ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«РОССИЙСКИЕ СЕТИ»

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ПАО «РОССЕТИ»

СТО 34.01-23-004-2019 СТО БП 11/08-01/2018

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭКРАНИРОВАННЫХ ТОКОПРОВОДОВ И ТОКОПРОВОДОВ С ЛИТОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

Стандарт организации

Дата введения: 12.04.2019

ПАО «Россети»

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены:

- Федеральным законом от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании»;
- ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения»;
- ГОСТ 1.5-2001 «Межгосударственная система стандартизации (МГСС). Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению (с Изменением N 1)»;
- ГОСТ Р 1.5-2012 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения (с Поправкой, с Изменением N 1)».

Сведения о стандарте организации

1 РАЗРАБОТАН:

ООО Научно-технический центр «Электроинжиниринг, Диагностика и Сервис» (ООО НТЦ «ЭДС») при участии ПАО «МРСК Центра».

2 ВНЕСЁН:

ПАО «МРСК Центра».

3 УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ

Распоряжением ПАО «Россети» от 12.04.2019 № 199р.

4 ВВЕДЁН ВПЕРВЫЕ.

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в ПАО «Россети» согласно контактам, указанным на официальном информационном ресурсе, или по электронной почте nto@rosseti.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

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ 4
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ 4
3 ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ 6
3.1 Термины и определения 6
3.2 Сокращения 9
4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 9
5 ЭКРАНИРОВАННЫЕ ТОКОПРОВОДЫ 11
5.1 Приемо-сдаточные испытания на заводе 11
5.2 Приемо-сдаточные и пусконаладочные испытания после монтажа 12
5.3 Диагностический контроль экранированных токопроводов в процессе эксплуатации 14
5.4 Измерение ЧР в изоляции экранированных токопроводов 15
5.5 Комплексное диагностическое обследование экранированных токопроводов 20
6 ТОКОПРОВОДЫ С ЛИТОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ 22
6.1 Приемо-сдаточные испытания 22
6.2 Приемо-сдаточные и пусконаладочные испытания после монтажа 23
6.3 Диагностический контроль токопроводов с литой изоляцией в процессе эксплуатации 24
6.4 Измерение ЧР в изоляции пофазно-изолированных токопроводов 26
6.5 Измерение ЧР в изоляции комплектных изолированных токопроводов 28
6.6 Комплексные диагностические обследования токопроводов с литой изоляцией 29
Приложение А Конструкции экранированных токопроводов 31
Приложение Б Конструкции токопроводов с литой изоляцией 35
Приложение В Методика проведения тепловизионного обследования экранированных токопроводов и токопроводов с литой изоляцией 39
Приложение Г Измерение характеристик ЧР электрическим методом 44
Приложение Д Измерение характеристик ЧР акустическим методом 48
Приложение Е Локация ЧР 52
Приложение Ж Рекомендуемые технические характеристики датчиков ЧР 54
Приложение З Рекомендуемые формы протоколов результатов измерений и обследований 62

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Настоящий стандарт распространяется на экранированные токопроводы и токопроводы с литой изоляцией напряжением 6-35 кВ и устанавливает требования к процедурам диагностирования и критериям оценки их технического состояния, которыми следует руководствоваться при вводе токопроводов в работу (в том числе после капитальных ремонтов) и в процессе их эксплуатации.

1.2 Стандарт разработан с учетом требований СТО 34.01-23.1-001-2017 «Объем и нормы испытаний электрооборудования» и отражает опыт испытаний токопроводов заводами-изготовителями, исследований и испытаний токопроводов с различными дефектами в лабораторных условиях, а также опыт диагностирования на действующих электроустановках.

1.3 Стандарт предназначен для инженерно-технического персонала, занимающегося эксплуатацией, наладкой, техническим диагностированием и ремонтом электрооборудования электрических сетей и электростанций.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем Стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 3242-79 Соединения сварные. Методы контроля качества

ГОСТ 24375-80 Радиосвязь. Термины и определения (с Изменением N 1)

ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод (с Изменением N 1)

ГОСТ 10434-82 Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования (с Изменениями N 1, 2, 3)

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

ГОСТ 9.302-88 (ИСО 1463-82, ИСО 2064-80, ИСО 2106-82) Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля (с Поправкой)

ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения

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

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

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

ГОСТ Р 55194-2012 Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Общие методы испытаний электрической прочности изоляции

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

ГОСТ Р 55724-2013 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые

ГОСТ 27.002-2015 Надёжность в технике (ССНТ). Термины и определения

ГОСТ 18322-2016 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения

СТО 34.01-23.1-001-2017 Объем и нормы испытаний электрооборудования

Правила устройства электроустановок. Седьмое издание

Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (утверждены Приказом Минэнерго России от 19.06.2003 № 229)

РД 153-34.0-20.363-99 Основные положения методики инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ

Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (с изменениями на 19 февраля 2016 года, утверждены Приказом Минтруда России от 24 июля 2013 года N 328н)

СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

Примечание. При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте в соответствии с ГОСТ 20911, ГОСТ 18322, ГОСТ 27.002 применяются следующие термины и определения, а также термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **автоматизированная система технического диагностирования (контроля технического состояния):** Система диагностирования (контроля), обеспечивающая проведение диагностирования с применением средств автоматизации и участием человека.

3.1.2 **измерение:** Совокупность операций по применению хранящего единицу величины технического средства, обеспечивающих нахождение соотношения измеряемой величины с ее единицей в явном или неявном виде и получение значения этой величины.

3.1.3 **импульс частичного разряда:** Импульс тока или напряжения, который появляется в результате частичных разрядов, возникающих внутри испытываемого объекта. Импульс измеряется с целью испытания, 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.

3.1.4 **испытание:** Техническая операция, заключающаяся в определении одной или нескольких характеристик данной продукции в соответствии с установленной процедурой.

3.1.5 **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.

3.1.6 **кажущийся заряд *q*:** Заряд, введение которого в течение очень короткого промежутка времени между выводами испытываемого объекта в установленной испытательной схеме, выдало бы то же самое показание (отсчет) на измерительном приборе, что и импульс тока частичного разряда непосредственно. Кажущийся заряд обычно выражается в пикокулонах (пКл).

Примечание. Кажущийся заряд количественно не равен заряду, который протекает в области разряда и не может быть измерен непосредственно.

3.1.7 **комплексное диагностическое обследование:** Комплекс мероприятий, проводимый по специальным программам для получения объективной и достоверной информации о техническом состоянии оборудования, его функциональных узлов и систем с целью определения его пригодности к эксплуатации по установленным НТД правилам, а также для разработки рекомендаций по рациональному ведению эксплуатации и ремонта оборудования.

3.1.8 **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.

3.1.9 **масштабный коэффициент *k*:** Коэффициент, на который должно быть умножено значение показания прибора, чтобы получить значение входной количественной величины.

3.1.10 **мониторинг:** Непрерывный контроль параметров объекта с применением автоматизированных систем, обеспечивающих сбор, хранение и обработку информации в режиме реального времени.

3.1.11 **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 транспортирования.

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.

3.1.12 **напряжение номинальное:** Напряжение, на которое спроектирована сеть или оборудование и к которому относят их рабочие характеристики.

3.1.13 **напряжение фазное:** Напряжение между фазным проводом и нейтралью.

3.1.14 **неисправное состояние:** Состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

3.1.15 **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.

3.1.16 **нормируемое значение частичного разряда:** Наибольшее значение любой количественной характеристики, относящейся к импульсам частичных разрядов, допустимое в испытываемом объекте при нормированном напряжении, поддерживаемых нормированных условиях и методике испытаний. Для испытаний переменным напряжением нормированное значение кажущегося заряда q является наибольшим неоднократно встречающимся значением частичного разряда.

Примечание. Значение любой количественной характеристики импульса частичного разряда может изменяться в последовательных циклах измерений, а также показывать общее увеличение или уменьшение со временем приложения напряжения. Следовательно, нормированное значение частичного разряда, методика испытаний, а также схема испытаний и оборудование должны быть соответственно определены соответствующими методиками.

3.1.17 **осмотр** (или **технический осмотр**) контроль технического состояния оборудования, осуществляемый в основном при помощи органов чувств (органолептический контроль).

3.1.18 **ошибка первого рода:** Ложный результат контроля, при котором исправный объект признан негодным.

3.1.19 **ошибка второго рода:** Ложный результат контроля, при котором неисправный объект признан годным.

3.1.20 **предельно допустимое значение параметра (предельное значение):** Наибольшее или наименьшее значение параметра, которое может иметь работоспособное электрооборудование.

3.1.21 **предельное состояние:** Состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

3.1.22 **работоспособное состояние:** Состояние объекта, при котором значения всех показателей, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствует требованиям нормативной технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

3.1.23 **срок службы:** Календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации объекта или ее возобновления после ремонта до его перехода в предельное состояние.

3.1.24 **тепловизионный 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).

3.1.25 **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.

3.1.26 **частичный разряд:** Электрический разряд, который шунтирует лишь часть изоляции между электродами, находящимися под разными потенциалами.

3.1.27 **частота следования импульсов *n*:** Отношение общего числа импульсов частичных разрядов, зарегистрированных в выбранном интервале времени, к продолжительности этого интервала времени.

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применяются следующие сокращения:

ВЛ - воздушная линия электропередачи
ВЧ - высокая частота
ВЧТТ - высокочастотный трансформатор тока
ЗРУ - закрытое распределительное устройство
ИУ - измерительное устройство
КДО - комплексное диагностическое обследование
НТД - нормативно-технический документ
НЧ - низкая частота
ОВЧ - очень высокая частота
ПС - подстанция
РУ - распределительное устройство
РЭ - руководство по эксплуатации
СНЧ - сверхнизкая частота
СЧ - средняя частота
ТКЛ - токопровод комплектный литой
ТПЛ - токопровод пофазно-изолированный литой
УВЧ - ультравысокая частота
ЧР - частичный разряд
TEV - Transient Earth Voltage - датчик наведенного напряжения

4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1 При техническом диагностировании экранированных токопроводов и токопроводов с литой изоляцией напряжением 6÷35 кВ следует руководствоваться настоящим Стандартом, действующими НТД, а также инструкциями изготовителей электрооборудования.

4.2 Технический контроль состояния токопроводов проводится на заводе изготовителе при приемочном контроле, после монтажа, после проведения капитальных ремонтов, в процессе эксплуатации и включает в себя:

- приемо-сдаточные испытания на заводе;
- приемо-сдаточные испытания оборудования и пусконаладочные испытания отдельных систем после монтажа и капитального ремонта;
- периодические эксплуатационные испытания,

а также, при необходимости (по решению технического руководителя субъекта электроэнергетики):

- мониторинг технического состояния;
- комплексные диагностические обследования (КДО).

4.3 Мониторинг технического состояния токопроводов с использованием автоматизированных систем диагностирования рекомендуется применять в исключительных случаях для обеспечения повышенной надежности передачи

электрической энергии. Такие системы должны отвечать установленным требованиям, а их внедрение быть экономически обоснованным.

4.4 Комплексные диагностические обследования (КДО) технического состояния токопроводов проводятся по решению субъекта электроэнергетики

а) для оборудования, выработавшего нормативный срок службы, в том числе, для обоснования продления срока дальнейшей эксплуатации;

б) для токопроводов, находящихся в эксплуатации, когда регламентные испытания не выявили причины и/или места технологических нарушений (например, периодических замыканий на землю, возникновения потенциала на экране, нехарактерный шум и др.);

в) с целью определения стратегии дальнейшей эксплуатации, объема и технологии проведения работ по капитальному ремонту, замены узлов или токопроводов в целом.

4.5 Объем КДО должен включать следующие процедуры:

- анализ конструкторской и эксплуатационной документации, в том числе актов выполненных (ремонтных) работ (ведомостей ремонтов), протоколов пуско-наладочных и эксплуатационных испытаний;
- визуальный осмотр;
- проведение измерений и испытаний;
- анализ полученных результатов и оценку технического состояния;
- разработку рекомендаций по дальнейшей эксплуатации (включая необходимый объем ремонтных работ).

Задачи и методы выполнения отдельных этапов КДО приведены в соответствующих разделах стандарта. При необходимости, для проведения КДО привлекаются специализированные организации, допущенные в установленном порядке к проведению технического диагностирования.

4.6 Объем и методы диагностического контроля зависят от конструкции токопроводов (Приложения А, Б).

4.7 Все работы по техническому диагностированию токопроводов должны выполняться квалифицированным персоналом в соответствии с действующими требованиями «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», «Правил по охране труда при работе на высоте» (в случае работы на высоте), а также СанПиН 2.2.4.3359 в том числе в части выполнения работ в магнитном поле промышленной частоты при диагностировании в режиме нагрузки пофазно-изолированных токопроводов с литой изоляцией.

5 ЭКРАНИРОВАННЫЕ ТОКОПРОВОДЫ

5.1 Приемо-сдаточные испытания на заводе

5.1.1 Объем приемо-сдаточных испытаний на заводе включает:

1) осмотр и проверку всех составных частей токопровода на соответствие требованиям рабочих чертежей;

2) выборочную проверку качества контактных болтовых соединений согласно требованиям ГОСТ 10434;

3) оценку качества гальванических покрытий по ГОСТ 9.302;

4) визуальный контроль качества лакокрасочных покрытий;

5) испытание электрической прочности изоляции по ГОСТ Р 55194 и ГОСТ Р 55195 полным грозовым импульсом положительной и отрицательной полярностей и одноминутным переменным напряжением (таблица 5.1);

6) проверку качества сварных соединений по ГОСТ 3242;

7) проверку узлов изоляции оболочек;

8) проверку маркировки, консервации и упаковки;

9) проверку комплектности, согласно техническим условиям.

5.1.2 Качество сварных соединений должно проверяться следующим образом:

- все швы контролируются наружным осмотром и измерениями на соответствие требованиям ГОСТ 3242 и другим НД;

- не менее 10% швов шин и 5 % швов оболочек пофазно-экранированных токопроводов - ультразвуковой дефектоскопией по ГОСТ Р 55724 или просвечиванию проникающими излучениями по ГОСТ 7512.

5.1.3 Проверка узлов изоляции оболочек осуществляется осмотром 100% узлов и измерением электрического сопротивления 10% узлов мегаомметром на напряжение 500 В.

Таблица 5.1 - Испытательные напряжения изоляции токопроводов, разработанных после 1 января 2014 г. (по ГОСТ Р 55195 и СТО 34.01-23.1-001)

Класс напряжения, кВ	Уровень изоляции[1]	Испытательное напряжении, кВ,		
		полного грозового импульса	одноминутное переменное (в сухом состоянии)	
			при изготовлении токопроводов, а также при вводе в эксплуатацию и в эксплуатации токопроводов с фарфоровой изоляцией	при вводе в эксплуатацию и в эксплуатации токопроводов с другой изоляцией
3	а	40	10	9
	б		20	18
6	а	60	20	18
	б		28	25,2
10	а	75	28	25,2
	б		38	34,2
15	а	95	38	38,0
	б		50	45,0

Окончание табл. 5.1

Класс напряжения, кВ	Уровень изоляции[1]	Испытательное напряжении, кВ,		
		полного грозового импульса	одноминутное переменное (в сухом состоянии)	
			при изготовлении токопроводов, а также при вводе в эксплуатацию и в эксплуатации токопроводов с фарфоровой изоляцией	при вводе в эксплуатацию и в эксплуатации[2] токопроводов с другой изоляцией
20	а	125	50	45,0
	б		65	58,5
24	а	150	60	54,0
	б		75	67,5
27	а	170	65	58,5
	б		80	72,0
35	а	190	80	72,0
	б		95	85,5

Примечание. 1. Уровень изоляции а – для токопроводов с литой изоляцией, разработанных с требованием проверки изоляции на отсутствие ЧР; б – для токопроводов, по согласованию между изготовителем и потребителем, а также разработанных без требования проверки изоляции на отсутствие ЧР (в том числе экранированных токопроводов).
2. Значения указаны для токопроводов до наступления нормативного срока эксплуатации

5.2 Приемо-сдаточные и пусконаладочные испытания после монтажа

5.2.1 В соответствии с требованиями ПУЭ, СТО 34.01-23.1-001, заводских инструкций, полностью смонтированные токопроводы должны быть подвергнуты испытаниям, которые включают с себя:

1) измерение сопротивления изоляции;

2) испытание изоляции одноминутным повышенным напряжением промышленной частоты 50 Гц;

3) проверку качества соединения шин и экранов (болтовых и сварных соединений);

4) проверку отсутствия короткозамкнутых контуров в экранах токопроводов;

5) проверку устройства искусственного охлаждения токопровода (только для токопроводов с принудительной циркуляцией воздуха).

5.2.2 Измерение сопротивления изоляции должно производиться мегаомметром на напряжение 2500 В. Отсчеты значений сопротивления изоляции производятся по истечению 1 мин с момента приложения напряжения. Сопротивление изоляции, измеренное при вводе токопровода в эксплуатацию, используется в качестве исходного для последующего контроля.

5.2.3 Испытание повышенным напряжением должно проводиться при отсоединении токопровода от выводов электрических машин (в том числе трансформаторов), а также трансформаторов напряжения. Изоляция экранированных токопроводов должна выдерживать одноминутное переменное напряжение, указанное в таблице 5.1, или в таблице 5.2.

Для токопроводов с общим для всех трех фаз экраном испытательное напряжение прикладывается поочередно к каждой фазе токопровода при остальных фазах, соединенных с заземленным кожухом.

Таблица 5.2 - Испытательные напряжения промышленной частоты токопроводов, разработанных до 1 января 2014 г. (по ГОСТ 1516.2, ГОСТ 1516.3 и СТО 34.01-23.1-001)

Класс напряжения, кВ	Одноминутное переменное испытательное напряжении, кВ, (в сухом состоянии)	
	при изготовлении токопроводов, а также при вводе в эксплуатацию и в эксплуатации токопроводов с фарфоровой изоляцией	при вводе в эксплуатацию и в эксплуатации токопроводов с другой изоляцией[2]
3	24,0	21,6
6	32,0	28,8
10	42,0	37,8
15	55,0	49,5
20	65,0	58,5
24	75,0	67,5
35	95,0	85,5

Примечание: 1. Если при изготовлении электрооборудование было испытано напряжением, отличающимся от указанного, испытательные напряжения при вводе в эксплуатацию и в эксплуатации должны быть соответственно скорректированы.
2. Значения указаны для токопроводов до наступления нормативного срока эксплуатации

5.2.4 Проверка качества выполнения болтовых и сварных соединений должна производиться в соответствии с требованиями инструкции изготовителя. Если монтаж токопровода осуществлялся в отсутствие заказчика или его полномочного представителя, производится выборочная разборка 1-2 болтовых соединений токопровода с целью проверки качества выполнения контактных соединений.

Проверка качества сварных соединений при монтаже токопроводов должна выполняться в соответствии с инструкцией по сварке алюминия или, при наличии соответствующей установки, методом рентгено- или гаммаскопии.

Швы сварных соединений шин и экранов должны отвечать следующим требованиям:

- не допускаются трещины, прожоги, незаваренные кратеры и непровары, составляющие более 10 % длины шва при глубине более 15 % толщины свариваемого металла;

- суммарное значение непровара, подрезов, газовых пор, окисных и вольфрамовых включений сварных шин и экранов из алюминия и его сплавов в каждом рассматриваемом сечении должно быть не более 15 % толщины свариваемого металла.

5.2.5 Проверка отсутствия короткозамкнутых контуров в экранах токопроводов заключается в контроле состояния изоляционных прокладок и производится у токопроводов, кожухи которых изолированы от опорных

металлоконструкций. Проверка целости изоляционных прокладок проводится визуально, а также (при конструктивной возможности) путем измерения сопротивления изоляции экрана относительно заземленной металлоконструкции или корпуса электрической машины. Измерения проводятся мегаомметром на напряжении 500 В. Значение сопротивления изоляции должно составлять не менее 10 кОм (если большие значения не установлены производителем).

5.2.6 Осмотр и проверка устройства искусственного охлаждения токопровода (при наличии) производится согласно инструкции завода-изготовителя.

5.3 Диагностический контроль экранированных токопроводов в процессе эксплуатации

5.3.1 После включения токопровода под нагрузку следует проводить тепловизионный контроль первый раз через 3 месяца, а далее, согласно требованиям СТО 34.01-23.1-001, не реже 1 раза в 3 года. При этом, до окончания гарантийного срока эксплуатации должно быть проведено не менее двух тепловизионных обследований при наибольшей возможной рабочей нагрузке токопровода.

5.3.2 Для проведения термографических измерений следует использовать тепловизоры, параметры которых указаны в Приложении В.

Измерение и обработку результатов следует проводить в соответствии с требованиями РД 153-34.0-20.363, а также рекомендациями Приложения В.

5.3.3 В процессе эксплуатации экранированных токопроводов при возникновении (как правило, периодических) замыканий на землю по решению субъекта электроэнергетики выполняется контроль частичных разрядов (ЧР). Измерение ЧР позволяет прогнозировать и/или выявлять место замыкания на землю в результате развития дефектов опорных изоляторов, вызванных трещинами, а также загрязнением и увлажнением их поверхности.

5.3.4 При отсутствии замыканий на землю и других фиксируемых дефектов изоляции токопроводов измерение ЧР рекомендуется выполнять после 15-20 лет эксплуатации, а далее с периодичностью 1 раз в 5 лет (по решению субъекта электроэнергетики). После 30 лет работы результаты измерения ЧР следует использовать как основание для продления срока эксплуатации экранированных токопроводов.

5.3.5 Для поиска развивающегося дефекта изоляторов допускается проводить испытание экранированных токопроводов повышенным напряжением промышленной частоты. Следует учитывать, что эти испытания являются разрушающим методом контроля. При пробое изолятора необходимо локализовать место дефекта и демонтировать поврежденный изолятор. Кроме того, испытание может спровоцировать развитие трещин, в том числе в изоляторах, имеющих начальную стадию развития дефектов. Ввиду отсутствия визуального контроля результатов испытаний, необходимо предусмотреть время на поиск разрушенного изолятора и его замену.

Условия проведения испытаний повышенным напряжением указаны в п.5.2.3.

5.4 Измерение ЧР в изоляции экранированных токопроводов

5.4.1 Измерение ЧР в экранированных токопроводах проводится методами акустической и/или индукционной (электромагнитной) локации (Приложение Г, Д, Е).

Локация электрических разрядов экранированных токопроводов проводится под рабочим напряжением в режиме нагрузки или холостого хода. Целесообразно при измерении использовать два независимых метода и, соответственно, два типа приборов для акустической и индукционной локации ЧР. Рекомендуется использовать измерительные элементы, параметры которых указаны в Приложении Ж.

Основным методом идентификации сигнала ЧР является акустический метод, индукционный метод является дополнительным. Использование двух независимых методов измерений позволяет избежать или, по крайней мере, значительно снизить вероятность ошибок первого и второго рода.

5.4.2 Ошибки интерпретации результатов измерений ЧР могут быть вызваны протяженностью токопроводов, проходящих вблизи различного электротехнического оборудования, возможными наводками и/или передачей сигналов от внешних источников электрических разрядов (например, разрядов в присоединенных трансформаторах, кабельных муфтах и отходящих кабелях и другое), вибрациями токопроводов (акустические сигналы) и другими факторами. Кроме того, возможна фиксация разрядов, вызванных нестабильным дефектом типа «плавающий потенциал».

5.4.3 Наиболее вероятными зонами развития дефектов изоляторов являются участки токопроводов, подверженные перепадам температур, а также повышенным механическим нагрузкам. Перепады температур имеют место, например, при проходе токопроводов извне внутрь помещений (ЗРУ, машинного зала). Повышенные механические нагрузки могут быть вызваны просадками фундаментов, нештатными деформациями при ошибках трассировки и т.п. Поэтому дополнительные механические усилия могут развиваться вблизи поворотов токопроводов (как в горизонтальной, так и вертикальной плоскостях). В указанных зонах (в ряде случаев, несмотря на их труднодоступность) следует наиболее тщательно выполнять контроль ЧР.

5.4.4 На уровень разрядной активности и, следовательно, проявление развивающихся дефектов изоляторов могут влиять внешние факторы. При увлажнении поверхности изоляторов, в том числе в зоне трещин, уровень ЧР выше. Поэтому, как правило, в период высокой влажности поиск дефектов оказывается более эффективным.

5.4.5 Предварительно, перед проведением измерений, рекомендуется выполнить эскиз трассы токопровода с указанием (цифрами) поясов изоляторов. Пример фрагмента трассы токопровода приведен на рисунке 5.1.

5.4.6 Акустический или индукционный датчик вручную или с помощью

удлинительной штанги (в труднодоступных местах) устанавливается в контрольных точках на экране токопровода вблизи обследуемого пояса изоляторов – рисунок 5.2. Для фиксации акустического датчика необходимо на рабочую поверхность датчика нанести смазку типа ЦИАТИМ (литол).

5.4.7 Сигналы с датчиков ЧР должны автоматически преобразовываться в цифровую форму и запоминаться при помощи измерительных приборов или других устройств.

5.4.8 Основным критерием наличия дефектов электрического характера в изоляции экранированных токопроводов являются результаты акустического обследования. При этом уровень амплитуды акустического сигнала, характеризующего наличие дефекта, должен быть не менее 30 мВ. На основании результатов измерений с помощью программного обеспечения должны быть получены и проанализированы спектральные характеристики сигналов.

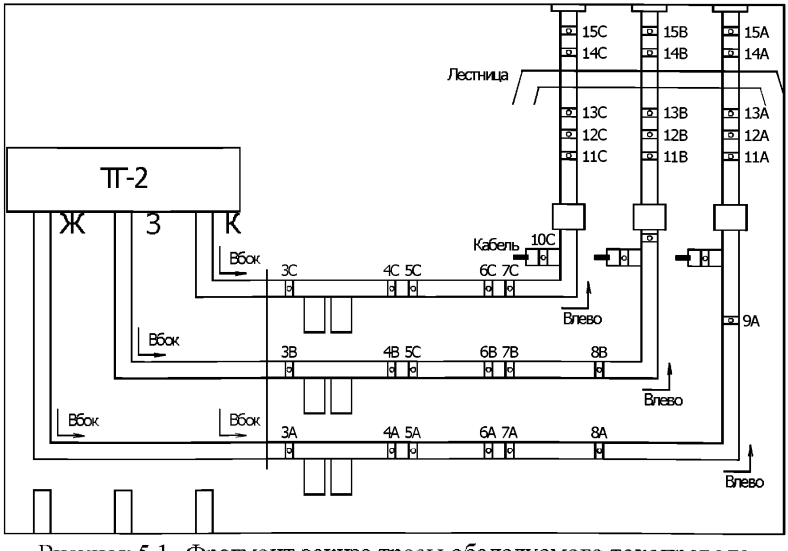


Рисунок 5.1- Фрагмент эскиза трасы обследуемого токопровода

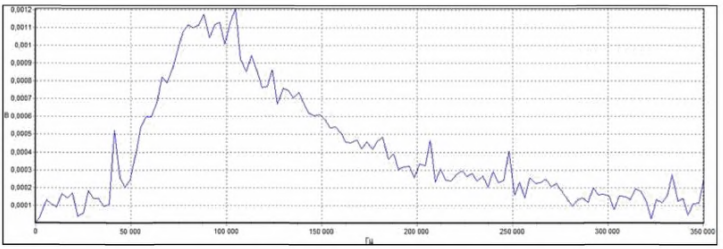
а)

б)

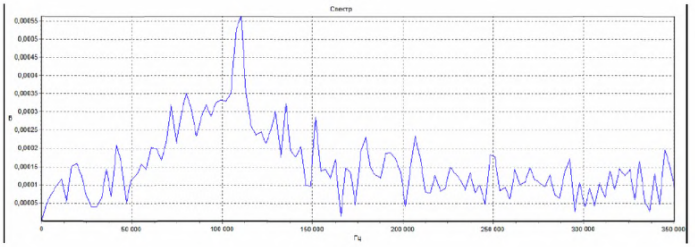
Рисунок 5.2 – Установка акустического (а) и электромагнитного датчика (б) на экране токопровода

5.4.9 Наличие дефекта электрического характера характеризуется преобладанием амплитуды сигнала в области частот от 70 до 140 кГц. Наличие явного дефекта должно подтверждаться регулярной повторяемостью акустического сигнала с периодичностью 100 Гц. На рисунках 5.3 и 5.4 приведены амплитудно-частотные характеристики сигналов разрядов (образы) наиболее характерных дефектов изоляторов токопроводов. Образы позволяют идентифицировать тип дефекта (а следовательно, и опасность): разряд по увлажненной (и/или загрязнённой поверхности), разряд по развивающейся сухой или увлажненной и загрязненной развивающейся трещине, а также развитые сухие или увлажненные (и загрязненные) трещины. На рисунках 5.4,а и 5.4,б приведены примеры амплитудно-частотных характеристик сигналов от разрядов в сухой развитой трещине изоляторов.

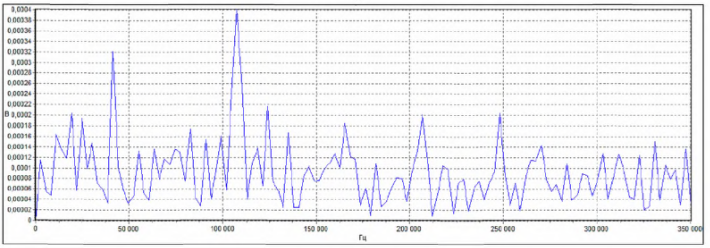
5.4.10 Наличие дефекта электрического характера может подтверждаться результатами измерений ЧР электромагнитным методом. Наличие дефекта подтверждается регулярностью сигнала каждые полпериода промышленной частоты с характерной амплитудно-фазовой характеристикой (рисунок 5.5), полученной, например, с помощью программ обработки сигнала.



а)



б)



в)

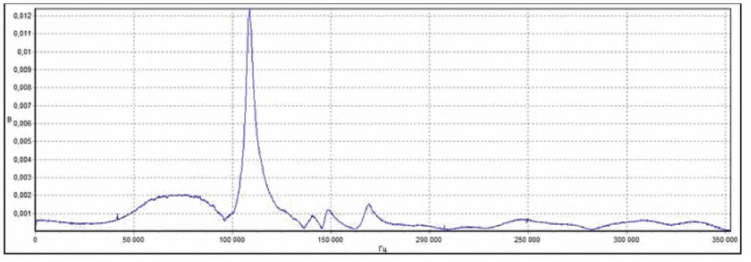
Рисунок 5.3 - Характерные амплитудно-частотные характеристики (образы) акустических сигналов при развитии дефектов изоляторов, сопровождающиеся частичными разрядами:

а – ЧР по увлажненной и загрязненной поверхности;

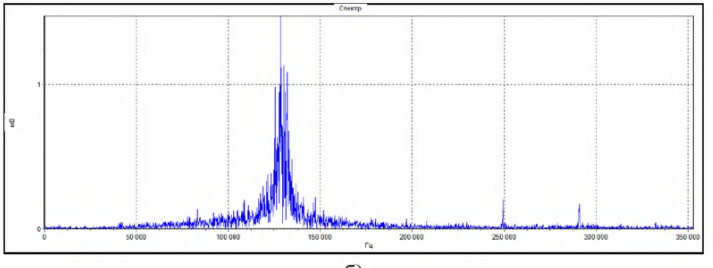
б – ЧР по развивающейся увлажненной (загрязненной) трещине;

в – ЧР по развивающейся сухой трещине

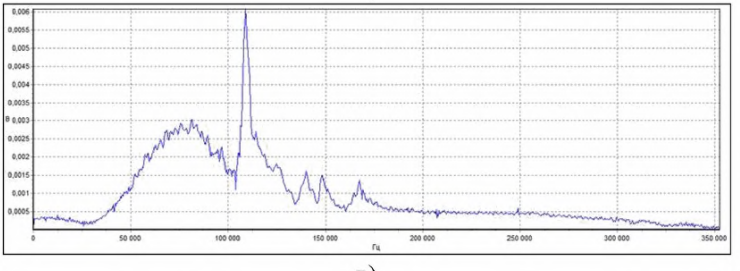
5.4.11 Для определения возможных дефектов в труднодоступных местах экранированных токопроводов оправдано применение электромагнитных сканеров с направленной антенной (Приложение Ж). Наличие разрядных явлений фиксируется по амплитудно-фазовой характеристике при устойчивой повторяемости сигналов каждые полпериода промышленной частоты (рисунок 5.6), при этом следует учесть, что уровень фиксируемого сигнала зависит от расстояния до исследуемого объекта.



а)



б)



в)

Рисунок 5.4 – Характерные амплитудно-частотные характеристики (образы) акустических сигналов при развитии дефектов изоляторов:

а, б – ЧР по сухой трещине;

в – ЧР по развитой, увлажненной и загрязненной трещине

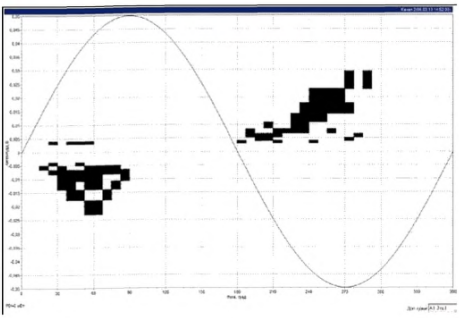


Рисунок 5.5 – Характерная амплитудно-фазовая характеристика ЧР при наличии трещины в изоляторе экранированного токопровода (кривая напряжения промышленной частоты получена от независимого источника 50 Гц)

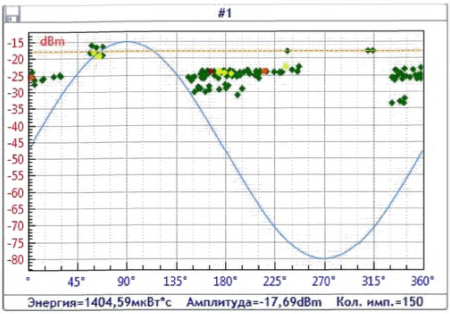


Рисунок 5.6 – Амплитудно-фазовая характеристика ЧР, фиксируемых при развитии дефекта электромагнитным сканером с направленной антенной

5.5 Комплексное диагностическое обследование экранированных токопроводов

5.5.1 КДО экранированных токопроводов выполняется в соответствии с требованиями и в объеме, установленными в п.4.4 и 4.5 настоящего стандарта.

5.5.2 При анализе конструкторской документации завода-изготовителя следует обратить внимание на места установки закороток экранов (пофазно-экранированных токопроводов), исполнение компенсаторов температурных деформаций оболочек, наличие или отсутствие изоляционных прокладок опорных конструкций и секций экранов, места установки заземления оболочек, цвет окраски экранов, особенности трассировки токопровода.

5.5.3 Перед выполнением испытаний и измерений необходимо провести анализ результатов контрольных и эксплуатационных испытаний, а также информации об обнаруженных устраненных и неустраненных дефектах, а также об объеме работ по ремонтам.

5.5.4 Осмотр токопровода должен включать:

- проверку установленных производителем требований, в том числе к цвету окраски экранов (оболочек) токопроводов в наружных установках, а также к состоянию окраски экранов;

- проверку отсутствия повреждений экранов, сварных швов и компенсаторов температурных деформаций;

- проверку наличия и состояния штатных закороток экранов пофазно-экранированных токопроводов;

- проверку штатных точек заземления и отсутствия непредусмотренных документацией точек заземлений экранов;

- проверку состояния изоляционных прокладок (при их наличии) узлов крепления оболочек и межсекционной изоляции (согласно требованиям заводской и конструкторской документации).

5.5.5 Тепловизионное обследование токопровода выполняется в объеме, указанном в приложении В. Измерения следует проводить в режиме наибольших рабочих нагрузок.

5.5.6 Измерение ЧР должно производиться согласно указаниям п.5.4 настоящего стандарта в режиме нагрузки или холостого хода (под рабочим напряжением).

5.5.7 Измерение сопротивления изоляции экрана токопровода относительно опорной металлоконструкции (согласно требованиям п.5.2.5) допускается проводить в любом режиме работы.

5.5.8 Измерение сопротивления основной изоляции токопровода (согласно указаниям п. 5.2.2) должно проводиться на выведенном из работы оборудовании путем отсоединения токопровода от оборудования, которое влияет на результаты испытания (электрических машин, кабелей, измерительных трансформаторов напряжения). Поэтому решение о проведении измерений сопротивления основной изоляции должно учитывать техническую возможность оперативного выполнения отсоединения указанного оборудования. Полученные значения измеренного сопротивления необходимо сопоставить с соответствующими значениями, полученными при контрольных испытаниях.

5.5.9 По решению субъекта электроэнергетики и по рекомендации специализированной организации, выполняющей КДО, могут быть проведены испытания токопровода повышенным напряжением (согласно указаниям п.5.2.3). При этом целесообразно проводить контроль ЧР акустическим, а в труднодоступных зонах - индукционным методом (в том числе, с использованием приборов с направленными антеннами). Учитывая протяженность токопроводов и ограниченность времени испытаний, контроль ЧР следует выполнять, прежде всего, в зонах изоляторов, наиболее подверженных развитию дефектов (п. 5.4.3), а также в поясах изоляторов, в которых по результатам измерения ЧР на рабочем напряжении прогнозируется развитие пробоя изоляции.

6 ТОКОПРОВОДЫ С ЛИТОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

6.1 Приемо-сдаточные испытания

6.1.1 Объем приемо-сдаточных испытаний на заводе включает:

1) осмотр и проверку всех составных частей токопровода на соответствие требованиям рабочих чертежей;

2) измерение сопротивления изоляции каждой секции;

3) измерение тангенса угла диэлектрических потерь и емкости (только секций ТПЛ);

4) испытание (проверка) электрической прочности изоляции каждой секции одноминутным испытательным напряжением промышленной частоты;

5) измерение ЧР в каждой секции.

Измерение изоляционных характеристик и ЧР следует проводить при температуре окружающего воздуха 20±5 °С.

6.1.2 Измерение сопротивления изоляции рекомендуется проводить мегаомметром на напряжение 2500 В (допускается проведение измерений мегаомметром на 1000 В). Отсчеты значений сопротивления изоляции производятся по истечении 1 мин с момента приложения напряжения.

Измерения проводятся для каждой шины секции токопровода ТПЛ относительно выравнивающего экрана (клеммы заземления секции токопровода). Измерение сопротивления изоляции муфт токопроводов ТПЛ проводится по решению изготовителя.

В токопроводах ТКЛ проводятся измерения сопротивления изоляции шины каждой фазы относительно корпуса, а также междуфазное сопротивления изоляции.

6.1.3 Значения сопротивлений изоляции должно быть не менее:

$$R_{\text{доп}} = KU_{\text{нб.раб}}, \qquad (6.1)$$

где K– параметр, равный 10 МОм/кВ (если большее значение не установлено изготовителем токопровода);

$U_{\text{нб.раб}}$ – наибольшее рабочее напряжение токопровода, кВ.

6.1.4 Измерения тангенса угла диэлектрических потерь tgδ изоляции выполнятся для каждой секции и муфты токопровода типа ТПЛ. Значение tgδ должно быть не более 0,7 %.

6.1.5 Наименьшие значения одноминутного испытательного напряжения промышленной частоты приведены в таблице 5.1 (уровень изоляции «а», если иное не согласовано изготовителем и потребителем). Испытывается каждая секция и муфта токопровода с литой изоляцией.

Для токопроводов с литой изоляцией, изготовленных до 1 января 2014, значения испытательных напряжений устанавливались согласно ГОСТ 1516.3 или технических условий изготовителя.

6.1.6 Измерение ЧР токопроводов с литой изоляцией проводится в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55191 для каждой секции. При этом испытательное напряжение подается от постороннего источника (испытательного трансформатора) в соответствии с таблицей 5.1.

Перед испытаниями необходимо выполнить градуировку измерительной схемы ЧР. Поверхность внешней изоляции испытуемых секций и муфт токопровода должна быть чистой и сухой (так как влага или загрязнение на изоляционных поверхностях могут вызывать различные разрядные явления).

Выбор методик для испытаний конкретных типов оборудования определяется техническим руководителем изготовителя. Эти методики должны определять процесс предварительный подготовки, выбор схемы испытаний, уровни испытательного напряжения и частоты, скорость повышения и снижения прикладываемого напряжения, последовательность и продолжительность приложения напряжения, связь испытания с измерением ЧР с другими диэлектрическими испытаниями.

Испытательное напряжение повышается плавно, от значения 0,5 номинального фазного напряжения до нормированного значения (табл. 5.1) с интервалами, позволяющими считывать показания измерительного прибора. После достижения нормированного значения и выдержки времени в течение 1 минуты напряжение должно быть плавно снижено до нуля. На ступенях испытательного напряжения, равных $1{,}05U_{\text{ф}}$ и $1{,}5U_{\text{ф}}$, уровень ЧР не должен превышать 5 и 10 пКл соответственно.

6.2 Приемо-сдаточные и пусконаладочные испытания после монтажа

6.2.1 Монтаж токопроводов с литой изоляцией ТПЛ и ТКЛ (Приложение Б) должен проводиться в соответствии с инструкциями по монтажу специализированными организациями или соответствующими службами заводов-изготовителей под руководством и контроле шеф-инженера. Эти требования должны выполняться и при капитальных ремонтах (при замене секции токопровода в случае развития дефектов или повреждения, а также реконструкции электроустановки и изменении трассы токопровода).

6.2.2 Полностью смонтированные токопроводы с литой изоляцией испытываются в следующем объеме:

1) измерение сопротивления изоляции;

2) проверка качества соединения шин, а также измерение сопротивления постоянному току контактных соединений токопроводов типа ТКЛ (до заливки этих соединений эпоксидной смолой);

3) проверка изоляционных расстояний между гибкими связями (компенсаторами) и разъемными кожухами в узлах подсоединения токопровода к электротехническому оборудованию;

4) испытание повышенным напряжением.

Кроме того, у токопроводов типа ТПЛ выполняется проверка установки заземлений всех секций шин и соединительных муфт, а типа ТКЛ – экранов.

6.2.3 Измерение сопротивления изоляции должно производиться при отсоединенных от токопровода всех электрических машин, коммутационных

аппаратов, измерительных трансформаторов и ограничителей перенапряжения. Измерение сопротивления изоляции проводится согласно требованиям п.6.1.2. Значения сопротивлений изоляции фаз токопроводов типа ТПЛ, а также симметричных участков изоляции токопроводов ТКЛ не должны отличаться более чем в 2 раза. Данные замеров сопротивлений используются в качестве исходных при последующих измерениях в процессе эксплуатации.

6.2.4 Проверка качества выполнения болтовых соединений производится в соответствии с требованиями инструкции изготовителя. Если монтаж токопровода ТПЛ осуществлялся в отсутствие заказчика или его полномочного представителя производится выборочная разборка 1-2 болтовых соединений токопровода с целью проверки качества их выполнения.

6.2.5 У токопроводов типа ТКЛ производятся измерения сопротивления постоянному току каждого болтового контактного соединения до его заливки эпоксидной смолой. Требуемые значения переходного сопротивления устанавливаются изготовителем токопровода с учетом материала и площади контактного соединения, а также температуры контакта (принимаемого равным температуре воздуха).

6.2.6 Испытания смонтированного токопровода повышенным напряжением проводятся при отсоединенных от токопровода генератора, всех силовых и измерительных трансформаторов, шкафов комплектных РУ, разъединителей и ограничителей перенапряжения.

Изоляция токопровода должна выдерживать в течение 1 мин без пробоя или перекрытия испытательное напряжение промышленной частоты, указанное в таблице 5.1 (столбец 4). Если токопровод изготовлен до 01.01.2014 г., следует проводить испытания при напряжении, равном 0,9 испытательного напряжения приемо-сдаточных испытаний изготовителя.

Если емкость токопровода не позволяет выполнить испытания переменным напряжением 50 Гц, согласно СТО 34.01-23.01-001 испытания следует проводить в течение 1 мин выпрямленным напряжением, равным полуторакратному значению испытательного напряжения промышленной частоты. Допускается проведение испытаний повышенным напряжением СНЧ в соответствии с указаниями изготовителя токопровода.

6.3 Диагностический контроль токопроводов с литой изоляцией в процессе эксплуатации

6.3.1 Диагностический контроль в процессе эксплуатации проводится в рамках периодического технического обслуживания и включает проведение следующих мероприятий:

- технических осмотров;
- тепловизионного контроля;
- измерений ЧР в изоляции.

В случае обнаружения замыканий на землю или других явно-выраженных дефектов, а также при проведении капитального ремонта, рекомендуется дополнить перечень мероприятий следующими испытаниями:

- измерением сопротивления изоляции;

- повышенным напряжением.

6.3.2 Технические осмотры токопровода во время эксплуатации проводятся без отключения с периодичностью, рекомендованной производителем или исходя из опыта эксплуатации. Первый осмотр следует выполнять через 3 месяца работы токопровода под нагрузкой, а далее рекомендуется проводить не реже 1 раза в год.

Технические осмотры включают проверку целостности схемы заземления, отсутствия внешних повреждений элементов токопровода, степени загрязнения поверхности токопровода, отсутствия шумовых нехарактерных явлений.

Результаты осмотров оформляются в журнале, замечания фиксируются с указанием объема необходимых корректирующих мероприятий, сроков и ответственных исполнителей.

Примечание. При загрязнении поверхности токопровода (прежде всего, не имеющего защитного экрана) следует выполнять чистку токопровода. Чистка проводится при полностью снятом напряжении мыльным раствором, который наносится на поверхность поролоновой губкой или другим методом в соответствии с РЭ.

6.3.3. В токопроводах типа ТПЛ следует выполнять контроль разборных болтовых контактных соединений, который выполняется первый раз в течении 3 месяцев эксплуатации в случае обнаружения дефектов по результатам тепловизионного обследования, а далее 1 раз в 15 лет (если иной интервал не установлен изготовителем токопровода). Внеочередной контроль выполняется по результатам тепловизионного обследования при обнаружении локальных нагревов в зоне контактных соединений.

Контроль болтовых соединений проводится визуально при полностью снятом напряжении, в период плановых отключений токопровода. Особое внимание при осмотре следует обращать на непрерывность рисок, нанесенных на крепеже. Все выявленные отклонения должны устраняться затяжкой болтовых соединений индикаторным (манометрическим) ключом в соответствии с указаниями в РЭ.

При повторной разборке и последующей сборке соединений, где использованы одноразовые контактные шайбы (например, типа «pfisterer»), последние необходимо заменить.

6.3.4. При разборке и последующей сборке какого-либо узла токопровода, в том числе вскрытии муфты, необходимо провести испытания в объеме п.6.2.

6.3.5 Тепловизионный контроль (Приложение В) проводится для проверки отсутствия местных перегревов на локальных участках токопровода (контактных соединениях соединительных муфт, заземлении) путем измерения абсолютной температуры нагрева и/или сравнения измеренных температур по фазам токопровода (одинаковых участков токопровода).

При проведении обследования допустимая температура нагрева наружной поверхности токопровода в рабочем режиме (при номинальном токе) не более +70°С.

Тепловизионный контроль производится первый раз через 3 месяца после ввода в эксплуатацию, далее не реже 1 раза в 3 года. При этом до

окончания гарантийного срока эксплуатации должно быть проведено не менее двух тепловизионных обследований при наибольшей возможной рабочей нагрузке токопровода.

Результаты контроля оформляются соответствующим протоколом обследования с указанием мест локализованных дефектов, температуры нагрева, избыточной температуры нагрева, температурными профилями и другим графическим материалом, оценкой технического состояния.

6.3.6 Измерение характеристик ЧР в изоляции токопроводов проводится для выявления и локализации возможных как внутренних, так и внешних дефектов изоляции, сопровождающихся разрядными явлениями, развитие которых приводит к пробою изоляции и замыканию (в соответствии с п.6.4 и 6.5).

Измерение ЧР производится по решению технического руководителя предприятия. Рекомендуется следующая периодичность:

- первый раз в течении 1-2 лет с начала эксплуатации, но не позднее завершения гарантийного срока эксплуатации,
- через 15 и 30 лет эксплуатации;
- далее через 5 лет (при продлении срока эксплуатации).

Измерение ЧР рекомендуется проводить после капитальных ремонтов с заменой участка токопровода (секции) в период гарантийного срока. По рекомендации завода-изготовителя для конкретного типа токопровода периодичность обследований может быть сокращена.

Результаты измерений ЧР оформляются соответствующим протоколом обследования с указанием способа (методики) измерения, мест локализованных дефектов, их типа и оценки степени опасности.

6.3.7 Проведение электрических испытаний после проведения капитальных ремонтов следует выполнять в соответствии с указаниями раздела 6.2. При этом испытательные одноминутные напряжения следует принимать равными значениям, указанным в табл. 5.1 (столбец 5) для токопроводов, изготовленных после 01.01.2014 г, и не более 0,9 напряжения испытаний на заводе-изготовителе – для других.

Для токопроводов со сроком эксплуатации более 15 лет испытательные напряжения допускается принимать меньше указанных значений, если это указано в РЭ.

6.4 Измерение ЧР в изоляции пофазно-изолированных токопроводов

6.4.1 Измерение ЧР в изоляции пофазно-изолированных токопроводов проводится электрическим методом (приложение Г) с использованием в качестве измерительных элементов датчиков токовой составляющей ЧР типа ВЧТТ.

В качестве дополнительного метода, для локализации места дефекта, может использоваться акустический метод (приложение Д).

6.4.2 Измерение электрических разрядов в токопроводах проводится на рабочем напряжении в режиме нагрузки или холостого хода. При проведении

измерений рекомендуется использовать измерительные элементы, технические характеристики которых указаны в Приложении Ж.

6.4.3 Контроль и обеспечение качества на этапах проектирования и изготовления, а также изоляционные материалы и технология, использующиеся при производстве токопроводов, позволяют выполнить изоляцию с уровнем ЧР (при испытаниях повышенным напряжением) менее 5 пКл. Таким образом, на рабочем напряжении, в исправной изоляции дефекты, сопровождающиеся ЧР, должны отсутствовать.

Появление в эксплуатации ЧР и уверенная фиксация их значений на уровне чувствительности диагностических методов (таблица Ж.6) является критерием наличия дефектов изоляции. Несмотря на малые значения (сотни пКл), ЧР длительно развиваются вдоль трещин, выравнивающих обкладок (токопроводов ТПЛ) и, накапливая достаточный заряд, постепенно пробивают изоляционные промежутки.

6.4.4 Кроме ЧР в изоляции, в конструктивных элементах токопровода могут развиваться дефекты, сопровождающиеся искровыми (дуговыми) разрядами, например, дефекты болтовых и сварных контактных соединений шин, цепей заземления и др.

Уровень этих разрядных явлений значительно выше уровня ЧР, поэтому они уверенно локализуются с использованием датчиков ЧР (Приложение Ж) и реализацией амплитудно-временной селекции импульсов в применяемых индикаторах и приборах.

6.4.5 При фиксации уровня электрического сигнала выше значений, приведенных в таблице Ж.6, необходимо удостовериться, что источником электроразрядной активности является дефект непосредственно самой изоляции или контактного соединения токопровода, а не электромагнитная помеха от других источников (ЧР в изоляции соседнего оборудования, искровые разряды в контактах коммутационных аппаратов и др.).

Для исключения влияния электромагнитных помех рекомендуется размещать датчики ЧР в начале и конце токопровода (в цепи заземления первой и последней секции), проводить измерения ЧР на холостом ходу, выполнять эти измерения при возможности дважды: при питании (подачи напряжения) с разных концов токопровода, провести предварительный контроль ЧР в прилегающем оборудовании.

В случае уверенной фиксации разрядной активности необходимо локализовать место дефекта методом акустической или электромагнитной локации (Приложение Ж).

6.4.6. При обнаружении ЧР в изоляции токопровода или других разрядов в токоведущих узлах ТПЛ в период гарантийного обслуживания следует принять все меры по устранению дефекта, вплоть до замены дефектных секций и муфт.

6.4.7. При обнаружении разрядных явлений в процессе эксплуатации необходимо локализовать и идентифицировать дефект. Разряды в контактных соединениях шин и контуре заземления должны быть устранены путем ревизии контактных соединений или плановой замены секций или муфт токопровода.

Обнаруженные ЧР в изоляции должны регулярно контролироваться не реже 1 раза в год. При росте уровня ЧР на рабочем напряжении в 1,5-2 раза дефектная секция должна быть планово заменена. Изготовление и замена дефектной секции или муфты должны проводиться изготовителем или его представителем. Если ЧР приводят к замыканию на землю, дефектная секция должна быть заменена в кратчайшие сроки.

6.5 Измерение ЧР в изоляции комплектных изолированных токопроводов

6.5.1 Измерение ЧР в изоляции комплектных изолированных токопроводов выполняется с учетом конструктивных особенностей, вызванных отсутствием выравнивающих обкладок и соответствующих заземлений. Поэтому, для контроля ЧР следует использовать электрический метод с фиксацией общего уровня ЧР в местах заземления защитного экрана (при наличии) в соответствии с указаниями пп. 6.4.1-6.4.5.

В случае обнаружения сигнала ЧР выше значений, приведенных в таблице Ж.6, необходимо локализовать дефект, применив датчик наведенного напряжения TEV (Transient Earth Voltage), путем измерения наведенного электромагнитного импульса от ЧР на поверхности заземленных металлических экранов.

6.5.2 Допускается применение комбинированных измерительных элементов с использованием совмещенного (емкостного датчика наведенного напряжения и индукционного ВЧТТ) датчика.

6.5.3 Для измерения ЧР датчиками наведенного напряжения используются ВЧ и ОВЧ диапазоны частот (от 3 до 100 МГц).

6.5.4 При измерениях разрядной активности на ТКЛ особое внимание следует уделять зонам контактных соединений секций, которые заливаются эпоксидным компаундом при монтаже токопровода (Приложение Б). При отсутствии защитного металлического кожуха токопровода контроль, искровых разрядов в контактах, а также ЧР в изоляции может выполняться с помощью акустического направленного микрофона (Приложение Ж) и СВЧ антенны (Приложение Е). Допускается также проводить контроль ЧР и искровых разрядов акустическим методом с использованием контактных датчиков. Однако в этом случае, во избежание опасности наведенного потенциала на изоляционной поверхности токопровода, необходимо использовать только датчики, имеющие беспроводный канал связи с прибором. Установка датчика с радиоканалом на поверхность токопровода производится с помощью изолирующей штанги.

6.5.5. В случае обнаружения проблемных зон с предполагаемыми источниками искровых разрядов в контактных соединениях, а также ЧР в изоляции ТКЛ, закрытых металлическим экраном, рекомендуется отключить токопроводов и демонтировать защитный кожух. Далее включить токопровод под нагрузку и локализовать место дефекта с использованием беспроводных датчиков в соответствии с указаниями п. 6.5.4. При локализации ЧР в изоляции

достаточно выполнять контроль только под напряжением (без нагрузки). После выполнение обследования токопровод следует вывести из работы. Далее следует восстановить демонтированный кожух (если уровень дефектов, согласно указаниям п. 6.5.8 не требует выполнения ремонтных работ в ближайшее время). Все работы по демонтажу и монтажу кожуха допускается выполнять только сервисным службам изготовителя токопровода или специализированным монтажным организациям.

6.5.6. При обнаружении и локализации ЧР в изоляции токопровода или искровых разрядов в контактах шин ТКЛ в период гарантийного обслуживания следует обратиться к сервисной службе изготовителя для устранения дефекта в кратчайшие сроки.

6.5.7. При обнаружении разрядных явлений в процессе эксплуатации необходимо по возможности локализовать и идентифицировать дефект. Выявленные дефекты в контактных соединениях шин должны коррелироваться с результатами тепловизионного контроля (Приложение В) и контролироваться по уровню локального перегрева в зоне контакта.

6.5.8. Обнаруженные ЧР в изоляции или повышеные нагревы в контактной системе необходимо регулярно контролировать, не реже 1 раза в год. При росте уровня ЧР на рабочем напряжении в два и более раза следует обратиться в сервисную службу изготовителя для принятия решения о ремонте токопровода. Если ЧР приводят к замыканию на землю или уровень нагрева контактной зоны превышает установленные в Приложении В значения, ремонт токопровода должен быть выполнен в кратчайшие сроки.

6.6 Комплексные диагностические обследования токопроводов с литой изоляцией

6.6.1. ДО токопроводов с литой изоляцией выполняется в соответствии с требованиями и в объеме, установленными в п.4.4 и 4.5 настоящего стандарта.

6.6.2. При анализе конструкторской документации завода-изготовителя следует обратить внимание на наличие защитных экранов, мест их установки, материал, из которого они изготовлены, на особенности трассировки токопровода и на оборудование, подключенное к токопроводу.

6.6.3. Необходимо выполнить анализ результатов пусконаладочных и эксплуатационных испытаний, режимов работы токопровода (уровень рабочего напряжения, нагрузки, зафиксированные перенапряжения, наличие и продолжительность работы сети при однофазном замыкании на землю) и изучить документацию по проведению текущих и капитальных ремонтов.

6.6.4. Осмотр токопровода без вывода из работы проводится в объеме указанном в п. 6.3.3.

6.6.5. Тепловизионное обследование токопровода выполняется в объеме, указанном в приложении В. Измерения следует проводить в режиме наибольших рабочих нагрузок.

6.6.6. Измерение ЧР согласно указаниям разделов 6.4 и 6.5 настоящего стандарта необходимо проводить в режиме нагрузки или холостого хода (под рабочим напряжением).

6.6.7. По решению субъекта электроэнергетики и по рекомендации специализированной организации, выполняющей КДО, осмотры и испытания могут проводиться на отключенном токопроводе в следующем объеме:

- измерение сопротивления изоляции в соответствии с указаниями пп. 6.1.2 и 6.2.3 с последующим сопоставлением с результатами измерений, полученными при пусконаладочных испытаниях;

- выборочный (по результатам тепловизионного контроля) или полный осмотр контактных соединений токопроводов ТПЛ согласно указаниям п. 6.3.3;

- испытания повышенным напряжением согласно указаниям п. 6.2.6.

Испытания токопроводов повышенным напряжением являются разрушающим методом контроля, провоцирующим развитие электрических дефектов изоляции. Поэтому решение о проведении таких испытаний должно быть технически обосновано с учетом срока эксплуатации и уровня старения изоляции. Для токопроводов с литой изоляцией, срок эксплуатации которых составляет более 25 лет, испытания повышенным напряжением проводить не рекомендуется.

Приложение А
Конструкции экранированных токопроводов

А.1 Экранированные (закрытые) токопроводы с воздушной изоляцией производятся различными заводами со схожими характеристиками и конструктивом. Токопроводы выполняются пофазно-экранированными (например, генераторные токопроводы) и с общим экраном (оболочкой, кожухом) для трех фаз. Токопроводы используются в сетях напряжением 6-35 кВ, то есть в сетях с изолированной нейтралью. Токоведущие системы напряжением до 1 кВ (шинопроводы) в настоящем стандарте не рассматриваются.

А.2 Экраны токопроводов, как правило, изготавливают из технического алюминия, шины – из электротехнических алюминиевых сплавов. Шины закреплены на опорных изоляторах. Проводники (шины и экраны) генераторных и некоторых других токопроводов, как правило, имеют кольцевое сечение, но могут иметь и другие формы сечений. Для увеличения теплоотдачи излучением внешняя поверхность шин, а также внутренняя и внешняя поверхность экранов токопроводов окрашиваются, причем цвет краски внешней поверхности экрана (белый или светло-серый) обеспечивает наименьшее поглощения тепла от солнечной радиации в наружных электроустановках.

Экраны (оболочки) токопроводов защищают токоведущие шины от внешних воздействий, а наведенные в них токи снижают уровень напряженности магнитного поля токопроводов. Конструкция токопроводов обеспечивает высокую надежность передачи электроэнергии, а при использовании пофазного экранирования практически полностью исключает возникновение коротких замыканий.

А.3 Все соединения токоведущих шин, а также экраны современных токопроводов выполняют сварными. Конструкция токопроводов и установленные на шинах и экранах компенсаторы обеспечивает компенсацию температурных деформаций, а также вертикальных смещений (обусловленных, например, осадкой фундаментов) в пределах до ± 50 мм.

А.4 Токопроводы комплектные пофазно-экранированные напряжением 10, 20, 24, 35 кВ типа ТЭНЕ и ТЗЭНП (рисунок А.1) на номинальные токи от 1600 до 33000 А предназначены для электрических соединений в цепях 3-фазного переменного тока частотой 50 Гц на электрических станциях генераторов мощностью до 1500 МВт с силовыми повышающими трансформаторами, трансформаторами собственных нужд, преобразовательными трансформаторами и трансформаторами тиристорного возбуждения генераторов. В редких случаях применяются на ПС.

Экраны современных пофазно-экранированных токопроводов выполняют непрерывными, электрически соединенными у генератора и трансформатора и заземленными в одной точке (рисунок А.2,а). В этом случае в экранах наводится ток равный и противоположно направленный току в шине,

поэтому напряженность магнитного поля токопровода вне экранов практически равна нулю. Таким образом, обеспечивается высокая электродинамическая стойкость токопроводов, полная электромагнитная безопасность для персонала и отсутствие воздействия магнитных полей на оборудование, в том числе на устройства автоматики и защиты.

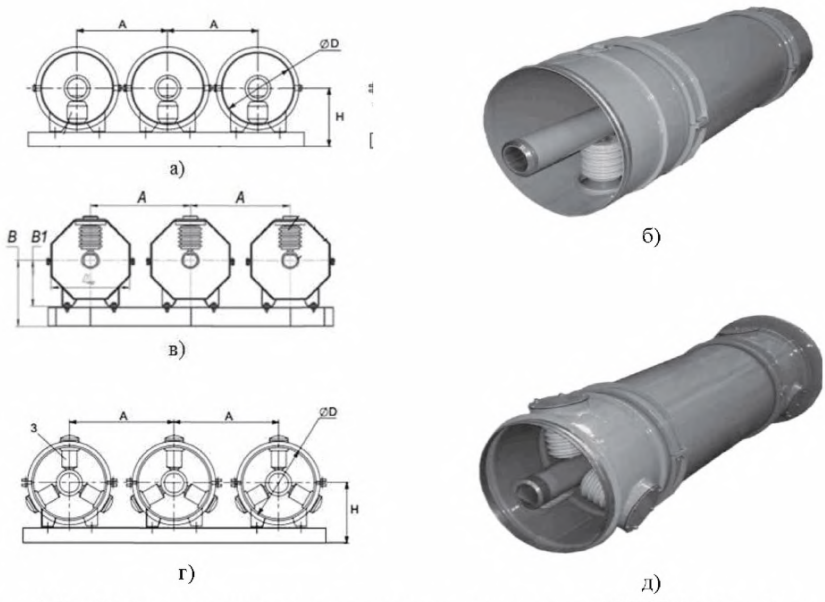
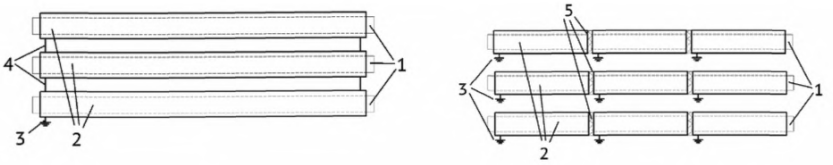


Рисунок А.1 – Пофазно-экранированные токопроводы типа ТЭНЕ (а, б, г, д) и ТЭЭМП (в) на напряжение: 6, 10 кВ (а, б, в) и 20, 24, 35 кВ (г, д).

Токопроводы, изготовленные в период до 1980 года, имеют секционированные («разомкнутые») экраны. Секции экранов (длиной, как правило, до 8 м) изолированы друг от друга и заземлены в одной точке (рисунок А.2,б). Такие токопроводы имеют меньшие потери, а, следовательно, и меньшее тепловыделение по сравнению с токопроводами с непрерывными экранами при одинаковых размерах и материалах проводников. Основные недостатки токопроводов с «разомкнутыми» экранами: экранирование (снижение напряженности) магнитного поля шин только на 40-60 % и наличие резиновых (в настоящее время, заменяемых силиконовыми) изоляционных уплотнений между секциями экранов.

А.5 Токопроводы закрытые типа ТЗК и ТЗКР (рисунок А.3) напряжением 6 и 10 кВ на номинальные токи до 4000 А применяются на электростанциях и ПС для электрического соединения трансформаторов со шкафами комплектных РУ, реже генераторов с повышающими трансформаторами.



а) б)

Рисунок А.2 - Токопроводы с непрерывными (а) и секционированными (б) экранами: 1- шины, 2- экраны, 3 заземление, 4 – закоротки экранов

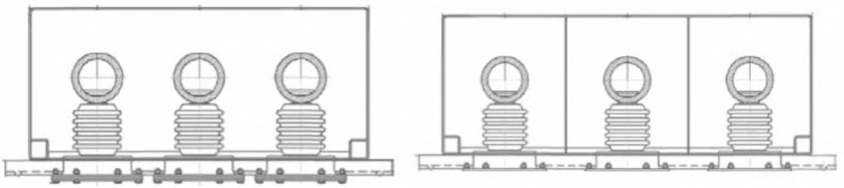
а) б)

Рисунок А.3 - Токопроводы закрытые ТЗК (а) и ТЗКР (б) на напряжение 6, 10 кВ

Шины токопроводов выполнены из алюминиевого профиля корытного (реже других форм) сечения. В токопроводах типа ТЗКР (рисунок А.3,б) для повышения надежности и снижения вероятности коротких (межфазных) замыканий установлены перегородки из изоляционного материала.

А.6 Токопроводы закрытые с прямоугольной формой кожуха типа ТЗП и ТЗПР (рисунок А.4) предназначены для выполнения электрического соединения трансформаторов с токоограничивающими реакторами и шкафами комплектных РУ электрических станций и ПС.

Токопроводы ТЗП и ТЗПР выпускают на напряжение 6-20 кВ, с номинальными токами 1250-4000 А. Токопроводы типа ТЗПР (рисунок А.4,б) имеют межфазные изоляционные перегородки.



а) б)

Рисунок А.4 - Токопроводы ТЗП (а) и ТЗПР (б) 6- 20 кВ

А.7 Токопроводы закрытые типа КЗШ (рисунок А.5) с общей для всех фаз металлической оболочкой прямоугольной формы предназначены для распределения электрической энергии на промышленных предприятиях, ПС и в системах собственных нужд электростанций.

Конструктивно они незначительно отличаются от токопроводов типа ТЗП. Обычно, в токопроводах КЗШ применяют шины прямоугольного сечения, либо шины, составленные из двух (редко трех) полос прямоугольного сечения, либо коробчатого и других сечений. Токопроводы данного типа выполняются на номинальное напряжение 6-10 кВ с номинальным током до 3200 А.

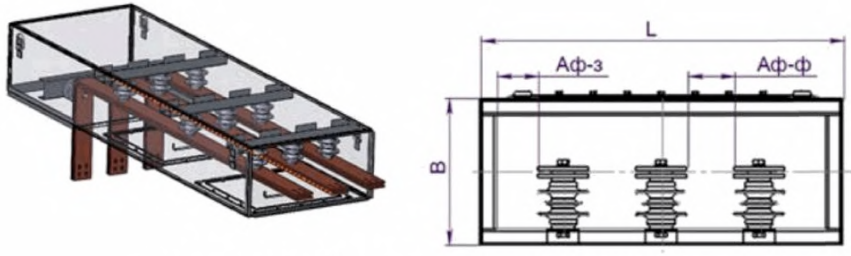


Рисунок А.5 - Токопровод типа КЗШ 6, 10 кВ

А.8 Охлаждение всех токопроводов (за исключением мощных генераторных) – естественное воздушное. Генераторные токопроводы типа ТЭНП для генераторов мощностью 500 МВт и более имеют принудительное воздушное охлаждение внутренней полости. Допустимые температуры нагрева в рабочих режимах и при коротких замыканиях элементов экранированных токопроводов приведены в таблице А.1

Таблица А.1 - Допустимые температуры нагрева элементов токопроводов

Элементы токопроводов	Режим работы	Допустимая температура, °С
Шины, компенсаторы и разборные контактные соединения, покрытые серебром	рабочий	105
Шины, компенсаторы и разборные контактные соединения из алюминиевых и медных сплавов	рабочий	90
Кожухи (экраны, оболочки) и токовые перемычки	рабочий	80
Поддерживающие и окружающие металлоконструкции	рабочий	40
Шины и экраны	короткое замыкание	200

Приложение Б
Конструкции токопроводов с литой изоляцией

Б.1 В наружных и внутренних электроустановках напряжением до 35 кВ применяют пофазно-изолированные литые токопроводы (ТПЛ) и комплектные литые токопроводы (ТКЛ).

Б.2. Токопроводы типа ТПЛ (рисунок Б.1) состоят из однофазных секций (прямых или с поворотами) длиной до 10 м, между которыми устанавливаются соединительные муфты. Токопроводы могут иметь защитные кожухи (обязательные в наружных установках), изготовленные из гофрированного полиамида, нержавеющей стали или алюминия.

а) б)

Рисунок Б.1- Токопроводы типа ТПЛ внутренней (а) и наружной (б) установки

Токопроводы ТПЛ предназначены для передачи, а при использовании Т-образных муфт, распределения электроэнергии (и, соответственно, выполняют функции токопроводов, а также при необходимости сборных шин РУ). Токопроводы имеют изоляцию на полное рабочее напряжение.

Б.3. Токоведущие шины 1 токопроводов ТПЛ (рисунок Б.2) выполнены из алюминиевых сплавов или меди кольцевого (труба) или круглого (пруток) поперечного сечения. На концах шины каждой секции токопровода предусмотрены контакты 5. Изоляция 3 секции токопроводов изготовлена из крепированной бумаги и эпоксидного компаунда. Для выравнивания потенциала внутри изоляции секций предусмотрены полупроводящие слои 2, а также слой заземления 4. Секции каждой фазы токопровода соединяются компенсаторами температурных деформаций 6 (рисунок Б.2,б), как правило, пластинчатого типа. Соединительные муфты в зависимости от класса напряжения могут иметь воздушную изоляцию без полупроводящих слоев (до 12 кВ) и с полупроводящими слоями. Выравнивающие обкладки каждой секции и муфты ТПЛ заземляются.

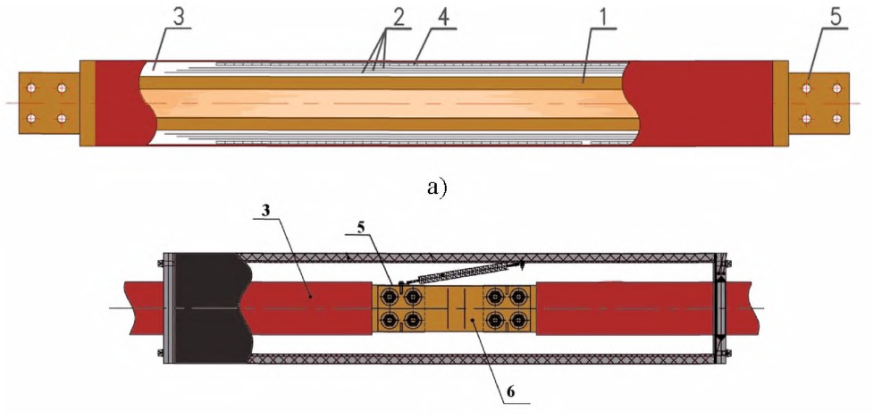


Рисунок Б.2 - Конструкции секции (а) и муфты (б) ТПЛ

Конструкция муфт позволяет проводить осмотр и контроль болтовых соединений и компенсаторов без демонтажа элементов токопровода.

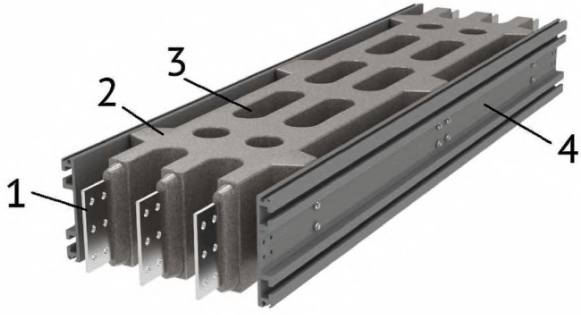
Токопроводы могут прокладываться под любыми углами к вертикальной и горизонтальной поверхности. Крепление секций к опорным элементам осуществляется специальными хомутами. Расстояние между фазами токопроводов ТПЛ устанавливается изготовителем с учетом электродинамической стойкости и нагрузочной способности токопровода.

В токопроводах (без металлического экрана) экранирование магнитного поля шин отсутствует. При выполнении диагностических работ и техническом обслуживании в непосредственной близости от токопроводов ТПЛ (прежде всего с расположением фаз в одной плоскости) в режиме нагрузки продолжительность работ следует устанавливать с учетом уровня напряженности магнитного поля согласно требованиям СанПиН 2.2.4.3359.

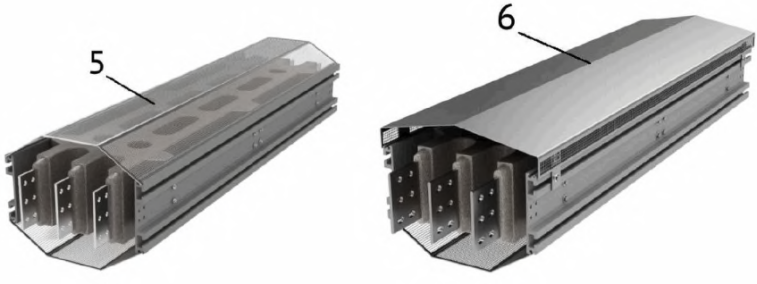
Б.4 Токопровод типа ТКЛ состоит из секций различной геометрической формы: прямые, L-образные, Т-образные, Z- образные элементы и прочие длиной, как правило, не более 4-6 метров. Токопроводы типа ТКЛ, применяемые в сетях переменного тока напряжением выше 1 кВ, состоят из секций, содержащих три алюминиевые или медные токоведущие шины **1** прямоугольного сечения, залитые в эпоксидной смоле **2** (рисунок Б.3, а).

Свободные концы шин в секциях дают возможность соединять их между собой. Место соединения секций после монтажа токопровода также заливается эпоксидным компаундом.

Конструкция секций ТКЛ на напряжение выше 1 кВ предусматривает дополнительное охлаждение шин за счет сквозных отверстий 3 между соседними фазами (рисунок Б.3, а).



а)



б) в)

Рисунок Б.3 - Секции токопроводов ТКЛ с боковыми (а), защитным (б) и климатическим (в) экраном

Ряд изготовителей оставляют такой зазор по всей длине секции. С помощью специальных залитых в эпоксидной смоле втулок на секциях токопровода предусмотрена возможность для крепления к ним «самонесущих» кожухов (экранов) 4 (рисунок Б.3,а), предназначенных для крепления токопровода к металлоконструкциям, стенам, полу и потолку. Эти экраны также служат для заземления токопровода. Заземление электрически непрерывных участков экранов (длиной примерно 20-25 м) производится в одной точке.

Во внутренних электроустановках в местах, доступных для прикосновения токопровода, в пазы «самонесущих» экранов сверху и снизу устанавливаются защитные экраны 5 (рисунок Б.3, б), как правило, изготовленные из алюминиевых перфорированных листов. В наружных установках для защиты от атмосферных осадков сверху вместо защитного экрана устанавливается климатический экран 6 (рисунок Б.3, в).

Присоединение ТКЛ к электротехническому оборудованию осуществляется с помощью специальных терминальных элементов, которые

изготовляются индивидуально в зависимости от типа оборудования и способа присоединения (рисунок Б.4).

Благодаря малому расстоянию между фазами, уровень напряженности магнитного поля вне токопровода ТКЛ близок к нулю.

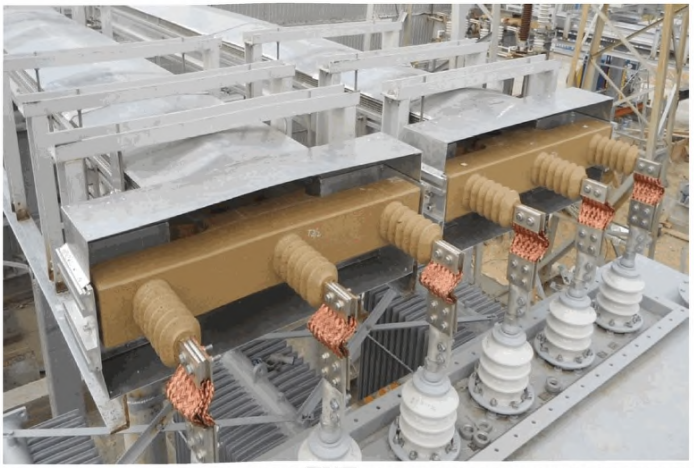


Рисунок Б.4 – Токопровод типа ТКЛ и узел подключения к проходным изоляторам

Приложение В
Методика проведения тепловизионного обследования экранированных токопроводов и токопроводов с литой изоляцией

В.1 Оценка теплового состояния

В.1.1 Оценка теплового состояния токопроводов проводится путем непосредственного измерения температуры в пределах секции токопровода, соединительных муфт, между фазами (при пофазном исполнении) в зависимости от условий работы и конструкции токопровода, сравнения измеренных значений с нормируемым и между собой (при пофазном исполнении). Оценка осуществляется по:

- нормированным значениям температуры нагрева;
- избыточной температуре нагрева;
- коэффициенту дефектности;
- динамике изменения температуры во времени.

Для проведения термографических измерений следует использовать тепловизоры длинноволнового диапазона от 8 до 12 мкм, чувствительностью до 0,1°С, временной стабильностью не менее 0,1°С /час, угловым разрешением не менее 1,5 мрад. Программное обеспечение тепловизора должно иметь возможность коррекции коэффициента излучения объекта, получения температур в точке, линии сканирования, максимальных, средних минимальных значений по выделенной области, построения гистограмм, экспорт термограмм во внешние программные приложения MS Office.

В.1.2 При выполнении тепловизионного обследования необходимо руководствоваться положениями РД 153-34.0-20.363.

Тепловизор следует ориентировать относительно нормали к поверхности измерения с рекомендуемыми условиями:

- для окрашенных поверхностей и диэлектриков – в пределах от 0 до 60 °С;
- для металлических поверхностей – в пределах от 0 до 40 °С;
- измерения необходимо проводить в безветренную погоду при положительных температурах (от 10 до 40 °С) и скорости ветра до 4 м/с;
- в наружных установках тепловизионный контроль следует проводить при отсутствии прямой солнечной радиации (после захода солнца или днем при плотной облачности);
- токовая нагрузка токопровода в предшествующий измерению период от трех и более часов должна быть близкой к номинальному (или наибольшему рабочему) значению;
- анализ термограмм следует проводить по тождественным областям поверхностей;
- аппаратура контроля должна быть метрологически поверена.

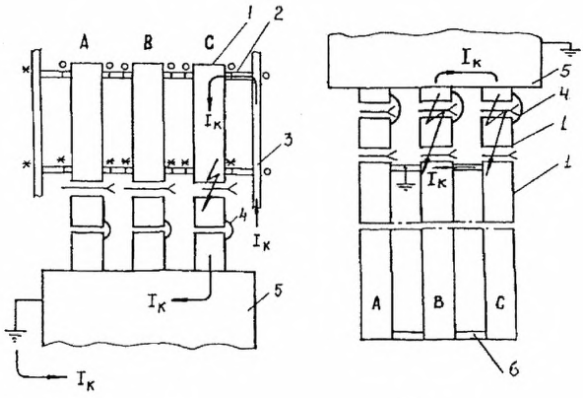
В.2 Обследование экранированных токопроводов

В.2.1 Оболочки токопроводов с общим экраном (рисунки А.3-А.5), а также пофазно-экранированных токопроводов с секционными экранами (рисунок А.2, б) нагреваются тепловыми потерями от наведенных вихревых токов, теплопередачей (излучением и конвекцией) от шины, а также солнечной радиации (в наружных электроустановках).

В.2.2 Максимальные по значению температуры нагрева секционированных оболочек имеют место на концах секции, что объясняется повышенной концентрацией вихревых токов на этих участках экранов. Для ограничения температуры нагрева металлоконструкций пофазно-экранированных токопроводов поперечные балки обычно изолируются с одной стороны от продольных балок и от станин экранов токопровода. Нарушение изоляции балок металлоконструкций или экранов токопровода приводит к образованию короткозамкнутых контуров, в которых циркулируют токи, приводящие к значительным перегревам и даже выгораниям узлов крепления и экранов токопроводов. Местные перегревы в металлоконструкциях происходят также при установке в зоне внешнего магнитного поля деталей (болты, гайки, шайбы) из ферромагнитного материала.

В.2.3 В пофазно-экранированных токопроводах с непрерывными экранами (рисунок А2, а) оболочки соединены межфазными перемычками на концевых участках токопроводов. Ток, протекающий по экранам таких токопроводов, практически равен номинальному току в шинах. Станины экранов изолированы от поддерживающих металлоконструкций. На небольших по длине участках токопроводов, примыкающих к выводам электрических машин, в экранах и коробах предусмотрены изоляционные разрывы в виде воздушных промежутков, резиновых или силиконовых прокладок. Нарушение целости изоляционных разрывов приводит к образованию короткозамкнутых контуров в зонах присоединения экранов токопроводов (рисунок В.1) к корпусам оборудования и к протеканию значительных токов в таком контуре, к местным перегревам с выгоранием уплотнений и болтов крепления. При тепловизионном контроле токопроводов проверяется: нагрев поверхностей экранов, особенно в местах подсоединения их к корпусам электрических машин, станин, других металлоконструкций.

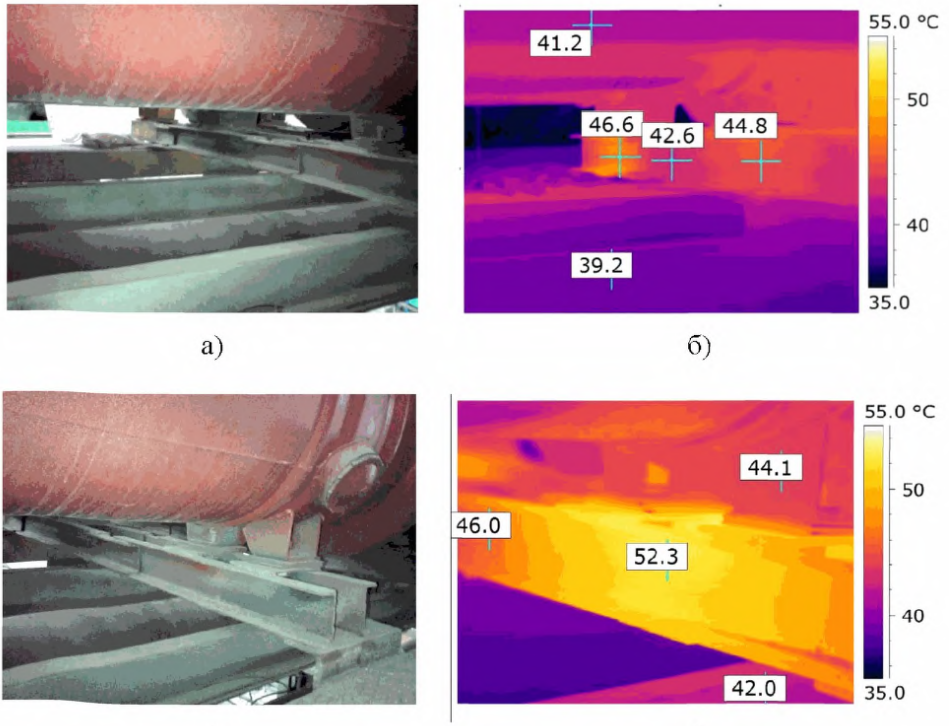
В качестве примера на рисунке В.2 представлены зоны крепления экранов с дефектами изоляции относительно опорных конструкций пофазно-экранированных токопроводов и термограммы этих зон.



а) б)

Рисунок В.1 – Схематичное изображение образования короткозамкнутого контура при нарушении изоляции:

а – токопровод серии КЭТ, б – токопровод серии ТЭН: 1 – экран; 2 – заземленная станина; 3 – балка металлоконструкции; 4 – штатное заземление; 5 – корпус электрической машины (трансформатора); 6 –межфазная перемычка экранов



а) б)

в) г)

Рисунок В.2 – Зоны крепления экранов токопроводов (а, б) и термограммы этих зон в рабочем режиме (б, г) при потере изоляции

В.2.3 Допустимая температура нагрева экранов токопроводов не должна превышать 80°С (если меньшее значение не установлено изготовителем). При тепловизионном контроле токопровода должны фиксироваться не только абсолютные значения температуры на поверхности экранов, станин и металлоконструкций, но и характер распределения температуры по экранам и участкам токопровода. Для выявления дефектов контактных соединений собственно экранов (прежде всего непрерывных оболочек пофазно-экранированных токопроводов), а также дефектов контактов шин (визуально закрытых экранами) необходимо проводить сопоставление и анализ распределения температур по фазам или смежным участкам экранов.

В.2.4. При тепловизионном контроле пофазно-изолированных токопроводов с непрерывными экранами (рисунок А.2,а) необходимо также контролировать температуру межфазных перемычек экранов. Температура перемычек не должна превышать максимально допустимую температуру экранов.

В.3 Обследование токопроводов с литой изоляцией

В.3.1 Поверхность токопроводов с литой изоляцией нагревается в результате теплопередачи от шин, а также солнечной радиации (в наружных электроустановках). Металлические кожухи токопроводов, кроме того, могут нагреваться в результате потерь, вызванных вихревыми токами. В токопроводах типа ТКЛ (рисунок Б.3) ввиду малых расстояний между фазами уровень вихревых токов и соответствующих потерь незначительный.

В.3.2 При тепловизионных обследованиях прежде всего следует контролировать наличие локальных перегревов поверхности токопровода в области болтовых контактных соединений шин.

Любые повышенные нагревы зоны контактных соединений шин в период гарантийного обслуживания должны устраняться сервисной службой изготовителя путем протяжки болтовых соединений в муфтах токопроводов ТПЛ или ремонтом токопроводов ТКЛ.

При обнаружении повышенных нагревов в зоне контактных соединений в процессе эксплуатации за пределами гарантийного срока следует в плановом порядке осмотреть контактные соединения токопроводов ТПЛ. В токопроводах ТКЛ ремонт контактов является капитальным ремонтом токопровода, поэтому допускается вводить учащенный тепловизионный контроль (не реже 1 раза в год). При стабильном росте температуры зоны контакта (в идентичных условиях тепловизионного контроля) следует выполнять капитальный ремонт токопровода с привлечением сервисной службы изготовителя или его представителя.

Превышение температуры поверхности токопровода (по сравнению с температурой соседней фазы ТПЛ или смежного участка ТКЛ) более чем на 5 °С при нагрузке не менее 70 % номинальной свидетельствует о развитом дефекте контактного соединения, требующем устранения в кратчайшие сроки.

В.3.3 Наибольшая температура на поверхности изоляции не должна превышать предельно допустимого значения указанного в п.6.3.5.

В.3.4 При проведении тепловизионного контроля токопроводов с металлическими экранами, для выявления мест несанкционированного замыкания экранов на землю, необходимо определять температуру поддерживающих токопровод узлов и конструкций.

Приложение Г
Измерение характеристик ЧР электрическим методом

Г.1 Измерения ЧР с использованием высокочастотных трансформаторов тока

Г.1.1 Измерение ЧР в токопроводах с литой изоляцией ТПЛ и ТКЛ осуществляется с применением электрического метода и проводится по измерению падения напряжения на сопротивлении *Z* измерительного элемента (датчика), находящегося в общей цепи схемы регистрации ЧР, при протекании импульсного тока от ЧР, в соответствии с ГОСТ 20074.

Для измерения токовой составляющей импульсов от ЧР, используется СЧ и ВЧ диапазоны с частотами от 300 кГц до 30 МГц, согласно ГОСТ 24375.

Преимуществом электрического метода является возможность прямого получения основной характеристики ЧР – измерение величины кажущегося заряда ЧР, а также возможность градуировки схемы измерений. К недостаткам метода следует отнести низкую помехозащищенность, особенно в ВЧ диапазоне, поскольку все ВЧ-сигналы, лежащие в полосе пропускания (а именно: корона на проводах, ВЧ-связь, радиопомехи, импульсы от тиристорных преобразователей и др.), воспринимаются этими схемами как ЧР.

Г.1.2 Измерения характеристик ЧР в изоляции в соответствии с ГОСТ Р 55191 проводятся с использованием датчиков, имеющих специальную конструкцию, обеспечивающую оптимальную чувствительность в испытательной схеме и устойчивость к электромагнитным помехам. Как правило, с одним ИУ могут использоваться различные типы датчиков ЧР, представляющих собой активный или пассивный четырехполюсник, преобразующий входные токи в выходные сигналы напряжения. Эти сигналы передаются на ИУ с помощью ВЧ кабельной линии связи. Частотная характеристика датчика, определяемая отношением выходного напряжения к входному току, выбирается так, чтобы частота питающей сети и ее гармоники как можно меньше воздействовали на измерительный прибор.

Г.1.3 Схемы измерений токовой составляющей ЧР в СЧ-ВЧ диапазонах в основном реализуются с использованием датчиков типа ВЧТТ, первичной обмоткой которых является элемент заземления оболочки (шина заземления, поводок заземления и т.д.).

Поскольку каждая секция и соединительные муфты токопроводов ТПЛ имеют раздельные поводки заземления (в том числе и по фазам), то применение разъемных ВЧТТ наиболее технически оправдано.

Г.1.4 Конструкция поводка заземления токопровода ТПЛ и пример установки датчика ВЧТТ на поводок заземления секции токопровода показан на рисунке Г.1. Рекомендуемые технические характеристики датчика ВЧТТ приведены в Приложении Ж.

Рисунок Г.1 – Установка датчика типа ВЧТТ на поводок заземления секции токопровода ТПЛ

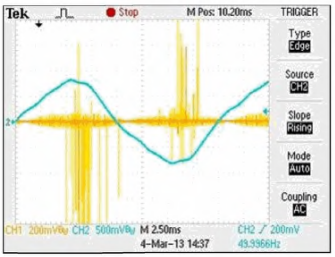
Г.1.5 Измерение характеристик ЧР на токопроводах с литой изоляцией следует проводить последовательно устанавливая датчик ЧР на поводки заземления по секциям и фазам токопровода ТПЛ или металлических экранов ТКЛ. При этом контролируются следующие характеристики ЧР:

- амплитуда импульсов, мВ (дБ);
- частота следования импульсов, имп/с;
- фазовый угол, рад.

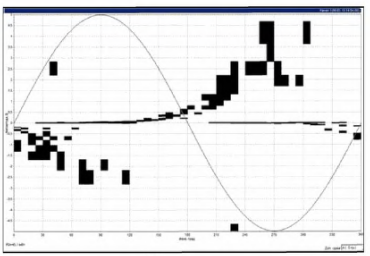
Оценка результатов измерений производится непосредственно по амплитуде импульсов, измеренных в мВ, или пересчетом полученных значений в размерность кажущегося заряда ЧР в пКл (при известном масштабном коэффициенте).

Г.1.5 Оценка результатов измерений ЧР производится на основании анализа импульсов ЧР и программной обработки (рисунок Г.2):

- по величине амплитуды максимальных импульсов ЧР;
- по наличию тренда в изменении характеристик ЧР (амплитуды, мощности, частоты следования, интенсивности);
- по энергетическим параметрам (мощности, интенсивности) ЧР;
- дополнительных осциллограмм с определением типов и степени опасности электроразрядной активности (ЧР в изоляции, поверхностные ЧР, искрения в контактах).



а)



б)

Рисунок Г.2- Осциллограмма (а) и амплитудо-фазовая характеристика (б) импульсов ЧР с датчика типа ВЧТТ на поводке заземления секции токопровода

Г.2 Измерения с использованием датчика наведенного напряжения

Г.2.1 Схема измерений ЧР в ВЧ диапазоне реализуется, в том числе, с использованием емкостного датчика наведенного напряжения (TEV), устанавливаемого на заземленные элементы токопровода, имеющие конструктивную емкость с потенциальными элементами оборудования.

Принцип работы датчика наведенного напряжения заключается в фиксации наведенного импульса тока, вызванного частичными разрядами и протекающего по заземленным конструкциям оборудования – рисунок Г.3.

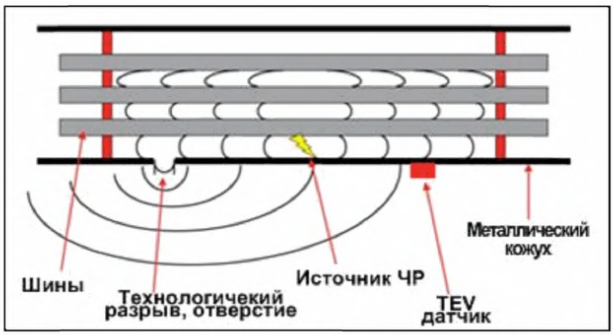


Рисунок Г.3 – Схема, иллюстрирующая принцип фиксации наведенного сигнала от ЧР датчиком TEV на поверхности металлического защитного кожуха токопровода ТКЛ

Г.2.2 При использовании емкостных датчиков контролируются те же характеристики ЧР, что в п.Г.1.5. Измерение ЧР производится по амплитуде импульсов, в мВ или дБ. Пересчет полученных значений из дБ в мВ и обратно производится в соответствии с рисунком Г.4.

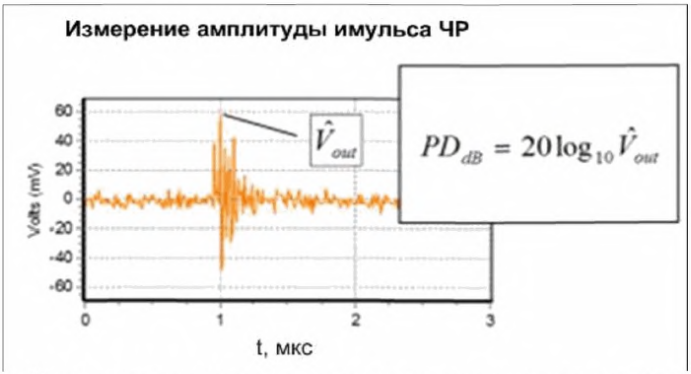


Рисунок Г.4 -Осциллограмма импульса и оценка амплитуды сигнала с датчика наведенного напряжения на поверхности металлического защитного кожуха токопровода ТКЛ

Г.2.3 Измерение характеристик ЧР на токопроводах ТКЛ с использованием датчика наведенного напряжения следует проводить последовательно устанавливая (прислоняя к немагнитной поверхности) датчик на поверхность металлического защитного кожуха по секциям (рисунок Г.5), при этом расстояние между точками контроля должно составлять не более 4 м.

а) б)

Рисунок Г.5 - Схема, иллюстрирующая места установки датчиков датчик наведенного напряжения на поверхности металлического защитного кожуха токопровода ТКЛ

Г.2.4 Очевидным преимуществом емкостных датчиков наведенного напряжения является возможность их оперативной установки и безопасность для проведения измерений. Однако необходимо учитывать, что по металлическим корпусам и экранам в условиях действующих ПС возможно протекание токов не только от высокочастотных импульсов ЧР, возникших внутри оборудования, но и от внешней электроразрядной активности, сопровождающейся импульсами электромагнитных помех в рабочем частотном диапазоне датчика.

Г.2.5 Оценка результатов измерений ЧР производится на основании анализа импульсов ЧР, аналогично Г.1.5.

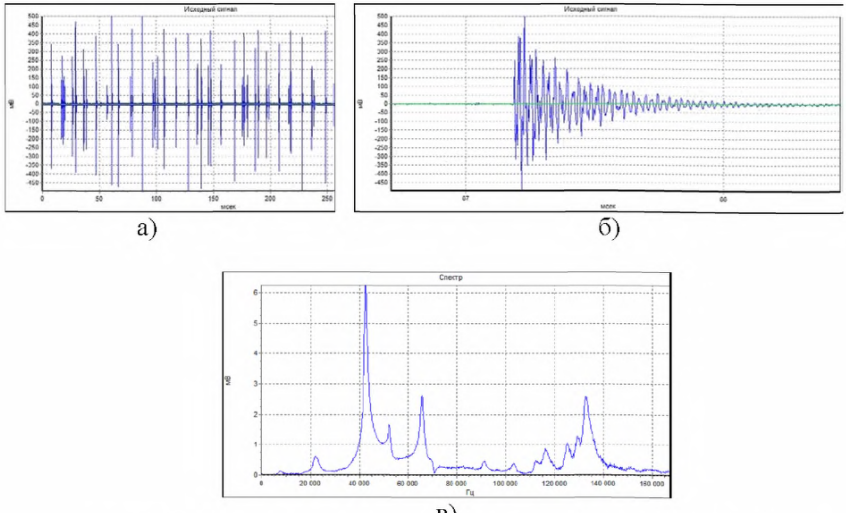
Приложение Д
Измерение характеристик ЧР акустическим методом

Д.1 Физические процессы формирования акустической волны

Д.1.1 Акустический метод основан на измерении параметров акустической волны (или акустической эмиссии), возникающей при ЧР в диэлектрике. При электрических разрядах происходит последовательное образование импульсов давления, которые становятся затем звуковой волной. Электрические разряды, происходящие в малых объемах (до 10^{-6} см^3) за время примерно 10^{-9}с – это плазменные образования, которые возникают в дефектах изоляции под действием электрического поля с энергией от 10^{-3} до 10^{-7} Дж.

В результате пульсаций газовой полости образуется волна давления. Под влиянием этого давления канал разряда расширяется и это расширение происходит до тех пор, пока часть потенциальной энергии разряда не перейдет в кинетическую энергию расширяющейся акустической волны. Затухая и отражаясь, звуковая волна распространяется в среде диэлектрика и металлических поверхностей и фиксируется акустическим датчиком.

Д.1.2 Форма первоначальной волны акустического сигнала претерпевает существенные изменения при распространении в диэлектрике и преобразовании датчиком. Поэтому сигнал, пришедший с датчика, отличается от исходного сигнала в источнике. На рисунке Д.1 приведен типичный акустический сигнал и его частотный спектр, зафиксированный прибором.



а) б)

в)

Рисунок Д.1- Осциллограмма акустического сигнала ЧР в изоляции токопровода ТПЛ с длительной (а) и короткой (б) временной разверткой и его частотный спектр (в)

Д.2 Особенности акустического метода

Д.2.1 Достоинствами данного метода являются: высокая помехозащищенность, реализация на приборном уровне селективности сигналов от различного вида дефектов (ЧР внутри диэлектрика, поверхностный разряд, искрения в контактах и др.) и помех, а также возможность воспроизведения акустических ультразвуковых (УЗ) сигналов в слышимом диапазоне частот и локации.

Перевод акустического сигнала из временной в частотную область позволяет судить о типе сигнала (ЧР в изоляции, искрения, виброакустика механических колебаний).

Д.2.2 К недостаткам метода следует отнести невозможность градуировки схемы измерения и, как следствие, невозможность количественной оценки интенсивности ЧР, в принятой ГОСТ Р 55191 размерности, и невозможность регистрации сигналов от ЧР на ранних стадиях развития (при малой интенсивности ЧР).

Д.3 Акустические датчики для измерения ЧР

Д.3.1 Для регистрации акустических сигналов от ЧР используются определенные типы акустических датчиков, конструкция которых определяется типом, способом установки и требуемой чувствительностью (рисунок Ж.4).

Д.3.2 Акустические датчики изготавливаются на основе высококачественной пьезокерамики, в прочном герметичном корпусе из нержавеющей стали. Все преобразователи оснащены встроенными малошумящими предварительными усилителями с полосовыми частотными фильтрами. Чувствительная пьезоэлектрическая система герметизирована эластичным герметиком. Преобразователи имеют износостойкий керамический протектор или протектор из нержавеющей стали.

Указанные особенности конструкции акустических датчиков позволяют достигнуть высокой чувствительности, малого уровня шумов и наводок, а также надежности и удобства использования.

Д.3.2 Акустические датчики различаются по типу (контактные и бесконтактные), рабочей полосе частот, напряжению питания, коэффициенту усиления предварительного усилителя, исполнению (обычное герметичное или взрывозащищенное герметичное), материалу протектора (сталь, керамика).

Основные технические характеристики акустических датчиков приведены в приложении Ж.

Д.4 Измерение ЧР акустическими датчиками

Д.4.1 Распространение акустических сигналов связано с тем, что при падении плоской звуковой волны на границу раздела двух сред, обладающих различными плотностями, часть энергии, согласно известному закону преломления Снеллиуса, отражается обратно в первую среду, причем угол падения волны равен углу отражения, а остальная часть энергии проходит во вторую среду под углом преломления. Отношение синусов углов падения и

преломления равно отношению скоростей распространения звука в обеих средах. Это отношение называют показателем преломления первой среды относительно второй. Для возникновения поперечной волны в металле угол падения должен быть меньше, чем значение α_S, которое определяется из условия:

$$\sin \alpha_S = V_1 / V_2, \qquad (Д.1)$$

где V_1 и V_2 – скорости распространения звука в первой и второй средах.

При значениях угла падения большихα_S, металлическая стенка является зеркалом и полностью отражает звук внутрь.

Д.4.2 При диагностировании токопроводов ТКЛ, когда звуковая волна от ЧР распространяется в однородной среде по поверхности металлического экрана на расстояния порядка сотни длин волн и затухает незначительно, акустический датчик устанавливается с интервалами от 2 до 5 м на доступную внешнюю (гладкую) поверхность кожуха токопровода. При установке датчиков важно, чтобы его контактная часть хорошо прилегала к внешней поверхности кожуха, для чего используется смазка типа литол.

Д.4.3 При диагностировании экранированных токопроводов и токопроводов с литой изоляцией условия распространения звуковой волны от ЧР вдоль токопровода ограничены. Кроме того, применение защитных ребристых металлических кожухов значительно затрудняет выход акустического сигнала наружу. Акустический контроль эффективен лишь для обнаружения дефектов изоляции опорных изоляторов и контактных соединений токопроводов с установкой акустического датчика на внешнюю (гладкую) поверхность оболочки или изоляции муфты. Также важно, чтобы контактная часть акустического датчика хорошо прилегала к внешней поверхности токопровода, для чего используется консистентная смазка.

Д.4.4 При измерении характеристик ЧР с использованием акустического датчика контролируются следующие характеристики ЧР:

- амплитуда импульса (в мВ, дБ);
- форма импульса сигнала.

Оценка результатов измерений производится по амплитуде зафиксированных импульсов, измеренных в мВ (либо в дБ) путем пересчета полученных значений в размерность кажущегося заряда ЧР в пКл (при известном масштабном коэффициенте).

Д.4.5 Обследование участка токопровода проводится в доступных для установки акустического датчика местах, как правило, в механически нагруженных местах трассы и соединительных муфтах. Недоступные для установки датчика места токопроводов обследуются с использованием акустической направленной антенны.

Д.4.6 Значение ЧР и оценка технического состояния основываются на значении зафиксированного акустического сигнала. Следует учитывать, что дефекты в изоляции токопроводов с литой изоляцией связаны с трещинами, расслоениями, и др., которые характеризуются малой емкостью дефекта, а соответственно, малым объемным зарядом ЧР и малым уровнем генерируемого акустического сигнала. Поэтому акустическая локация ЧР в токопроводах с

литой изоляцией эффективна для идентификации дефектов, сопровождающихся искровыми разрядами (например, в контактных соединениях), и менее эффективна для локации ЧР в изоляции.

Д.4.7 Для контроля ЧР акустический датчик вручную или с помощью удлиняющей штанги устанавливается в контрольной точке токопровода (рисунки Д.2 и Д.3) через смазку типа Литол. При наличии сигналов производится их цифровая запись, далее с помощью специализированного программного обеспечения проводится анализ спектра сигналов и определяется тип дефекта. При наличии в приборе преобразователя сигналов в слышимый звуковой диапазон до записи сигнала целесообразно его прослушать для предварительной идентификации.

Рисунок Д.2 – Установка акустического датчика на кожух экранированного токопровода

Рисунок Д.3 – Установка акустического датчика на кожух токопровода ТКЛ

Месту дефекта соответствует максимальная амплитуда акустических сигналов ЧР, зафиксированных на обследованном участке токопровода. Идентификация разрядных явлений и механических помех производится по частотной характеристике сигнала. Акустические сигналы механической природы имеют максимум амплитудно-частотной характеристики в зоне до 20 кГц, сигналы электрических разрядов в литой изоляции – выше 35 кГц, для фарфора и других сред – более 60 кГц.

Приложение Е
Локация ЧР

Е.1 Общие положения

Е.1.1 Использование в качестве датчиков ЧР электромагнитных и акустических направленных антенн и соответствующих измерительных устройств (индикаторов, приборов), согласно ГОСТ Р 55191, относящихся к измерителям радиопомех с квазипиковой чувствительностью, не квалифицируется указанным стандартом для измерения кажущегося заряда $q_{ЧР}$. Однако, эти устройства могут применяться для обнаружения источников ЧР (локации), поскольку при квазипиковой измерительной схеме импульсы, имеющие тот же самый заряд, но различную частоту следования, приведут к различным показаниям прибора.

Передаточной характеристикой направленной антенны и индикаторов (приборов) от импульса ЧР является колебание с положительными и отрицательными пиковыми значениями, которые пропорциональны заряду ЧР независимо от его полярности.

Для коротких и регулярно повторяющихся импульсов ЧР, каждый зарядом q_i, показание прибора пропорционально:

$$U = q\ \Delta f\ Z\ f(n)/k_i. \qquad (Е.1)$$

где n - частота повторения импульсов;

$f(n)$ - функция распределения n;

Δf - ширина частотного диапазона прибора (при 6 дБ);

Z - значение омического входного сопротивления прибора;

k_i - масштабный коэффициент датчика.

Е.1.2 Таким образом, при использовании направленной антенны и индикаторов в качестве измерителей радиопомех, значения ЧР рекомендуется представлять в мкВ (дБ), а используя алгоритмы пересчета в эквивалентный кажущийся заряд ЧР в пКл, при известном масштабном коэффициенте, указанном в документации на устройство.

Е.2 Локация с использованием электромагнитных антенн

Е.2.1 Локация источников ЧР в изоляции токопроводов с использованием электромагнитных направленных антенн проводится на участках токопроводов недоступных для обследования другими методами.

Локация ЧР осуществляется с использованием в качестве измерительного элемента направленных антенн ОВЧ-УВЧ диапазона, а в качестве измерительного устройства – индикаторов. Измерение проводят при направлении антенны на обследуемый участок токопровода (рисунок Е.1), при этом выявляется участок с максимальной амплитудой сигнала (в мкВ, дБ).

Рисунок Е.1- Локация электрических разрядов в токопроводе с использованием различных сканеров радиочастоты и направленной антенны

Е.2.2 Применение соответствующих приборов и методов цифровой обработки сигналов, специализированного программного обеспечения для точного определения координаты дефекта (например, с использованием стационарных систем мониторинга) позволяет дополнительно учитывать время распространения электромагнитной волны от комплекта датчиков, его частотные, фазовые характеристики и другие параметры. Учитывая значительное снижение высокочастотного сигнала от расстояния, рекомендуется установка антенны не далее 6 м от обследуемого участка.

Е.2.3 Акустическая локация источников ЧР проводится для уточнения характера и выявления мест потенциальных дефектов в изоляции токопроводов или контактных соединениях.

Простейшая локация с использованием в качестве измерительного устройства индикаторов осуществляется путем выявления максимальной амплитуды сигнала при перемещении антенны вдоль токопровода. Более сложные приборные методы могут дополнительно учитывать время распространения акустической волны, ее частотные и фазовые характеристики и другие параметры.

Приложение Ж
Рекомендуемые технические характеристики датчиков ЧР

Ж.1 Индуктивные датчики ЧР

Ж.1.1 Индуктивные датчики ЧР типа ВЧТТ предназначены для регистрации импульсов от ЧР в системах заземления корпусов высоковольтного оборудования.

Конструктивно датчик представляет собой разъемный ферритовый сердечник, на который намотана вторичная (измерительная) обмотка. Благодаря использованию в конструкции датчика ВЧ ферритового сердечника в выходном сигнале датчика отсутствуют токи промышленной частоты 50 Гц. Датчик регистрирует только сигналы от ВЧ импульсов, протекающих по контролируемой цепи заземления высоковольтного устройства. Рабочий диапазон частот датчика обычно составляет от 0,2 до 20 МГц.

Частотная характеристика датчика приведена на рисунке Ж.1.

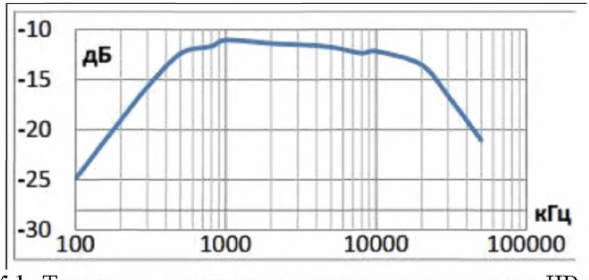


Рисунок Ж.1 -Типичная частотная характеристика датчика ЧР типа ВЧТТ

Рисунок Ж.2 – Стрелка на корпусе датчика ЧР типа ВЧТТ, указывающая направление протекание тока к «земле»

Ж.1.2 Для соблюдения тождественности установки и позиционирования датчика при протекании тока от ЧР в цепи заземления, на корпусе датчика наносится стрелка (рисунок Ж.2). Направление стрелки должно совпадать с направлением протекания тока «к земле» в контролируемом проводнике, от высокого потенциала к «нулевому».

Ж.1.3 Датчик не требует проведения периодической поверки и калибровки.

Ж.1.4 Конструкция датчика обеспечивает измерение интенсивности ЧР в том числе и в силовых цепях с рабочим напряжением до 1000 В и током до 200 А. Однако форма токового сигнала со вторичной обмотки может быть сильно искажена из-за насыщения ферритового сердечника.

Ж.1.5 Основные технические требования к датчикам ЧР типа ВЧТТ приведены в таблице Ж.1.

Таблица Ж.1 – 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	0,2 – 20 МГц
Время нарастания, не более	20 нс	10 нс
Время спада, не более	2,5 мкс	2,5 мкс
Полное сопротивление нагрузки	50 Ом	50 Ом
Максимальный ток 50 Гц	200 А	100 А
Исполнение	разъемный тороид	разъемные клещи

Ж.2 Емкостные датчики ЧР

Ж.2.1 Емкостные датчики ЧР типа наведенного напряжения (Transient Earth Voltage - TEV) предназначены для регистрации импульсов от ЧР на заземленных металлических корпусах высоковольтного оборудования.

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

Ж.2.2 ВЧ импульсы от ЧР, как и импульсы помех радиочастоты, индуцируют на внешних и внутренних металлических конструкциях оборудования ВЧ токи, которые протекают по заземленным конструкциям и замыкаются на «землю».

Ж.2.3 Датчик наведенного напряжения имеет широкополосную частотную характеристику, Основные технические характеристики датчиков ЧР типа TEV приведены в таблице Ж.2

Ж.2.4 Магнитная основа корпуса датчика позволяет устанавливать его на внешнюю заземленную металлическую поверхность корпусов, экранов, защитных кожухов и т.п.

Таблица Ж.2 – Основные технические характеристики датчиков наведенного напряжения

Характеристика	Допустимое значение	Рекомендуемое значение
Частотная характеристика (по уровню – 6 дБ)	1–12 МГц	0,4–20 МГц
Эквивалентная емкость	120÷200 пФ	160 пФ
Выходной диапазон	1–70 дБмВ	1–65 дБмВ
Время нарастания, не более	10 нс	5 нс
Время спада, не более	0,5 мкс	0,5 мкс
Полное сопротивление нагрузки	50 Ом	50 Ом
Разрешение	1 дБ	1 дБ
Вес	0,1–0,15 кг	0,1 кг
Исполнение	на магнитной основе	с креплением на штанге

Ж.2.5 Для установки датчика на внешнюю заземленную поверхность защитного кожуха токопровода допускается использовать раздвижную штангу.

Ж.3 Индукционные датчики ЧР

Ж.3.1 Индукционные датчики ЧР являются объединением технологий датчиков ВЧТТ и TEV.

Датчики занимают промежуточное положение между индуктивными и емкостными, поскольку, как и датчики TEV, устанавливаются на заземленные элементы высоковольтного оборудования, имеющие конструктивную емкость с потенциальными элементами. Конструктивно датчик представляет собой неразъемный ВЧТТ, на ферритовый сердечник которого намотана вторичная измерительная обмотка.

Ж.3.2 Основные технические требования к индукционным датчикам ЧР приведены в таблице Ж.3.

Таблица Ж.3 – Основные технические требования к индукционным датчикам

Характеристика	Рекомендуемое значение
Переходное полное сопротивление (на частоте 1 МГц)	не более 6,0 мВ/мА
Частотная характеристика (по уровню – 6 дБ)	1 –20 МГц
Время нарастания, не более	8нс
Время спада, не более	2 мкс
Полное сопротивление нагрузки	50 Ом
Исполнение	крепление на штангу

Ж.4 Акустические датчики ЧР

Ж.4.1 Акустические датчики ЧР предназначены для регистрации импульсов от ЧР, возникающих и распространяющихся в однородных (твердых, жидких и газообразных) изоляционных системах (бумаге, масле, воздухе, др).

Ж.4.2 По конструкции принципу работы акустические датчики делятся на два типа: контактные и бесконтактные. Контактный датчик представляет собой металлический неразъемный цилиндр с контактным пьезоэлементом, размеры и форма которого определяют частотную полосу датчика.

Типичный контактный акустический датчик представлен на рисунке Ж.3.

Рисунок Ж.4 – Внешний вид контактного акустического датчика

Ж.4.3 При бесконтактном измерении частичных разрядов акустическим датчиком регистрируются колебания, передающиеся непосредственно по воздуху. Поскольку воздух менее плотен, чем жидкости, то чувствительность в этом случае оказывается существенно более низкой, чем при контактном измерении. По принципу работы акустические датчики бывают двух типов – широкополосные и узкополосные (резонансные).

Ж.4.4 Широкополосные акустические датчики позволяют регистрировать сигналы на частотах, превышающих частоту собственного (механического) резонанса пьезокристалла. Для надежной регистрации импульсов ЧР частота собственного резонанса датчика должна быть не больше 15–20 кГц, в этом случае можно регистрировать импульсы с частотой 30 кГц и выше. Чтобы полностью исключить влияние резонансных колебаний пьезокристалла на выходе внутрь его схемы встраивается электронный фильтр, подавляющий колебания на резонансной частоте и более низких частотах. Выходной сигнал зарезонансного датчика обычно имеет ту же частоту, что и регистрируемые колебания конструкции оборудования.

Ж.4.5 Узкополосные направленные акустические датчики работают на частоте собственного установочного резонанса пьезокристалла, оптимальное значение которого для таких датчиков обычно составляет от 40 до 100 кГц.

Внешний вид узкополосных направленных акустических датчиков и типичная диаграмма направленности показаны на рисунках Ж.5 и Ж.6 соответственно.

Рисунок Ж.5 – Внешний вид резонансного акустического датчика для переносных приборов и систем мониторинга

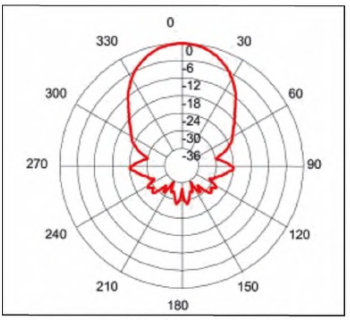


Рисунок Ж.6 – Диаграмма направленности акустического резонансного датчика

Ж.4.6 Вне зависимости от частоты регистрируемого акустического сигнала выходной сигнал резонансного датчика всегда имеет частоту резонанса. Длительность затухания резонансных колебаний на выходе датчика почти полностью зависит от механической добротности конструкции датчика и очень мало связана с параметрами акустического импульса. Резонансный принцип работы пьезокристалла обеспечивает высокую чувствительность такого датчика.

Однако при использовании резонансных датчиков происходит потеря части первичной информации о контролируемом импульсе – отсутствует возможность анализировать его частотный спектр (а, следовательно, тип и природу колебаний). Потенциальными местами установки резонансных акустических датчиков является оборудование со стационарными (неподвижными) элементами.

Ж.4.7 На практике большинство измерений проводится с помощью широкополосных акустических датчиков, работающих в диапазоне НЧ (от 30 до 300 кГц). Основные технические характеристики акустических датчиков ЧР приведены в таблице Ж.4.

Таблица Ж.4 – Основные технические характеристики акустических датчиков

Характеристика	Бесконтактный датчик	Контактный датчик
Частотная характеристика (по уровню – 6 дБ)	30–300 кГц	40–100 кГц
Шум	не более 200 мкВ	менее 20 мкВ
Динамический диапазон	не менее 65 дБ	более 70 дБ
Чувствительность	1 В/мкБар, или не менее 100 мВ/Па	1 В/мкБар, или не менее 100 мВ/Па
Минимально детектируемый сигнал	0,1 мкБар	0,1 мкБар
Вес	не более 0,1 кг	не более 0,1 кг
Исполнение	на магнитной основе	с креплением на штанге

Ж.4.8 Основным достоинством акустических датчиков является оперативность диагностики, простота установки и последующего анализа сигналов, возможность локации источников ЧР.

Ж.5 Электромагнитная направленная антенна

Ж.5.1 Электромагнитная направленная антенна предназначена для регистрации электромагнитной волны (формируемой импульсами от ЧР, либо искровых (дуговых) процессов в контактах) и распространяющейся в газовой или жидкой однородной среде от места дефекта.

Ж.5.2 Конструкция электромагнитной направленной антенны должна обеспечивать измерения в широком диапазоне частот (от 50 до 1000 МГц и более) и приемлемую диаграмму направленности (для локализации места ЧР), иметь малые габариты и вес. Этим условиям удовлетворяет несколько типов антенн. Наибольшее распространение получили логопериодические электромагнитные направленные антенны, внешний вид и диаграмма направленности которых показаны на рисунках Ж.7 и Ж.8.

Рисунок Ж.8 – Внешний вид электромагнитной направленной антенны

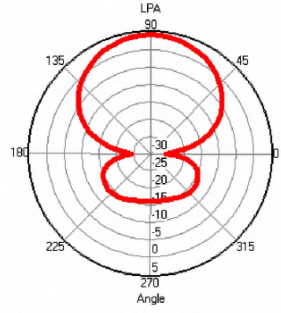


Рисунок Ж.9 – Диаграмма направленности антенны

Ж.5.3 Электромагнитная направленная антенна обычно используется совместно с различными индикаторами (широкополосными и узкополосными), предназначенными для регистрации импульсов ЧР в ОВЧ диапазоне и локализации мест дефектов.

Схемы широкополосных индикаторов реализованы по принципу пик-детектора и позволяют регистрировать такие характеристики ЧР, как амплитуда и амплитудо-фазное распределение (рисунок Ж.9).

Схемы узкополосных индикаторов реализованы по принципу анализатора спектра и позволяют регистрировать амплитудно-частотное распределение электромагнитных импульсов от ЧР (рисунок Ж.10).

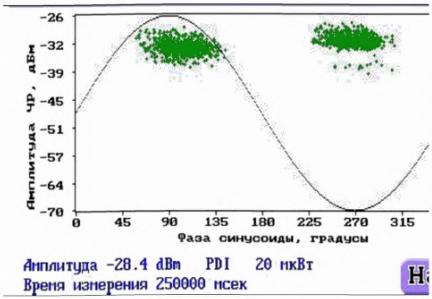


Рисунок Ж.9 – Типичное амплитудо-фазное распределение интенсивности ЧР

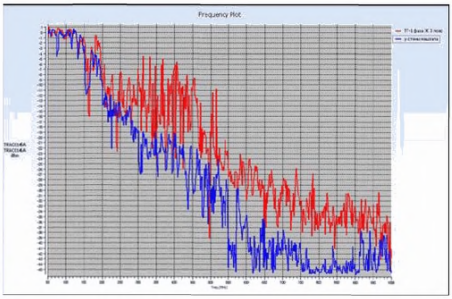


Рисунок Ж.10 –Типичное амплитудно-частотное распределение интенсивности ЧР

Ж.5.4 Поскольку измерительная схема с использованием электромагнитной направленной антенны не может быть проградуирована в размерности пКл, результаты измерений ЧР при поиске и локализации места с повышенным уровнем принимаемого сигнала, то есть места предполагаемого дефекта, выражаются в дБ.

Основные рекомендуемые технические характеристики электромагнитных направленных антенн приведены в таблице Ж.5.

Таблица Ж.5 – Основные технические характеристики электромагнитных направленных антенн

Характеристика	Логопериодическая антенна	Штыревая антенна
Рабочий частотный диапазон, МГц	450–900	150–500
Коэффициент усиления, среднее значение, dB	12	3
Поляризация	линейная	линейная
Входное сопротивление, Ом	50	50
Диаграмма направленности	рисунок Ж.9	круговая

Ж.6 Порог чувствительности методов регистрации ЧР

Ж.6.1 Выявление и локализация потенциальных дефектов в изоляции токопроводов, фиксируемых электрическим и акустическим методами, зависят от типа, места установки и уровня чувствительности применяемых датчиков (таблица Ж.6).

Ж.6.2 Наибольшую чувствительность, и, следовательно, возможность раннего обнаружения ЧР, имеют электрические датчики типа ВЧТТ.

Таблица Ж.6 – Чувствительность датчиков ЧР для определения дефектов изоляции литых токопроводов

Датчик, место установки	Измеряемая величина	Диапазон частот, МГц	Предел обнаружения дефекта	
			в измеряемой величине	Qчр. миним, пКл
ВЧТТ, поводок заземления секции	ток ЧР, падение напряжения на сопротивлении измерительного элемента *Z*	от 1 до 10 (ВЧ)	4 мВ	50
TEV, заземленные металлические корпусные элементы;	наведенное напряжение	от 10 до 100 (ВЧ)	20 мВ	200
ВЧТТ, заземленные металлические корпусные элементы	наведенное напряжение	от 1 до 20(ВЧ)	30 мВ	300
Акустический датчик, самонесущий экран ТКЛ	волна звукового давления, Па	от 30 до 300 (УЗ)	8 дБ	600
Акустический датчик, соединительная муфта, ТПЛ	волна звукового давления, Па	от 30 до 300 (УЗ)	4 дБ	400

Приложение З
Рекомендуемые формы протоколов результатов измерений и обследований

[Начало формы]

Исполнитель _____ _____	**Заказчик:** _____ **Объект:** _____
Свидетельство о рег.№_____	**Дата** _____

ПРОТОКОЛ № XX-NN/YY

(уникальный номер протокола содержащий:
вид испытаний – порядковый номер/год проведения)

Измерение «_____»

(наименование вида работ/ испытаний)

1. Общие сведения об оборудовании

Заказчик		Класс напряжения, кВ	
Наименование предприятия		Год выпуска / год ввода в эксплуатацию	
Тип оборудования		Заводской №	
Диспетчерское наименование		*(другие важные технические характеристики)*	

2. Условия проведения измерений

Дата испытания	
Режим работы	
Температура окружающего воздуха, °С	
Влажность воздуха, %	
Давление атмосферное, ммрт.ст.	

3. Результаты измерений

3.1 Соответствующая НД	ГОСТ, СТО, РД, МУ
3.2 Схемы, иллюстрирующие методику проведения измерений на конкретном объекте	Рисунок
3.3 Материалы, характеризующие результаты измерений	Таблица, рисунок

4. Оборудование

№	Наименование оборудования	Тип	Заводской №	Диапазон измерений	Дата поверки	Дата следующей поверки

5. Заключение:

Перечень обнаруженных дефектов и несоответствий НД при испытаниях (измерениях).

Заключение о годности оборудования, в соответствии с нормативными документами, заводскими инструкциями, экспертным заключением.

Заключение о сроках и объемах следующего обследования.

Протокол составил:

Должность _____ Ф.И.О

Протокол проверил:

Должность _____ Ф.И.О

М.П.

[конец формы]