличии. В случаях аварийных дуговых разрядов содержание газообразных продуктов распада SF6, как правило, в 10 раз и более превышает норму.

14 Контроль электрических параметров элементов ЭО

14.1 Общие требования

Проверку электрических характеристик следует производить в объемах, указанных в [7] и руководстве по эксплуатации завода изготовителя.

Контроль электрических параметров элементов ЭО включает в себя:

– Измерение сопротивления главной цепи;

– Проверка состояния системы обогрева ЭО;

– Измерение сопротивления элементов в цепях привода (сопротивления обмоток электромагнитов управления и добавочных сопротивлений в их цепях, если они предусмотрены конструкцией);

– Измерение и испытание сопротивления изоляции элементов ЭО и цепей вторичной коммутации.

Рекомендованная периодичность контроля указана в приложении А.

14.2 Методы измерений

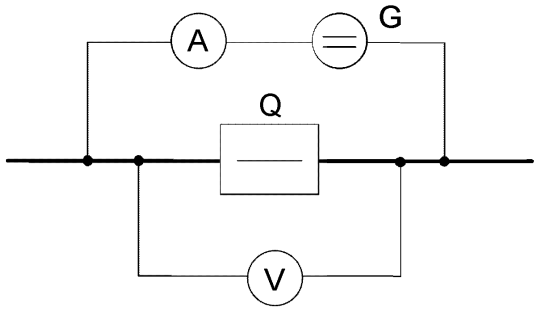
14.2.1 Измерение сопротивления главной цепи выполняются соответствии с [7] и схемой измерения сопротивления главной токовой цепи, приведенной изготовителем в эксплуатационной документации на ЭО.

Измеренное сопротивление не должно превышать предельно допустимых значений.

Сопротивление главной цепи должно измеряться как в целом всего токоведущего контура полюса, так и отдельно каждого разрыва дугогасительного устройства (если это позволяет конструктивное исполнение аппарата) ЭВ или в соответствии со схемой измерения сопротивления участков главной токовой цепи, приведённой изготовителем в эксплуатационной документации на КРУЭ.

При повышении переходного сопротивления вследствие окисления, ослабления или плохо затянутых резьбовых соединений, в точках контактного соединений аномально повышается температура. Данный аномальный нагрев сокращает удельную электропроводность, тем самым ускоряя повышение температуры, что часто приводит к серьезным повреждениям. Измерение переходного сопротивления контактных соединений производиться при диагностировании технического состояния ЭО, а также при проверке качества выполнения ремонтных работ.

Измерение сопротивления главной токовой цепи должно проводиться при протекании постоянного тока (величина тока указана в инструкции завода изготовителя), путем измерения падения напряжения или сопротивления между выводами каждого полюса.



A– амперметр
G – источник постоянного тока
V – вольтметр
Q – тестируемый участок ЭО

Рисунок 16 - Четырехпроводная схема измерения сопротивления главной токовой цепи выключателя

Используются два основных метода измерения электрического сопротивления главной цепи:

– метод вольтметра-амперметра;
– использование микроомметров.

При измерении очень малых сопротивлений, к которым относится сопротивление главной токовой цепи ЭО, необходимо использовать микроомметры. При этом для предотвращения возникновения дополнительной погрешности из-за влияния переходного сопротивления в точках подключения используются две пары проводов: по одной паре (токовые кабели) на измеряемый объект подается выпрямленный ток определенной величины, с помощью другой пары (измерительные кабели) измеряется падение напряжения пропорциональное величине тока и сопротивлению объекта.

Избежать потерь времени на сборку схемы для измерения электрического сопротивления объектов по методу вольтметра-амперметра можно путем использования микроомметров. В состав таких приборов входят собранные в измерительную схему регулировочный трансформатор, выпрямитель, встроенные токовый шунт, амперметр и микроомметр. При использовании этих приборов требуется только подключение штатных токовых и измерительных кабелей к микроомметру и объекту измерения.

14.2.2 Проверка состояния системы обогрева элементов ЭО.

Коммутационное ЭО в своём составе имеет нагревательные элементы, установленные в шкафах управления, в механизме привода ЭВ и на резервуарах баков ЭВ. В систему обогрева входят датчики температуры и влажности, дающие команду на включение нагревательных элементов, а также система обогревателей, обеспечивающая обогрев ЭО.

Проверка нагревательных элементов проводится для шкафа привода, шкафа управления и баков выключателя, с учетом конструктивного исполнения ЭО. Мощность нагревательных элементов и величина уставок устройства,

управляющего системой обогрева и контролирующего его работу, должно соответствовать величинам, указанным изготовителем ЭО в эксплуатационной документации.

Исправность цепей обогрева должна контролироваться стандартными методами измерения тока, например шунтами, трансформаторами тока и реле контроля исправности обогревателей. Прямым и непосредственным методом проверки работоспособности системы обогрева является измерение температуры внутри шкафа управления/привода или бака ЭВ при помощи тепловизора или пирометра.

Для приводов аппаратов и шкафов управления ЭО в КРУЭ применяется только антиконденсатный обогрев.

14.2.3 Измеренные сопротивления постоянному току электромагнитов управления и их добавочных резисторов, если они предусмотрены конструкцией привода ЭВ, производится с помощью моста постоянного тока или методом амперметра и вольтметра с ближайшей к приводу выводной сборки. Измеренное значение должно соответствовать данным завода изготовителя.

14.2.4 Проверка изоляции цепей вторичной коммутации включает в себя измерение сопротивления изоляции и испытание электрической прочности изоляции. Измерение производится относительно земли или корпуса и между отдельными, электрически не связанными между собой, цепями.

Измерение сопротивления изоляции производится мегаомметром с номинальным напряжением 0,5-2,5 кВ в зависимости от назначения цепей. Требования к минимальному сопротивлению изоляции указаны в разделе 32 [7].

Испытание изоляции элементов ЭО осуществляется подачей напряжения 1000 В переменного тока в течение 1 минуты или выпрямленным напряжением 2500 В с использованием мегаомметра или специальной установки [7].

14.3 Требования к условиям измерений

Измерение сопротивления постоянному току отдельных участков главной токовой цепи должно проводиться после охлаждения коммутационной аппаратуры до температуры, равной температуре окружающего воздуха.

Измерение сопротивления главной токовой цепи без разборки КРУЭ возможно только в случае, если конструкцией КРУЭ предусмотрено отсоединение заземлителя от контура заземления.

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

Значение тока во время испытаний должно соответствовать рекомендациям завода-изготовителя.

При проверке системы обогрева ЭО необходимо измерять сопротивление изоляции обогревателей, оно должно быть не менее 1 МОм,

если сопротивление изоляции окажется меньше, нагреватель необходимо просушить.

14.4 Подготовка к выполнению измерений

Подготовительный этап включает в себя следующие стадии:

– ознакомление с оперативной схемой подстанции, станции;

– запись метеорологических факторов (температура воздуха, скорость ветра и т.д.);

– ознакомление с эксплуатационной документацией на ЭО;

– ознакомление с результатами тепловизионного обследования (в случае выявления избыточной температуры элементов ЭО);

При выполнении измерений в полевых условиях попадание атмосферных осадков на контролируемые участки объекта и измерительной системы не допускается.

14.5 Порядок выполнения измерений

14.5.1 Порядок измерения сопротивления главной цепи при использовании микроомметров следующий:

– заземлить одну сторону испытуемого объекта;

– заземлить микроомметр;

– убедиться, что переключатель ВКЛ/ОТКЛ микроомметра находится в положении ОТКЛ во время проведения подключения кабелей;

– подсоединить два токовых кабеля с обеих сторон испытываемого объекта, используя штатные зажимы микроомметра (рисунок 17).

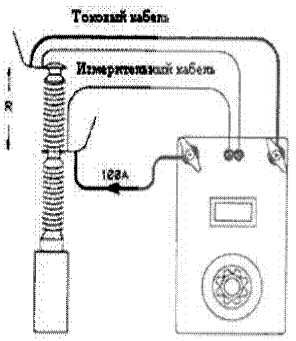


Рисунок 17 - Измерение электрического сопротивления главной токовой цепи полюса колонкового выключателя микроомметром

– подсоединить два измерительных кабеля (сохраняя ту же полярность, что и для токовых кабелей) с обеих сторон испытательного объекта (рисунок 17) и как можно ближе к испытываемому объекту (при этом для

получения правильных результатов измерений измерительные кабели должны подсоединяться к объекту внутри токовых кабелей);

– включить микрооммметр;

– провести измерение;

– перед тем как выполнить отсоединение или перемещение кабелей, убедиться в том, что прибор отключен от сети.

14.5.2 Для проверки системы обогрева необходимо включить оперативный переменный ток и с помощью токовых клещей замерить ток системы обогрева, при имитации различных условий включения обогрева. Необходимо также проконтролировать срабатывание соответствующих командных реле и реле контроля исправности цепи обогрева, реализующих схему управления обогревом для конкретного выключателя. Схема цепей обогрева приводится в заводской документации.

14.5.3 Измерение сопротивления электромагнитов и их добавочных сопротивлений (если предусмотрено конструкцией), следует проводить непосредственно на приводе выключателя. Для этого необходимо изолировать цепи электромагнитов от внешних связей.

14.5.4 Измерение и испытание сопротивления изоляции элементов ЭО и цепей вторичной коммутации следует проводить в два этапа:

1 этап: предварительное измерение изоляции приводов коммутационных аппаратов и контрольных кабелей;

2 этап: измерение и испытание прочности изоляции устройств в полностью собранной схеме [17].

14.6 Обработка результатов измерений

14.6.1 Оценка сопротивления главной цепи.

При проведении измерений по методу вольтметра-амперметра, значение сопротивления главной цепи (R), мОм, вычисляют по формуле:

$$R = \frac{U_t}{I}, \qquad (8),$$

Где U_t - измеренное падение напряжения, мВ;

I - сила тока, А.

Если сопротивление вольтметра отличается от измеряемого сопротивления менее чем в 100 раз, то истинное значение измеренного сопротивления R, Ом, подсчитывают по формуле

$$R = \frac{U}{I - \frac{U}{R_B}}, \qquad (9),$$

где U - измеренное падение напряжения, В;

I - измеренный ток, А;

R_B - сопротивление вольтметра, Ом.

При проведении измерений с использованием микроомметра значение сопротивления главной цепи получают в результате непосредственного считывания показаний по шкале прибора или цифровому дисплею.

Значения измерительных токов и величины допустимых значений сопротивления главной токовой цепи должно соответствовать значениям, указанным в эксплуатационной документации завода-изготовителя.

Измеренные значения сопротивлений должны соответствовать заводским нормам.

В случае несоответствия результатов измерения нормам рекомендуется произвести несколько включений и отключений коммутационным аппаратом и произвести измерения повторно.

При принятии решения о браковке элемента ЭО следует руководствоваться также результатами других видов диагностирования, например, тепловизионным обследованием.

14.6.2 Электрическое сопротивление нагревательных элементов и величина уставок устройства, управляющего системой обогрева и контролирующего его работу, должно соответствовать величинам, указанным изготовителем ЭО в эксплуатационной документации.

14.6.3 Величина сопротивления обмоток электромагнитов управления не должна превышать допустимые отклонения, указанные в технических характеристиках завода изготовителя.

Сопротивление электромагнитов может также определяться по току потребления электромагнитов управления, полученных на осциллограмме временных характеристик ЭВ.

На рисунке 18 показана типичная осциллограмма тока катушки.

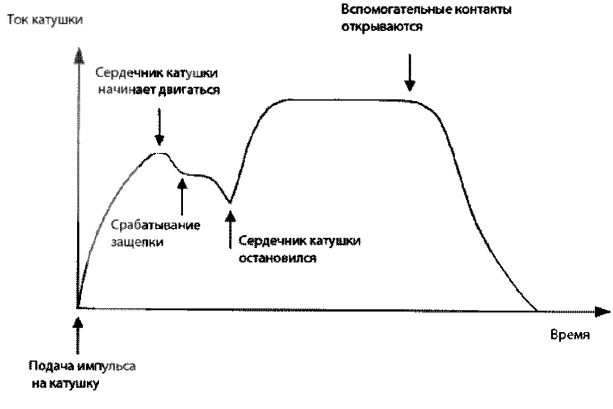


Рисунок 18 - Стилизованная осциллограмма тока катушки

Как видно из рисунка, различные части процесса имеют характерные особенности, указывающие на состояние обмоток, смазку, состоянии защелок.

Время от начала движения сердечника катушки до момента, пока он не остановится - это показатель того, насколько быстро срабатывает катушка, а величина тока катушки, перед тем как разрывается контакт в цепи электромагнита, определяет электрическое сопротивление постоянному току самой катушки.

Анализ тока катушки является широко применяемым диагностическим методом для тестирования механизмов приводов выключателей.

14.6.4 Результаты измерения и испытания изоляции цепей вторичных цепей и обмоток электромагнитов должно соответствовать значениям, приведенным в таблице 32.3 [7].

14.7 Оформление результатов измерений

Результаты измерений оформляются протоколом. В протоколе должны быть указаны: климатические условия проведения измерений, измеренные значения, допустимые отклонения измеренных значений в соответствии с инструкциями завода-изготовителя и нормативными документами.

15 Контроль состояния резьбовых соединений ЭО

15.1 Общие требования

Качество сборки резьбовых соединений определяется правильностью затяжки болтов и гаек, достижением необходимых посадок, отсутствием перекосов в соединениях и искривления болтов и шпилек, надежностью стопорных устройств, установкой болтов и гаек в соответствии с требованиями чертежа.

Размеры и расположение поверхностей болтов, винтов, шпилек, гаек, шурупов должны контролироваться универсальными измерительными инструментами, предельными калибрами, шаблонами, контрольными матрицами и другими средствами, аттестованными совместно с методиками измерения в порядке, установленном ГОСТ Р 8.563.

Рекомендованная периодичность контроля указана в приложении А.

15.2 Метод (методы) контроля

Основным методом для проведения контроля состояния резьбовых соединений ЭО является метод визуального контроля и измерения крутящего момента затяжки гайки резьбового соединения.

При этом наиболее целесообразным для практики является косвенный метод контроля по моменту затяжки, основанный на измерении вращающего момента с помощью проградуированных ключей: динамометрических и предельных. В динамометрических ключах при помощи специальных устройств (упругих элементов) в каждый момент времени измеряется приложенный крутящий момент. Затяжка прекращается при достижении моментом на ключе значения, установленного техническими условиями. В предельных ключах момент затяжки ограничивается с помощью отжимных муфт или фрикционных ограничений. При достижении заданного момента затяжки ключ или отключается, или подается специальный сигнал (звуковой или световой).

Применение проградуированных ключей основано на связи вращающего момента на ключе и усилия затяжки. Момент, приложенный к гайке, уравновешивается моментами сил трения в резьбе и на торце гайки.

15.3 Требования к условиям контроля

При выполнении контроля состояния резьбовых соединений должны быть соблюдены следующие условия:

– температура воздуха должна находиться в пределах от минус 20 °С до плюс 40 °С;

– относительная влажность воздуха не должна превышать 80 %.

Визуальный и измерительный контроль в процессе эксплуатации выполняется на месте установки ЭО. В этом случае должно быть обеспечено удобство подхода специалистов, выполняющих контроль, к месту производства контрольных работ, созданы условия для безопасного производства работ, в том числе в необходимых случаях должны быть установлены леса, ограждения,

подмостки, люльки, передвижные вышки или другие вспомогательные устройства, обеспечивающие оптимальный доступ (удобство работы) специалиста к контролируемой поверхности, а также обеспечена возможность подключения ламп местного освещения. Освещенность контролируемых поверхностей должна быть достаточной для надежного выявления дефектов.

Очистка контролируемой поверхности производится способом, указанным в соответствующих НД (например, промывка, механическая зачистка, протирка, обдув сжатым воздухом и др.). При этом не должны возникать недопустимые, согласно НТД, дефекты (риски, царапины и др.).

Состояние крепежа элементов ЭО (включая привода ЭВ), находящихся под избыточным давлением контролируется исключительно визуально.

15.4 Подготовка к выполнению контроля

Перед началом выполнения контроля состояния резьбовых соединений работником осматривается инструмент и приспособления и в случае обнаружения неисправности немедленно извещает своего непосредственного руководителя.

При использовании динамометрических ключей запрещается:

1) применение подкладок при зазоре между плоскостями губок гаечных ключей и головками болтов или гаек;

2) пользование дополнительными рычагами для увеличения усилия затяжки. В необходимых случаях должны применяться гаечные ключи с удлиненными ручками.

15.5 Порядок выполнения контроля

Визуальным контролем определяется:

– наличие/отсутствие всех элементов резьбового соединения (шайбы, гроверы);

– контроль положения фланцев относительно друг друга для фланцевых соединений;

– факт правильности закручивания резьбового соединения;

– наличие коррозии на элементах резьбового соединения, в том числе гальванической.

Гайки следует затягивать постепенно, сначала на половину заданного усилия, а затем окончательно. В групповых соединениях необходимо соблюдать определенную последовательность затягивания гаек: при сборке корпусов больших редукторов, двигателей сначала затягивают среднюю пару гаек, затем пару соседних справа, потом пару соседних слева и т.д. постепенно приближаясь к концам. При расположении гаек по окружности, например, на фланцах, крышках цилиндров их затягивают крест-накрест. Чтобы равномерно и правильно затянуть гайки в ответственных соединениях, используют или ключи с одинаковой длиной рукоятки, или с регулируемым крутящим моментом, так называемыми предельными (динамометрическими) ключами.

Важным условием нормальной работы резьбового соединения является отсутствие изгибающих напряжений в теле болта или шпильки. Гайки должны

навинчиваться до места посадки от руки. При соединении деталей с наклонными поверхностями должны быть установлены косые шайбы. Недопустим подгиб шпильки, если они не попадают в отверстия детали, так как они при этом деформируются у основания и могут разрушиться во время работы.

Под головкой болта должна быть установлена плоская шайба с отверстием диаметром большим диаметра описанной окружности, подголовка и толщиной 0,5 высоты подголовки, если иное не установлено изготовителем.

Контроль внешнего вида болтов, винтов, шпилек и гаек должен производиться без применения увеличительных приборов. Допускается в спорных случаях использовать лупу с увеличением 2,5-3. При установке болтов, винтов шпилек, гаек не допускается наличие на резьбе заусениц, вмятин, забоин, выкрашивание ниток резьбы, а на поверхности болтов, винтов, шпилек не допускается трещин и рванин (открытых разрывов в металле).

Все болты с шестигранной головкой и винты с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ с диаметром резьбы d6 мм должны быть маркированы. Знаки маркировки наносят на торцевой или боковой поверхности головки болта или винта в форме углубления или выпуклостей. Знаком левой резьбы является стрелка, указывающая направление ввинчивания болта, шпильки и навинчивания гайки. Знак левой резьбы для болтов и гаек может заменяться надрезами на ребрах шестигранников по ГОСТ ISO 8992.

Основные технические требования и методы контроля болтов, винтов, шпилек, гаек, шайб установлены в ГОСТ ISO 8992, ГОСТ ISO 4759-1, ГОСТ ISO 6157-1, ГОСТ ISO 6157-2, ГОСТ 6402, ГОСТ 104611, ГОСТ 18123, ГОСТ 10434.

Контроль степени затяжки резьбовых соединений узлов и сборочных единиц ЭО следует осуществлять по моменту закручивания, определяемому в соответствии с указаниями завода-изготовителя в эксплуатационной документации. Отклонение фактического момента закручивания от расчетного должно быть от 0 до +10 %. Если при контроле обнаружатся болты, не отвечающие этому условию, то усилие натяжения таких болтов должно быть доведено до требуемой величины с последующим контролем через 6 часов.

Основными частями, в которых необходимо производить проверку являются:

- доступные (без вскрытия газоизолированных отсеков) элементы главной токовой цепи ЭО, особенно, генераторных выключателей;
- места присоединения ошиновки к аппаратным выводам ЭО;
- элементы рам и кожухов ЭО;
- элементы системы заземления ЭО.

Проверка степени затяжки резьбовых соединений фланцевых соединений производится исключительно в процессе проведения ремонтных работ при условии отсутствия избыточного давления в газоизолированных отсеках ЭО, включая привода выключателей.

В таблице 14 справочно приведены моменты затяжки крепежных деталей с метрической резьбой.

Таблица 14 - Моменты затяжки гаек

Величина крутящего момента, Н·м			
Обозначение резьбы	материал гайки или детали с резьбовым отверстием		
	алюминиевая отливка, медь	сталь, обработанный давлением алюминий	
	класс крепежной детали		
	5.8, 8.8,10.9	5.8	8.8, 10.9 и выше
М5	4	4	7
М6	7	7	11
М8	18	18	27
М10	35	35	50
М12	60	60	90
М14	90	90	140
М16	140	140	200
М18	195	195	200
М20	200		

Резьба	Материал изделия или гайки					
	Алюминиевое литье или медь		Сталь или алюминиевый прокат			
	Сорт (grade)		Сорт (grade) |			
	SAE 2, 5, 8, B8	SS-A2	SAE 2, B8	SAE 5B8	SAE 8	SS-A2
1/4 дюйма	8	8	8	13	19	8
5/16 дюйма	16	15	16			
3/8 дюйма	30	25	30	45	60	25
1/2 дюйма	70	60	70	105	150	60
9/16 дюйма	100	85	100	150	200	85
5/8 дюйма	135	115	135	200	200	115
3/4 дюйма	200					
7/8 дюйма						
1 дюйм						

15.6 Обработка результатов контроля

На данном этапе обобщаются результаты внешнего осмотра резьбовых соединений и измерения крутящего момента затяжки гайки резьбового соединения. При необходимости составляется иллюстративные материалы (эскизы, фотографии), позволяющие зарегистрировать выявленные дефекты.

15.7 Оформление результатов контроля

Результаты визуального и измерительного контроля состояния резьбовых соединений ЭО оформляются протоколом.

В случае отсутствия дефектов по результатам внешнего осмотра резьбовых соединений измерения крутящего момента затяжки гайки резьбового соединения в протоколе должны быть указано «Исправно» по каждому из пунктов.

16 Рекомендации по выбору микропроцессорных устройств диагностирования и контроля ЭО

Микропроцессорные устройства, применяемые в приборах и системах диагностирования и контроля ЭО, должны обеспечивать устойчивость к климатическим воздействиям согласно ГОСТ 15543.1 и [14] (Таблица 15).

Таблица 15 - Требования устойчивости МП устройств диагностирования и контроля ЭО к климатическим воздействиям

Наименование показателя	Значение
1 Климатическое исполнение по ГОСТ 15150	УХЛ
2 Категория размещения по ГОСТ 15150	4
3 Верхнее предельное рабочее значение температуры воздуха, °С - исполнение УХЛ 4	+45
4 Нижнее предельное рабочее значение температуры воздуха, °С - исполнение УХЛ 4	+1
5 Тип атмосферы по ГОСТ 15150	II
6 Верхнее рабочее значение относительной влажности, процент - исполнение УХЛ 4	80 при 25 °С
7 Максимальная высота над уровнем моря, м	2000
8 Условия хранения в неотапливаемых хранилищах по ГОСТ 15150, п. 10 - исполнение УХЛ 4	2(-50 - +40) °С
9 Условия транспортирования в закрытом транспорте по ГОСТ 15150 - исполнения УХЛ4	5(-60 - +50) °С

Микропроцессорные устройства, применяемые в приборах и системах диагностирования и контроля ЭО, должны обеспечивать устойчивость механическим воздействиям согласно ГОСТ 17516.1 (Таблица 16).

Таблица 16 - Требования устойчивости МП устройств диагностирования и контроля ЭО к механическим воздействиям

Наименование показателя	Значение
1 Группа механического исполнения: - в комплектных распределительных устройствах с коммутационными аппаратами	М40
2 Вибрация, частота, Гц, /амплитуда ускорения, м/с^2 - в комплектных распределительных устройствах с коммутационными аппаратами	1,0-100/10
3 Удары одиночного действия, пиковое ускорение, м/с^2 /длительность действия ударного ускорения, мс -в комплектных распределительных устройствах с коммутационными аппаратами	100/2-20
4 Сейсмостойкость по ГОСТ 30546.1, баллов, не хуже при уровне установки над нулевой отметкой, м	9 0-10
5 Условия транспортирования по ГОСТ 23216	С

Микропроцессорные устройства, применяемые в приборах и системах диагностирования и контроля ЭО, должны обеспечивать надежность согласно ГОСТ 27.003 (Таблица 17).

Таблица 17 - Требования к надежности МП устройств диагностирования и контроля ЭО

Наименование показателя	Значение
1. Среднее время наработки на отказ сменного элемента, час, не менее	125 000
2. Срок службы, лет, не менее[1]	25
3. Режим работы системы самодиагностирования	при включении; фоновый, постоянно
4. Память для хранения констант, кода программ и данных саморегистрации	энергонезависимая
5. Гарантийное сопровождение с момента ввода в эксплуатацию, лет, не менее	3
6. Срок поставки запасных частей для оборудования в течение всего его срока службы с момента подписания договора на их покупку, мес., не более	3

Микропроцессорные устройства, применяемые в приборах и системах диагностирования и контроля ЭО, должны обеспечивать электробезопасность согласно ГОСТ 12.2.007.0 (Таблица 18).

Таблица 18 - Требования электробезопасности МП устройств диагностирования и контроля ЭО

Наименование показателя	Значение
1. Значение сопротивления между заземляющим болтом (винтом, шпилькой) и каждой доступной прикосновению металлической нетоковедущей частью устройства, которая может оказаться под напряжением, Ом, не более	0,1
2. Класс (по способу защиты человека от поражения электрическим током)	0I

Микропроцессорные устройства, применяемые в приборах и системах диагностирования и контроля ЭО, должны обеспечивать пожаробезопасность согласно ГОСТ 12.1.004 применением материалов, не поддерживающих горение, и исключением использования легковоспламеняющихся материалов.

Техническая документация на МП устройства диагностирования и контроля ЭО должна содержать:

– описание принципов работы, технические характеристики, алгоритмы встроенных функций и функциональные схемы, описание их функционирования и взаимодействия внутри устройства;

– методические указания по выбору параметров настройки;

[1] В течение данного времени должна осуществляться поставка запчастей к терминалу. В случае снятия с производства электронных компонентов сторонних производителей допускается производителю МП УРЗА заменять модульно неисправные части с обязательным сохранением внутренней логики, функциональных возможностей, а также привязки вторичных цепей. Предоставляемые модули должны быть аттестованы в составе полноценного МП УРЗА.

– инструкции по наладке, техническому обслуживанию и эксплуатации с указанием требований по периодичности, виду обслуживания и необходимому объему профилактических работ по каждому виду обслуживания.

Техническая документация должна быть написана на русском языке с использованием общеупотребительных терминов и сокращений.

Результаты контроля и измерений, полученные от ЭО, на котором не внедрены системы автоматического диагностирования и контроля, должны быть систематизированы работниками эксплуатирующей организации и пройти обработку данных в микропроцессорных устройствах, при наличии интеграционных возможностей, для последующей передачи диагностической информации в цифровом формате в единую цифровую сеть.

17 Рекомендации по электромагнитной совместимости микропроцессорных устройств и систем диагностирования и контроля ЭО

Для обеспечения нормальной работы микропроцессорных устройств и систем диагностирования и контроля ЭО необходимо проведение комплекса мероприятий по повышению помехоустойчивости микропроцессорных устройств:

– установка высоковольтных фильтров на входах блоков электропитания постоянным и переменным током 220 В;

– установка фильтров, в том числе полостных, высокочастотных, заградительных, после выпрямления и далее по схеме;

– установка в устройствах порогово-ограничительных элементов (встречновключенных стабилитронов, варисторов, диодов и других элементов);

– исключение влияния импульсных помех программным способом;

– установка «сторожевых» таймеров (программного, аппаратных);

– интегрирование результатов измерений за некоторый промежуток времени и выборка сигнала по среднему значению (пиковое детектирование);

– применение оптоэлектронных развязок;

– преобразование полезных сигналов в цифровой код;

– правильное создание эквипотенциальных точек и их заземление с возможным устранением «плавающих» потенциалов.

– электромагнитная совместимость должна обеспечивать работоспособность микропроцессорных устройств согласно [19].

Приложение А
(рекомендуемое)

Таблица А1 - Периодичность проведения технического диагностирования ЭО методом периодического контроля

Наименование технического диагностирования	КРУЭ	ЭВ	ТТ, ТН
Диагностирование состояния резервуаров ЭО (без учета внеочередного осмотра)	Один раз в 5 лет		
Проверка плотности элегаза (смеси) (проверка давления заполнения элегазом или газовой смесью газоизолированных отсеков ЭО) контрольным манометром	Один раз в год	Один раз в 5 лет	Один раз в 5 лет
Проверка работоспособности приборов контроля плотности элегаза (газовой смеси)	Один раз в 5 лет	Один раз в 5 лет	Один раз в 5 лет
Контроль температуры ЭО - тепловизионное обследование ЭО	Один раз в год	220 кВ и ниже – 1 раз в 2 года; 330-750 кВ – ежегодно;	220 кВ и ниже – 1 раз в 2 года; 330-750 кВ – ежегодно;
Контроль герметичности (наличия утечки газа) газоизолированных отсеков ЭО	Один раз в год	Один раз в год	Один раз в год
Контроль изоляции ЭО по характеристикам ЧР	Один раз в 5 лет	-	-
- Проверка временных характеристик коммутационных аппаратов. - ток двигателя, время работы двигателя при заряде приводов коммутационных аппаратов. - Контроль состояния щёток электродвигателя приводов коммутационных аппаратов.	Один раз в 5 лет	Один раз в 5 лет	-
-Контроль количества операций, выполненных ЭВ. - Контроль заряда пружины привода, -Контроль давления и герметичности в гидравлической системе приводов, -Контроль числа запусков двигателей насосов гидроприводов.	Один раз в год	Один раз в год	-
Контроль влагосодержания в элегазе (газовой смеси)	Один раз в 5 лет	Один раз в 5 лет	Один раз в 5 лет
Контроль концентрации SF6 (процент содержания шестифтористой серы (содержания воздуха и CF4 в процентах)	Один раз в 5 лет	Один раз в 5 лет	Один раз в 5 лет
Измерение общего содержания газообразных продуктов распада SF6	По необходимости	По необходимости	По необходимости
Контроль состояния систем технологической сигнализации, уставок и блокировок приводов	Один раз в 5 лет	Один раз в 5 лет	-
Измерение сопротивления элементов в цепях привода	Один раз в 5 лет	Один раз в 5 лет	-

Продолжение Таблицы А1

Наименование технического диагностирования	КРУЭ	ЭВ	ТТ, ТН
Измерение и испытание сопротивления изоляции цепей вторичной коммутации ЭО	Один раз в 5 лет	Один раз в 5 лет	Один раз в 5 лет
Контроль состояния систем обогрева элементов ЭО	Один раз в год	Один раз в год	-
Измерение сопротивления главной цепи	Один раз в 5 лет	Один раз в 5 лет	-
Контроль состояния резьбовых соединений ЭО	Один раз в 5 лет	Один раз в 5 лет	Один раз в 5 лет

Библиография

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Седьмое издание.
2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Утверждены приказом Минэнерго РФ от 19.06.2003 № 229.
3. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Утверждены приказом Минтруда России от 19.02.2016 № 74н.
4. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Утверждены приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 № 6.
5. Правила по охране труда при работе на высоте. Утверждены Приказом Минтруда России от 28.03.2014 № 155н.
6. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением». Утверждены приказом Ростехнадзора от 25.03.2014 № 116.
7. СТО 34.01-23.1-001-2017 Объем и нормы испытания электрооборудования. Утверждён распоряжением ПАО «Россети» от 29.05.2017 № 280р.
8. Правила по охране труда при работе с инструментом и приспособлениями. Утверждены приказом Минтруда России от 17.08.2015 № 552н.
9. ТУ 6-02-1249-83 Элегаз повышенной чистоты. Утвержден 12.09.1983. Разработан Опытным заводом РНЦ «Прикладная химия».
10. СТО 56947007-29.240.35.184-2014 Комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией в металлической оболочке (КРУЭ) 110 кВ и выше. Общие технические условия. Утверждён приказом ПАО «ФСК ЕЭС» от 16.09.2014 № 400.
11. РД 16.066-2005 Элегазовое электротехническое оборудование. Технические требования к производству для обеспечения качества элегаза в оборудовании и меры обеспечения санитарно-гигиенической и экологической безопасности.
12. МЭК 62271-1 Общие технические требования для стандартов на коммутационную аппаратуру и аппаратуру управления высокого напряжения High-voltageswitchgearandcontrolgear. Part 1: Commonspecifications.
13. СТО 56947007-29.240.01.244-2017 Нормы точности измерений режимных и технологических параметров, измеряемых на объектах ПАО «ФСК ЕЭС». Методические указания по определению метрологических характеристик измерительных каналов и комплексов. Утверждён приказом ПАО «ФСК ЕЭС» от 29.06.2017 № 246.
14. РД 34.35.310-97 Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем. Утвержден Департаментом стратегии развития и научно-технической политики РАО «ЕЭС России» 03.02.1997.
15. СТО 00220256-024-2016 Болты, шпильки, гайки и шайбы для

фланцевых соединений. Технические требования. Разработан АО «НИИхиммаш».

16. СТО 70238424.29.240.10.006-2011 «Комплектные распределительные устройства элегазовые (КРУЭ). Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования». Утверждён приказом НП «ИНВЭЛ» от 04.08.2009 N 54.

17. СО 34.35.302-2006 «Инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций». Утверждён РАО «ЕЭС России» от 28.03.2006.

18. МЭК 60480-2004 «Руководство по проверке и переработке шестифтористой серы (SF6), взятой из электрического оборудования и технические условия повторного использования».

19. СТО 56947007-29.240.044-2010 Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства. Утверждён приказом ПАО «ФСК ЕЭС» от 21.04.2010 № 265.

20. РД 153-34.0-20.363-99 Методика инфракрасного контроля электрооборудования и ВЛ. Утверждён Департаментом стратегии развития и научно-технической политики РАО «ЕЭС России» от 14.12.1999

21. ИКЭС-ПР-051-2017 Правила техники безопасности при эксплуатации элегазового оборудования. Утверждён Электроэнергетическим Советом СНГ (протокол от 04.11.2017 № 51).

22. IEC 60376 Specification of technical grade sulphur hexafluoride (SF6) and complementary gases to be used in its mixtures for use in electrical equipment.

gost.e-ecolog.ru