

---

ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ - РОССЕТИ»

---



---

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ  
ГРУППЫ КОМПАНИЙ «РОССЕТИ»

---

СТО 34.01-23-006-2025

---

**Методические указания по техническому диагностированию  
фарфоровых изоляторов электрооборудования методами  
акустического (вибраакустического) контроля**

Стандарт организации

Дата введения: 25.12.2025

ПАО «Россети»

## **Предисловие**

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены [Федеральным законом от 29.06.2015 № 162-ФЗ](#) «О стандартизации в Российской Федерации»; объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации - [ГОСТ Р 1.4-2004](#) «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения»; общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению межгосударственных стандартов, правил и рекомендаций по межгосударственной стандартизации и изменений к ним - [ГОСТ 1.5-2001](#); правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации, общие требования к их содержанию, а также правила оформления и изложения изменений к национальным стандартам Российской Федерации - [ГОСТ Р 1.5-2012](#).

## **Сведения о стандарте организации**

### **1. РАЗРАБОТАН**

ООО НТЦ «ЭДС» при участии ООО НПО «Логотех» и ООО НПП «РОС».

### **2. ВНЕСЕН**

Департаментом эксплуатации основного оборудования

### **3. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ**

Приказом ПАО «Россети» от 25.12.2025 № 686.

### **4. ВВЕДЕН: ВПЕРВЫЕ.**

Замечания и предложения по НТД следует направлять в ПАО «Россети» согласно контактам, указанным на официальном информационном ресурсе, или электронной почтой по адресу [nto@rosseti.ru](mailto: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 их производственно-хозяйственной деятельности. В случае присоединения к стандарту сторонней организации необходимо уведомить ПАО «Россети».*

## Содержание

Введение.....	5
1 Область применения .....	7
2 Нормативные ссылки.....	8
3 Термины, определения и сокращения.....	10
3.1 Термины и определения .....	10
3.2 Обозначения и сокращения.....	12
4 Общие положения .....	13
5 Резонансный метод акустического неразрушающего контроля .....	14
5.1 Основные положения.....	14
5.2 Проведение инструментального контроля .....	14
5.3 Критерии оценки результатов инструментального контроля и образы характерных дефектов .....	16
5.4 Критерии допуска для изоляторов с «эластичным» армировочным швом .....	17
5.5 Критерии допуска для изоляторов с «жестким» армировочным швом ...	18
5.6 Критерии допуска для армированных покрышек выключателей.....	18
5.7 Рекомендации по эксплуатации и периодическому контролю после оценки результатов инструментального контроля .....	19
5.8 Оценка результатов обследования .....	26
5.9 Особенности выполнения диагностики фарфоровых изоляторов различного конструктивного исполнения .....	27
6 Метод анализа возбужденных резонансных колебаний .....	30
6.1 Основные положения.....	30
6.2 Проведение инструментального контроля .....	30
6.3 Критерии оценки результатов .....	33
6.4 Рекомендации по эксплуатации и периодическому контролю после оценки результатов инструментального контроля .....	37
6.5 Особенности проведения инструментального контроля фарфоровых изоляторов методом возбужденных резонансных колебаний .....	37
6.6 Особенности выполнения диагностики фарфоровых изоляторов методом возбужденных резонансных колебаний.....	38
7 Рекомендации по обработке и предоставлению результатов технического диагностирования.....	39
8 Требования по охране труда при выполнении инструментального контроля в открытых распределительных устройствах .....	40
8.1 Общие требования к выполнению работ и требования к персоналу.....	40
8.2 Требования по охране труда при выполнении инструментального контроля на работающем оборудовании в распределительных устройствах	41
8.3 Требования по охране труда при выполнении инструментального контроля на выведенном из работы оборудовании .....	42
9 Требования к приборам .....	43

9.1 Общие требования к приборам.....	43
9.2 Обслуживание приборов.....	45
9.3 Срок службы приборов.....	45
10 Требования к программному обеспечению.....	46
Приложение А (обязательное) Особенности проведения контроля резонансно-акустическим методом.....	48
Приложение Б (обязательное) Критерии допуска изоляторов по результатам контроля РА-методом.....	54
Приложение В (обязательное) Особенности проведения инструментального контроля методом анализа возбужденных резонансных колебаний.....	69
Приложение Г (рекомендуемое) Рекомендуемая форма протокола оформления результатов обследования.....	73
Библиография.....	75

## Введение

Настоящие методические указания по техническому диагностированию фарфоровых изоляторов электрооборудования напряжением 35-500 кВ методами акустического (виброакустического) контроля на работающем и на выведенном из работы оборудовании (далее – Стандарт) разработан с целью установления методических указаний по техническому диагностированию, оценки целостности и прочности фарфоровых опорных изоляторов, изоляторов маломасляных и воздушных выключателей, а также другого оборудования (далее - изоляторов) напряжением 35 кВ – 500 кВ виброакустическим методом на работающем оборудовании, а также оборудовании выведенном из работы.

В настоящее время на подстанциях ПАО «Россети» и ДО ПАО «Россети» эксплуатируется значительное количество опорно-стержневых фарфоровых изоляторов с длительным сроком эксплуатации. В процессе эксплуатации, в результате динамических воздействий, естественного старения фарфорового тела, развиваются трещины в изоляционном теле и клеевых швах, фланцах, локальные ослабления прочности фарфора, мест заделки изолятора во фланцы. Кроме того, возможны нарушения технологии изготовления изоляторов и крышек, например, наличие раковин в керамике, нарушение технологии выполнения клеевых швов и др. В результате происходят периодические отказы и разрушения оборудования (прежде всего, выключателей и разъединителей).

Причинами появления дефектов, приводящих к повреждению изоляторов, являются:

- атмосферные (грозы);
- старение материалов;
- посторонние воздействия;
- климатические факторы (воздействия перепадов температуры и влажности);
- развитие скрытых дефектов изготовления, которые не выявляются на заводе-изготовителе даже при формальном соответствии изоляторов всем требованиям действующей нормативно-технической документации;
- технологические нарушения при эксплуатации, проектировании и монтаже.

Таким образом, возникает необходимость проведения периодического контроля прочности и целостности фарфоровых изоляторов в процессе эксплуатации в межремонтные периоды, а также наличия методов и средств контроля, позволяющих получить результат с приемлемой достоверностью при минимальных трудозатратах и с наименьшей продолжительностью вывода оборудования из эксплуатации.

Проведение оценки технического состояния фарфоровых изоляторов виброакустическим методом рекомендовано при выявлении сколов и трещин фарфора, а также трещин в армировочных швах на основании [СТО 34.01-23.1-001-2017](#) «Объем и нормы испытания электрооборудования».

Настоящий Стандарт разработан с учётом требований действующих нормативно-правовых актов, нормативно-технических документов в части эксплуатации и охраны труда при эксплуатации электроустановок.

Стандарт разработан в целях расширения применяемых на практике средств и методов технического диагностирования для выполнения требований стандарта организации [СТО 34.01-23.1-001-2017](#), в том числе, без вывода оборудования из работы. Введение Стандарта не потребует отмены или изменения других нормативных документов.

## **1 Область применения**

Настоящий стандарт устанавливает методику контроля состояния механической прочности и целостности изоляторов, используемых для изоляции и крепления токоведущих частей в электрических аппаратах распределительных устройств класса напряжения от 35 до 500 кВ на работающем и на выведенном из работы оборудовании.

Методики, представленные в Стандарте, подлежат применению при выполнении диагностирования фарфоровых изоляторов на объектах электросетевого хозяйства ПАО «Россети» и ДО ПАО «Россети».

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем Стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

[ГОСТ 1050-2013](#)Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия.

[ГОСТ 1435-99](#) Прутки, полосы и мотки из инструментальной нелегированной стали. Общие технические условия.

[ГОСТ 18175-78](#) Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением. Марки.

[ГОСТ 30350-96](#) Микросхемы интегральные аналоговые. Общие требования к измерительной аппаратуре и условиям измерения электрических параметров.

[ГОСТ 30605-98](#) Преобразователи измерительные напряжения и тока цифровые. Общие технические условия.

[ГОСТ 4.304-85](#) Система показателей качества продукции. Аппаратура и приборы для измерения вибрации. Номенклатура показателей.

[ГОСТ 4784-2019](#) Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки.

[ГОСТ 5632-2014](#) Нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.

[ГОСТ 9389-75](#) Проволока стальная углеродистая пружинная. Технические условия.

[ГОСТ ISO 5348-2024](#) Вибрация и удар. Механическое крепление акселерометров.

[ГОСТ IEC 60384-14-2015](#) Конденсаторы постоянной емкости для электронной аппаратуры. Часть 14. Групповые технические условия. Конденсаторы постоянной емкости для подавления радиопомех и подключения к питающей магистрали.

[ГОСТ Р 2.601-2019](#) Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы.

[ГОСТ Р 52072-2003](#) Интерфейс магистральный последовательный системы электронных модулей. Тестирование компонентов физической среды. Общие требования к методам контроля.

[ГОСТ Р 8.673-2009](#) Государственная система обеспечения единства измерений. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Основные термины и определения.

[ГОСТ Р МЭК 60384-1-2003](#) Конденсаторы постоянной емкости для электронной аппаратуры. Часть 1. Общие технические условия.

[ГОСТ 12.1.002-84](#) Система стандартов безопасности труда. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.

[ГОСТ Р 52034-2023](#) (СТ СЭВ 2314-80, СТ СЭВ 2316-80) Изоляторы керамические опорные на напряжение свыше 1000 В. Общие технические условия.

[ГОСТ ИСО 7626-5-99](#) Вибрация и удар. Экспериментальное определение механической подвижности. Часть 5. Измерения, использующие ударное возбуждение возбудителем, не прикрепляемым к конструкции.

[ГОСТ Р 52034-2023](#) Изоляторы керамические опорные на напряжение свыше 1000 В. Общие технические условия.

[ГОСТ Р 56542-2019](#) Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов.

[ГОСТ Р ИСО 10846-1-2010](#) Вибрация. Измерения виброакустических передаточных характеристик упругих элементов конструкций в лабораторных условиях. Часть 1. Общие принципы измерений.

[ГОСТ Р ИСО 22096-2015](#) Контроль состояния и диагностика машин. Метод акустической эмиссии.

[ГОСТ 23829-85](#) Контроль неразрушающий акустический. Термины и определения

*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 применены термины в соответствии со стандартами: ГОСТ Р 56542, ГОСТ Р 52034, ГОСТ Р 8.673-2009, ГОСТ 23829-85, а также следующие термины с соответствующими определениями.

**3.1.1 беспроводной источник колебаний (БИК):** Прибор, служащий заменой механическому молотку, обеспечивающий стабильность ударных воздействий, управляемый по радиоканалу.

**3.1.2 глобальный максимум спектрограммы:** Наибольшее значение амплитуды по всему диапазону спектра.

**3.1.3 изолятор с нормальной прочностью (жестким армировочным швом):** Изолятор, у которого жёсткость армировочного шва соизмерима с жёсткостью фланцев и фарфорового тела.

**3.1.4 изолятор с повышенной прочностью (термокомпенсированным (эластичным) армировочным швом):** Изолятор, у которого жёсткость армировочного шва ниже жёсткости фланцев и фарфорового тела.

**3.1.5 инструментальный контроль:** Определение количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта, включающее проведение испытаний (измерений и/или контроля) и оценивание результатов.

*Примечание: термин «инструментальный контроль» используется исключительно для обозначения вида работ, проводимых в рамках технического диагностирования.*

**3.1.6 критерий допуска:** Критерий, на основании которого устанавливается пригодность образца продукции.

**3.1.7 критическое техническое состояние:** Оценка, соответствующая «неисправному» и «неработоспособному» техническому состоянию.

**3.1.8 локальный максимум (минимум) спектрограммы:** Максимальное (минимальное) значение амплитуды в выбранном частотном диапазоне.

**3.1.9 метод анализа возбужденных резонансных колебаний:** Метод неразрушающего контроля, основанный на анализе распространения возбужденных колебаний внутри контролируемого объекта.

**3.1.10 нормирование:** Выделение из полного сигнала ударного импульса.

**3.1.11 нормированный сигнал:** Сигнал, содержащий только ударный импульс.

**3.1.12 полный сигнал:** Сигнал, содержащий как фоновые значения, так и ударный импульс.

**3.1.13 резонансный метод акустического неразрушающего контроля:** Метод неразрушающего контроля, основанный на регистрации параметров резонансных механических колебаний, возбуждённых в контролируемом объекте.

**3.1.14 типовой признак:** Общий характерный признак, объединяющий группу подобных объектов определённого типа.

**3.1.15 ударный импульс:** Часть полного сигнала, начинающаяся с ударного воздействия (максимальная амплитуда в сигнале) и заканчивающаяся при спаде амплитуды до фоновых значений.

**3.1.16 ударный элемент:** Элемент конструкции, например, фланец, по которому проводилось воздействие, а также проводилась регистрация сигнала.

**3.1.17 удовлетворительное техническое состояние:** оценка, соответствующая «неисправному» но «работоспособному» техническому состоянию.

**3.1.18 фоновое значение (фон):** Часть полного сигнала, не содержащего ударного воздействия.

**3.1.19 хорошее техническое состояние:** Оценка, соответствующая «исправному» и «работоспособному» техническому состоянию.

**3.1.20 элемент-отклик:** Элемент конструкции, на котором проводилась регистрация сигнала, но не осуществлялось воздействие.

**3.1.21 энергетический спектр резонансных колебаний:** Спектрограмма параметров резонансных механических колебаний, возбуждённых в контролируемом объекте.

### 3.2 Обозначения и сокращения

АМ	– акустический модуль;
АЧХ	– амплитудно-частотная характеристика;
БИК	– беспроводной источник колебаний;
БР	– блок регистрации;
ГМакс	– глобальный максимум спектрограммы;
ДВ	– датчик вибрации;
ДО	– дочерние общества ПАО «Россети»;
ИК-контроль	– инфракрасный контроль;
ИЭ	– инструкция по эксплуатации;
ЛМакс	– локальный максимум спектрограммы;
ЛМин	– локальный минимум спектрограммы;
ОРУ	– открытое распределительное устройство;
ПК	– персональный компьютер;
ПО	– программное обеспечение;
ПС	– подстанция;
ПУ	– портативное устройство;
РА-метод	– резонансный метод акустического неразрушающегося контроля;
РЭ	– руководство по эксплуатации;
УФ-контроль	– ультрафиолетовый контроль;
ЭСРК	– энергетический спектр резонансных колебаний.

## 4 Общие положения

4.1 В настоящем Стандарте представлены две методики реализации акустического (виброакустического) контроля: РА-метод и метод возбужденных резонансных колебаний.

*Примечание. Термин виброакустический контроль используется в пп. 17.8, 29.8 СТО 34.01-23.1-001-2017. В действующей редакции ГОСТ 56542 – 2019 термин виброакустический контроль отсутствует. Данное определение было установлено в ГОСТ Р 56542-2015 (в настоящее время не действует).*

4.2 Обе методики основаны на анализе возбужденных механических собственных колебаний объекта контроля, сопровождающихся распространением упругих волн в определенном (звуковом) частотном диапазоне. При этом методы и их реализация различны.

4.3 Предлагаемые в рамках данного Стандарта методики основаны на регистрации параметров собственных (резонансных и свободных) колебаний, возбужденных в контролируемом статичном объекте внешним воздействием.

4.4 Отличие методов по классификационным признакам в соответствии с [ГОСТ Р 56542](#) представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация используемых методов

Наименование метода	Вид контроля	Классификация		
		По характеру взаимодействия физических полей с контролируемым объектом	По первичному информативному признаку	По способу получения первичной информации
Резонансно акустический	Акустический	Резонансный	Спектральный	Пьезоэлектрический
Метод возбужденных резонансных колебаний	Акустический	Свободных колебаний	Спектральный	Микрофонный, пьезоэлектрический*

Примечание: \* - при использовании контактных датчиков вибрации.

4.5 Техническое диагностирование фарфоровых изоляторов виброакустическим (акустическим) методом производится по решению технического руководителя субъекта электроэнергетики.

4.6 При выявлении сколов фарфора, трещин в армировочных швах опорных изоляторов разъединителей целесообразно провести обследование других изоляторов разъединителей и изоляционных колонок распределительного устройства.

## **5 Резонансный метод акустического неразрушающего контроля**

### **5.1 Основные положения**

5.1.1 РА-метод основан на регистрации параметров резонансных механических колебаний, возбуждённых в контролируемом объекте. Возбуждение резонансных механических колебаний выполняют воздействием на изолятор механической вибрации.

5.1.2 РА-метод обеспечивает инструментальный контроль механической прочности изоляторов, которую определяют по ЭСРК.

5.1.3 Объектами контроля данного метода являются керамические опорно-стержневые изоляторы и колонки изоляторов, изготовленные по [ГОСТ Р 52034](#), и их аналоги, а также снятые с производства и изготовленные ранее по [ГОСТ Р 52034-2023](#) (СТ СЭВ 2314-80, СТ СЭВ 2316-80) (в настоящее время не действует) и их аналоги, используемые в электроустановках напряжением от 35 до 500 кВ, а также керамические армированные покрышки колонковых выключателей напряжением 35, 110, 150, 220 кВ.

5.1.4 Контролю в условиях эксплуатации (без вывода оборудования из работы) подлежат только опорно-стержневые изоляторы и составные колонки из них, установленные вертикально на шинных опорах, на наружных двухполюсных разъединителях горизонтально-поворотного, вертикально-рубящего, полупантографного и двухразрывного типов, на наружных разъединителях пантографного типа с вертикальным разрывом.

5.1.5 Для инструментального контроля армированных покрышек высоковольтных выключателей на напряжение 110, 150, 220 кВ требуется вывод оборудования из работы.

### **5.2 Проведение инструментального контроля**

5.2.1 Весь цикл работ состоит из трех основных последовательных этапов:

- №1 подготовка к работе;
- №2 регистрация резонансных колебаний изолятора;
- №3 анализ результатов.

Этап № 1 включает в себя мероприятия по допуску на объект и подготовку оборудования, определение расположения обследуемого изолятора в распределительном устройстве относительно диспетчерского наименования разъединителя, полюса и фазы разъединителя, назначения изолятора и/или определение заводского номера изолятора.

Этап №2 выполняется непосредственно на месте размещения изоляторов и включают идентификацию изолятора, установку контактных элементов прибора на контрольные поверхности, подачу вибрационного воздействия и запись сигналов резонансной реакции изолятора.

Этап №3 включает в себя передачу результатов регистрации из внутренней памяти прибора в память ПК, анализ результатов

инструментального контроля и определение вида состояния механической прочности изолятора, оформление результатов технического диагностирования. Этап № 3 может быть выполнен на рабочем месте, оборудованном компьютером с установленным специализированным ПО.

5.2.2 Для проведения инструментального контроля необходимо установить прибор на пластину крепления нижнего фланца обследуемого изолятора либо на пластину крепления нижнего фланца нижнего изолятора обследуемой колонки. Для контроля на работающем оборудовании достаточно зарегистрировать параметры только в одной контрольной точке.

5.2.3 Проведение инструментального контроля РА-методом осуществляется с учетом правил Приложения А.

5.2.4 Результатом инструментального контроля является спектрограмма ЭСРК изолятора.

5.2.5 Инструментальный контроль целесообразно проводить периодически с учетом рекомендаций п. 5.7.

5.2.6 При первичном обследовании изоляторов с повышенной прочностью рекомендуется провести не менее 4 инструментальных контролей при среднесуточных положительных и среднесуточных отрицательных температурах воздуха с интервалом 4 – 8 месяцев (цикл контроля) в зависимости от климатического региона, т.е. с чередованием знака среднесуточной температуры.

5.2.7 При первичном обследовании изоляторов с нормальной прочностью рекомендуется провести не менее 3 инструментальных контролей при среднесуточных положительных и среднесуточных отрицательных температурах воздуха с интервалом 4 – 8 месяцев (цикл контроля) в зависимости от климатического региона, т.е. с чередованием знака среднесуточной температуры.

5.2.8 При периодическом обследовании рекомендуется провести не менее 2 инструментальных контролей при среднесуточных положительных и среднесуточных отрицательных температурах воздуха с интервалом 4 – 8 месяцев (цикл контроля) в зависимости от климатического региона, т.е. с чередованием знака среднесуточной температуры.

5.2.9 Температура окружающего воздуха измеряется штатными инструментами для фиксации наружной температуры на ПС (пирометр, термометр). Точность определения температуры не нормируется, температурный «переход» через 0 °С определяется изменением агрегатного состояния пресной воды.

5.2.10 После каждого ремонта оборудования с демонтажем и заменой изоляторов, ранее полученные по нему спектрограммы не являются действительными.

5.2.11 Основным критерием допуска при оценке механической прочности изолятора или изоляционной колонки является неизменность во времени ЭСРК при установившихся среднесуточных отрицательных и положительных температурах воздуха.

5.2.12 При изменениях среднесуточной температуры воздуха с положительных до отрицательных значений и обратно у изоляторов, не имеющих дефектов, частотный состав вибрации (ЭСРК) не изменяется.

5.2.13 У изоляторов, имеющих технологические или некритические дефекты, при колебаниях температуры воздуха может незначительно изменяться механическая прочность, соответственно незначительно изменяются их ЭСРК.

5.2.14 У изоляторов с увлажнёнными армировочными швами или неоднородностями армировочных швов при температурных изменениях меняется их механическая жёсткость, что приводит к изменению параметров собственных колебаний (ЭСРК) такого изолятора в соответствующих диапазонах частот.

5.2.15 При многократных температурных колебаниях с переходом через нулевое значение, изолятор с увлажнённым армировочным швом может получить повреждение в районе нижнего или верхнего фланца.

5.2.16 При изменениях среднесуточной температуры воздуха с положительных до отрицательных значений и обратно у изоляторов с «эластичным» армировочным швом происходит неравномерное изменение размеров его составных элементов и изменение эластичности термокомпенсирующего слоя, что приводит к изменению жесткостных характеристик соединений составных элементов, следовательно, приводит и к изменению ЭСРК изоляторов.

### **5.3 Критерии оценки результатов инструментального контроля и образы характерных дефектов**

5.3.1 В общем случае, ЭСРК изолятора или изоляционной колонки, полученный при первом инструментальном контроле, является базовым для сравнения с ЭСРК, полученными при последующих инструментальных контролях, для оценки состояния механической прочности по основному критерию допуска и определения природы возникновения и динамики развития дефекта.

5.3.2 При оценке результатов контроля необходимо учитывать конструктивные особенности изоляторов, которые по исполнению могут быть условно разделены на две группы:

- изоляторы с повышенной прочностью;
- изоляторы с нормальной прочностью.

5.3.3 Оценка состояния изолятора без использования основного критерия допуска осуществляется путём сравнения текущей спектрограммы его ЭСРК с типовыми образцами, соответствующими определённым типам дефектов.

Примеры спектрограмм одиночного изолятора без признаков дефекта и с признаками критического дефекта представлены на рисунках 1, 2 соответственно.

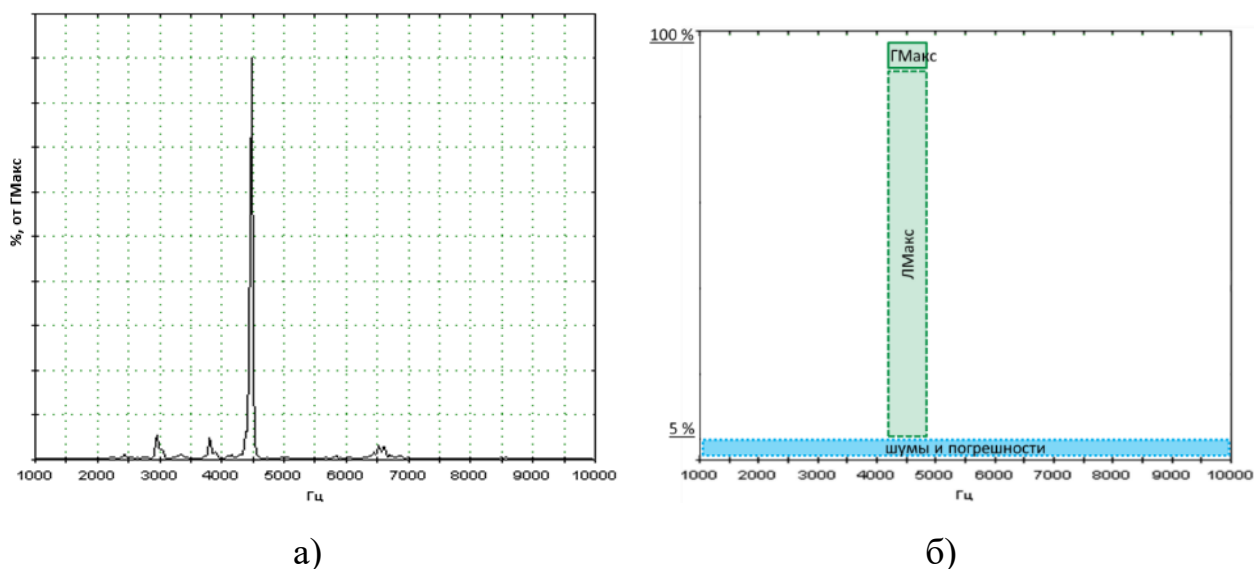


Рисунок 1 – Пример спектрограммы одиночного изолятора без признаков дефекта (а) и типовое распределение ГМакс и ЛМакс на спектрограмме при отсутствии признаков дефекта (б)

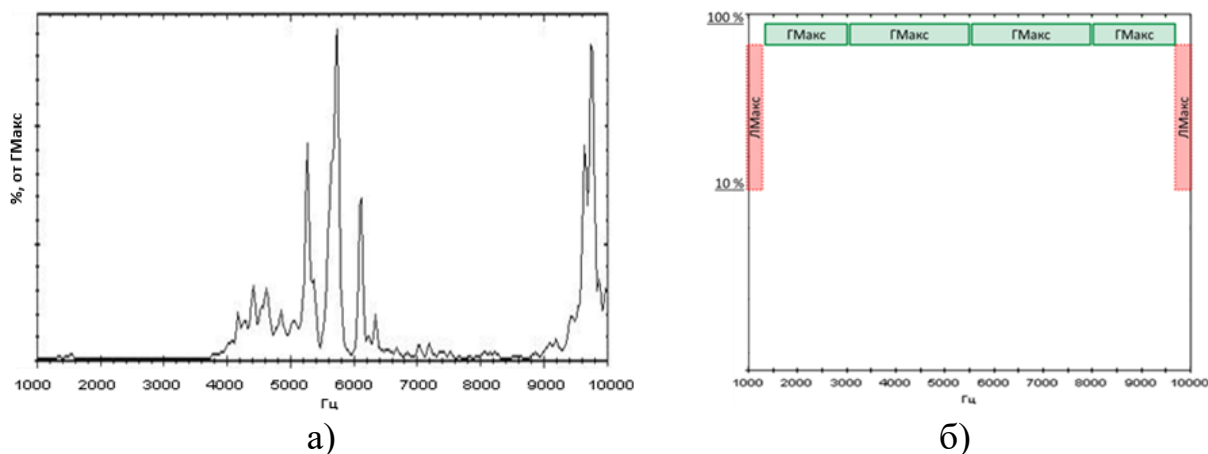


Рисунок 2 – Пример спектрограммы одиночного изолятора с признаками критического дефекта (а) и типовое распределение ГМакс и ЛМакс на спектрограмме с признаками критического дефекта (б)

## 5.4 Критерии допуска для изоляторов с повышенной прочностью

5.4.1 В конструкции изоляторов с повышенной прочностью применяют материалы термокомпенсирующих элементов и элементов гидроизоляции с улучшенными характеристиками, такие изоляторы имеют лучшую устойчивость к температурным перепадам.

5.4.2 Изоляторы с повышенной прочностью изготавливаются отечественными производителями (буква «М» в условном обозначении изолятора), а также производителями из Китая, Индии (внешне не идентифицируются) и западной Европы (наиболее распространённые – АВВ и РРС).

5.4.3 В конструкции изолятора с повышенной прочностью существуют упругие связи и зазоры между фарфоровым стержнем, армировочными швами

и фланцами, которые ограничены упругостью термокомпенсирующих элементов. В связи с этим собственные колебания такого изолятора имеют несколько локальных экстремумов.

5.4.4 При анализе спектрограмм изоляторов с повышенной прочностью рекомендуется использовать логарифмический масштаб просмотра.

5.4.5 Критерии допуска для изоляторов с повышенной прочностью при первичном инструментальном контроле (одиночных обследованиях) представлены в таблице Б1 (Приложение Б).

5.4.6 По признакам и образам дефектов (таблица Б1) определяется отсутствие дефекта (при положительных или отрицательных температурах), некритический или критический дефекты.

5.4.7 При оценке состояния механической прочности изолятора с повышенной прочностью по основному критерию допуска сравнению подлежат спектрограммы, полученные при одинаковых температурных условиях.

5.4.8 При периодическом (повторном) инструментальном контроле, выполненном при различных температурах, состояние механической прочности изоляторов или колонок изоляторов, ранее допущенных к эксплуатации, уточняют по критериям, представленным в таблице Б2 (Приложение Б).

5.4.9 По признакам (таблица Б2) определяется отсутствие дефекта, неразвивающийся или развивающийся некритический дефекты.

## **5.5 Критерии допуска для изоляторов с нормальной прочностью**

5.5.1 Критерии допуска при первичном обследовании для изоляторов с нормальной прочностью представлены в таблице Б3 (Приложение Б).

5.5.2 По признакам и образам дефектов (таблица Б3) определяется отсутствие дефекта, некритический (1, 2 типы) дефект или критический (1, 2, 3 типы) дефект.

5.5.3 При периодическом инструментальном контроле состояние механической прочности изоляторов или колонок изоляторов, ранее допущенных к эксплуатации, уточняют по критериям допуска, приведенным в таблице Б4 (Приложение Б).

5.5.4 По признакам (таблица Б4) определяется отсутствие дефекта, некритические (без повреждения структуры материала, с повреждением структуры материала, монтажный) дефекты или критический дефект.

## **5.6 Критерии допуска для армированных покрышек выключателей**

5.6.1 Применение основного критерия допуска для армированных покрышек выключателей РА-методом затруднено, так как для обследования необходим вывод оборудования из работы с последующим подъемом на высоту, либо демонтажем колонки выключателя.

5.6.2 На практике инструментальный контроль покрышки, установленной на оборудовании, выполняют при отключениях рабочего напряжения или после её демонтажа, которые производят в период летних ремонтных кампаний с длительным межремонтным промежутком. В таких условиях невозможно выполнение периодических сезонных работ 2 раза в год после смены положительных и отрицательных значений температуры воздуха.

5.6.3 Для анализа полученных результатов используют критерии допуска, представленные в таблице Б5 (Приложение Б).

## **5.7 Рекомендации по эксплуатации и периодическому контролю после оценки результатов инструментального контроля**

5.7.1 Рекомендации по дальнейшей эксплуатации изоляторов представлены в таблицах 2-4.

Таблица 2 – Рекомендации по эксплуатации и периодическому контролю изоляторов с повышенной прочностью

Срок эксплуатации	Условия работы	Тип дефекта	Рекомендации по эксплуатации и контролю
<b>Первичный контроль</b>			
Эксплуатация свыше гарантийного срока	Все оборудование	Отсутствие дефекта	Первичный контроль проводится после истечения гарантийного срока. Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации при условии дальнейшего контроля при положительных и отрицательных температурах воздуха для подтверждения отсутствия дефекта по основному критерию допуска. После завершения полного цикла контроля изолятор или колонка изоляторов оценивается по критериям периодического контроля.
		Некритический дефект	
		Критический дефект	Одиночный изолятор подлежит выводу из эксплуатации, дальнейший контроль нецелесообразен. Колонку изоляторов следует вывести из эксплуатации и демонтировать. Обследовать каждый изолятор в отдельности, определить изоляторы, которые подлежат замене.
<b>Периодический контроль</b>			
Эксплуатация в пределах нормативного срока службы	Все оборудование в умеренном климате	Отсутствие дефекта	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации без контроля до следующих работ, связанных со средним ремонтом разъединителя (но не позднее, чем через 6 лет).
		Неразвивающийся некритический дефект	
		Монтажный дефект	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации без контроля при условии учащенного внешнего осмотра элемента и ограничения (при возможности) числа коммутаций разъединителя до устранения причины дефекта (например, подтяжки креплений), после чего начать новый цикл контроля.
		Развивающийся некритический дефект	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации при условии дальнейшего контроля при положительных и отрицательных температурах воздуха до развития критического дефекта.
		Критический дефект	Одиночный изолятор подлежит выводу из эксплуатации, дальнейший контроль нецелесообразен. Колонку изоляторов следует вывести из эксплуатации и демонтировать. Обследовать каждый изолятор в отдельности, определить изоляторы, которые подлежат замене.

Продолжение таблицы 2

Срок эксплуатации	Условия работы	Тип дефекта	Рекомендации по эксплуатации и контролю
Эксплуатация в пределах нормативного срока службы	Поворотные в холодном или морском климате	Отсутствие дефекта	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации без контроля до следующих работ, связанных со средним ремонтом разъединителя (но не позднее, чем через 6 лет).
		Неразвивающийся некритический дефект	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации без контроля до следующих работ, связанных с ремонтом разъединителя (но не позднее, чем через 3 года).
		Монтажный дефект	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации при условии дальнейшего контроля при положительных и отрицательных температурах воздуха, учащенного внешнего осмотра элемента и ограничения (при возможности) числа коммутаций разъединителя до устранения причины дефекта.
		Развивающийся некритический дефект	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации при условии дальнейшего контроля при положительных и отрицательных температурах воздуха, учащенного внешнего осмотра элемента и ограничения (при возможности) числа коммутаций разъединителя до развития критического дефекта.
		Критический дефект	Одиночный изолятор подлежит выводу из эксплуатации, дальнейший контроль нецелесообразен. Колонку изоляторов следует вывести из эксплуатации и демонтировать. Обследовать каждый изолятор в отдельности, определить изоляторы, которые подлежат замене.
	Опорные в холодном или морском климате	Отсутствие дефекта	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации без контроля до следующих работ, связанных со средним ремонтом разъединителя (но не позднее, чем через 6 лет).
		Неразвивающийся некритический дефект	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации без контроля до следующих работ, связанных со средним ремонтом разъединителя (но не позднее, чем через 6 лет).
		Монтажный дефект	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации без контроля при условии учащенного внешнего осмотра элемента и ограничения (при возможности) числа коммутаций разъединителя до устранения причины дефекта (например, подтяжки креплений), после чего начать новый цикл контроля.

Продолжение таблицы 2

Срок эксплуатации	Условия работы	Тип дефекта	Рекомендации по эксплуатации и контролю
Эксплуатация в пределах нормативного срока службы	Все оборудование	Развивающийся некритический дефект	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации при условии дальнейшего контроля при положительных и отрицательных температурах воздуха до развития критического дефекта.
		Критический дефект	Одиночный изолятор подлежит выводу из эксплуатации, дальнейший контроль нецелесообразен. Колонку изоляторов следует вывести из эксплуатации и демонтировать. Обследовать каждый изолятор в отдельности, определить изоляторы, которые подлежат замене.
Эксплуатация свыше нормативного срока службы	Все оборудование	Отсутствие дефекта	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации без контроля до следующих работ, связанных со средним ремонтом разъединителя (но не позднее, чем через 6 лет).
		Неразвивающийся некритический дефект	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации без контроля до следующих работ, связанных с ремонтом разъединителя (но не позднее, чем через 3 года).
		Монтажный дефект	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации при условии дальнейшего контроля при положительных и отрицательных температурах воздуха, учащенного внешнего осмотра элемента и ограничения (при возможности) числа коммутаций разъединителя до устранения причины дефекта (например, подтяжки креплений), после чего начать новый цикл контроля.
		Развивающийся некритический дефект	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации при условии дальнейшего контроля при положительных и отрицательных температурах воздуха, учащенного внешнего осмотра элемента и ограничения (при возможности) числа коммутаций разъединителя до развития критического дефекта.
		Критический дефект	Одиночный изолятор подлежит выводу из эксплуатации, дальнейший контроль нецелесообразен. Колонку изоляторов следует вывести из эксплуатации и демонтировать. Обследовать каждый изолятор в отдельности, определить изоляторы, которые подлежат замене.

Таблица 3 – Рекомендации по эксплуатации и периодическому контролю изоляторов с нормальной прочностью

Срок эксплуатации	Условия работы	Тип дефекта	Рекомендации по эксплуатации и периодическому контролю
<b>Первичный контроль</b>			
Эксплуатация свыше гарантийного срока	Все оборудование	Отсутствие дефекта	Первичный контроль проводится после истечения гарантийного срока. Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации при условии дальнейшего контроля при положительных и отрицательных температурах воздуха для подтверждения отсутствия дефекта по основному критерию допуска. После завершения полного цикла контроля изолятор или колонка изоляторов оценивается по критериям периодического контроля.
		Некритический дефект 1 типа	
		Некритический дефект 2 типа	
		Критический дефект любого типа	Одиночный изолятор подлежит выводу из эксплуатации, дальнейший контроль нецелесообразен. Колонку изоляторов следует вывести из эксплуатации и демонтировать. Обследовать каждый изолятор в отдельности, определить изоляторы, которые подлежат замене.
<b>Периодический контроль</b>			
Эксплуатация в пределах нормативного срока службы	Все оборудование	Отсутствие дефекта	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации без контроля. Последующий цикл контроля провести до следующего среднего ремонта разъединителя (но не позднее, чем через 6 лет).
		Неразвивающийся некритический дефект без повреждения структуры материала	
		Монтажный некритический дефект	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации при условии учащенного внешнего осмотра элемента и ограничения (при возможности) числа коммутаций разъединителя до устранения причины дефекта (например, подтяжки креплений), после чего начать новый цикл контроля.
		Неразвивающийся некритический дефект с повреждением структуры материала	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации без контроля. Последующий цикл контроля провести до следующего ремонта разъединителя (но не позднее, чем через 3 года).

Продолжение таблицы 3

Срок эксплуатации	Условия работы	Тип дефекта	Рекомендации по эксплуатации и периодическому контролю
Эксплуатация в пределах нормативного срока службы	Все оборудование	Развивающийся некритический дефект с повреждением структуры материала	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации при условии дальнейшего контроля при положительных и отрицательных температурах воздуха, учащенного внешнего осмотра элемента и ограничения (при возможности) числа коммутаций разъединителя до развития критического дефекта.
		Критический дефект	Одиночный изолятор подлежит выводу из эксплуатации, дальнейший контроль нецелесообразен. Колонку изоляторов следует вывести из эксплуатации и демонтировать. Обследовать каждый изолятор в отдельности, определить изоляторы, которые подлежат замене.
Эксплуатация свыше нормативного срока службы	Все оборудование	Отсутствие дефекта	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации без контроля. Последующий цикл контроля рекомендуется провести перед проведением среднего ремонта разъединителя (но не позднее, чем через 6 лет).
		Неразвивающийся некритический дефект без повреждения структуры материала	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации без контроля в течение 3 – 6 лет или до следующего ремонта разъединителя. После истечения указанного срока следует выполнить новый цикл контроля.
		Монтажный некритический дефект	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации при условии учащенного внешнего осмотра элемента и ограничения (при возможности) числа коммутаций разъединителя до устранения причины дефекта (например, подтяжки креплений), после чего начать новый цикл контроля.
		Неразвивающийся некритический дефект с повреждением структуры материала	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации без контроля до следующего ремонта разъединителя (но не позднее, чем через 3 года). После истечения указанного срока следует выполнить новый цикл контроля.
		Развивающийся некритический дефект с повреждением структуры материала	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации при условии дальнейшего контроля при положительных и отрицательных температурах воздуха, учащенного внешнего осмотра элемента и ограничения (при возможности) числа коммутаций разъединителя до развития критического дефекта.

Продолжение таблицы 3

Срок эксплуатации	Условия работы	Тип дефекта	Рекомендации по эксплуатации и периодическому контролю
Эксплуатация свыше нормативного срока службы	Все оборудование в умеренном климате	Развивающийся некритический дефект с повреждением структуры материала	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации при условии дальнейшего контроля при положительных и отрицательных температурах воздуха, учащенного внешнего осмотра элемента и ограничения (при возможности) числа коммутаций разъединителя до развития критического дефекта.
	Все оборудование	Развивающийся некритический дефект с повреждением структуры материала	Изолятор или колонка изоляторов допускается к эксплуатации при условии дальнейшего контроля при положительных и отрицательных температурах воздуха, учащенного внешнего осмотра элемента и ограничения (при возможности) числа коммутаций разъединителя до развития критического дефекта.
	Все оборудование	Критический дефект	Одиночный изолятор подлежит выводу из эксплуатации, дальнейший контроль нецелесообразен. Колонку изоляторов следует вывести из эксплуатации и демонтировать. Обследовать каждый изолятор в отдельности, определить изоляторы, которые подлежат замене.

Таблица 4 – Рекомендации по эксплуатации и периодическому контролю армированных покрышек выключателей

Срок эксплуатации	Условия работы	Тип дефекта	Рекомендации по эксплуатации и контролю
Эксплуатация свыше гарантийного срока	На выключателях	Отсутствие дефекта	Покрышка допускается к эксплуатации до следующего среднего ремонта выключателя со снятием напряжения и применением грузоподъемных механизмов.
		Некритический дефект	Покрышка допускается к эксплуатации при условии учащенного осмотра элемента до следующих работ выключателя со снятием напряжения и применением грузоподъемных механизмов.
		Критический дефект	Покрышка выключателя подлежит выводу из эксплуатации, дальнейший контроль нецелесообразен.

## 5.8 Оценка результатов обследования

5.8.1 По результатам анализа ЭСРК изоляторы или изоляционные колонки с любыми типами швов могут соответствовать следующим типам состояния:

- критическое;
- удовлетворительное;
- хорошее.

5.8.2 Критическое состояние изолятора – изолятор признается не годным для дальнейшей эксплуатации и должен быть заменен. Критическое состояние изолятора или изоляционные колонки может быть установлено при любом инструментальном контроле без применения основного критерия допуска при определении критического дефекта в соответствии таблицами Б1 - Б5. Для изоляторов в критическом состоянии возможна потеря их несущей способности.

5.8.3 Удовлетворительное состояние изолятора – изолятор подлежит периодическому контролю во время эксплуатации. Это состояние устанавливается во всех остальных случаях (наличие некритических дефектов или отсутствие дефекта).

5.8.4 Хорошее состояние изолятора – изолятор признается годным к дальнейшей эксплуатации. Данное состояние может быть установлено только по основному критерию допуска после полного цикла инструментального контроля, при этом должно быть выполнено не менее двух испытаний для каждого температурного значения (установившаяся среднесуточная положительная и установившаяся среднесуточная отрицательная температура воздуха).

5.8.5 При первичном инструментальном контроле основной критерий допуска не применяется. Оценка состояния изоляторов проводится согласно п. 5.4, 5.5, 5.6.

5.8.6 Для подтверждения достоверности критического дефекта рекомендуется применение метода анализа возбужденных резонансных колебаний (раздел 6 настоящего Стандарта), а также методов акустико-эмиссионного контроля. Допускается использование теплового вида контроля (ИК-контроль) и/или метода рассеянного излучения оптического вида контроля (УФ-контроль).

## **5.9 Особенности выполнения диагностики фарфоровых изоляторов различного конструктивного исполнения**

### **5.9.1 Общие рекомендации для анализа спектрограмм**

5.9.1.1 Анализ спектрограмм проводится при помощи специализированного ПО с учетом критериев допуска (пп. 5.4 – 5.6) вручную/полуавтоматически/автоматически.

5.9.1.2 При значениях  $L_{\text{Макс}}$  менее 10 % от  $\Gamma_{\text{Макс}}$  рекомендуется использовать логарифмический масштаб просмотра спектрограммы, в котором легче определяются признаки изолятора с повышенной прочностью и признаки наличия дополнительных  $L_{\text{Макс}}$  за пределами диапазона оценки.

5.9.1.3 Если контролируемый изолятор сложно идентифицировать по типу армировочного шва, дате выпуска или предприятию-изготовителю, то также рекомендуется дополнительно использовать логарифмический масштаб просмотра для предотвращения возможной ошибочной отбраковки исправного изолятора с повышенной прочностью по признакам дефектов, применяемым для изоляторов с нормальной прочностью.

5.9.1.4 ЭСРК изоляторов зависят от скорости распространения упругих волн в материалах в акустическом диапазоне частот. В связи с наличием технологических допусков при производстве изоляторов существуют различия в химическом и структурном составе материала, как между разными партиями, так и в пределах одной партии, что приводит к «уникальности» ЭСРК каждого изолятора.

Для спектрограммы качественного и исправного изолятора возможно отклонение от «идеальной» формы.

### **5.9.2 Рекомендации по анализу спектрограмм колонок изоляторов**

5.9.2.1 Для спектрограммы колонки изоляторов характерно наложение «уникальных» частот каждого изолятора в колонке. При этом невозможно точно идентифицировать соответствие какой-либо частоты на спектрограмме сборной колонки изоляторов (рисунок 3).

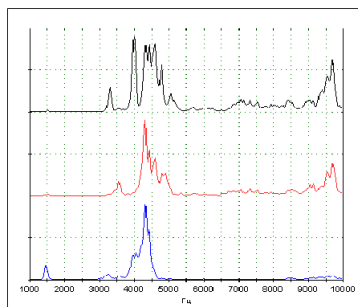


Рисунок 3 – Чёрный: спектрограммы колонки из двух изоляторов в сборе; красный: спектрограммы верхнего изолятора после демонтажа; синий: спектрограммы нижнего изолятора после демонтажа

5.9.2.2 Для определения дефектного изолятора необходимо демонтировать колонку. После разборки изоляторной колонки следует обследовать каждый изолятор в отдельности, при этом определить изоляторы, которые могут быть допущены к эксплуатации или подлежат замене.

### 5.9.3 Рекомендации по анализу спектрограмм усиленных конструкций

5.9.3.1 В эксплуатации применяются усиленные конструкции разъединителей, у которых кроме поворотных колонок установлены по две параллельные опорные колонки (рисунок 4) или три параллельные колонки на одной поворотной плите. Также парные усиленные колонки устанавливаются на шлейфовых опорах.

Подобные колонки обычно стоят на одном основании и имеют стяжки на фланцах. Тем не менее, имеется отдельный доступ под нижний фланец каждой колонки.



Рисунок 4 – Внешний вид составной конструкции

5.9.3.2 При контроле одной из колонок, в её частотном спектре будут присутствовать следы вибрации соседней колонки. Таким образом, признаки любого дефекта будут отображаться на спектрограммах обеих колонок. Наиболее выраженные признаки дефекта будут на спектрограмме дефектной колонки (рисунок 5).

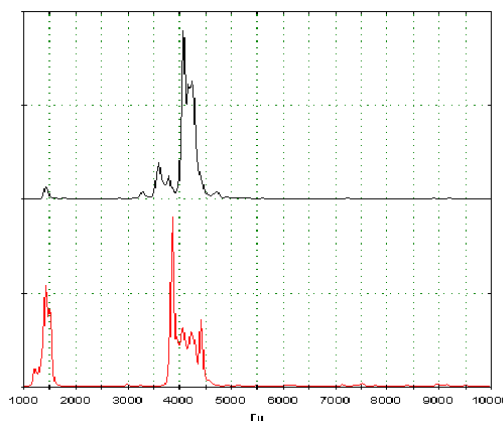


Рисунок 5 – Спектрограммы составной конструкции: черная - колонки без дефекта, красная – колонки с дефектом

#### 5.9.4 Рекомендации для проведения испытаний армированных покрышек выключателей

5.9.4.1 Конструктивно армированная покрышка выключателя является полой трубой с массой и механической жёсткостью большими, чем у стержневых изоляторов.

5.9.4.2 При обследовании керамических армированных покрышек выключателей необходимо проводить снятие спектрограмм в четырех секторах каждого фланца (в соответствии с Приложением А).

5.9.4.3 Для проведения подобных испытаний требуется вывод выключателя из работы с последующим демонтажем покрышки, либо проведение работ на высоте с применением строительных лесов или автовышки.

5.9.4.4 В некоторых случаях особенности расположения подъездных путей на ОРУ, ограничения на место установки автовышки около выключателя и плотность установленного оборудования не позволяют обеспечить полноценный доступ ко всем секторам всех фланцев покрышек каждой фазы выключателя. В таких случаях инструментальный контроль покрышек следует выполнять во время плановых работ с выключателем, предусматривающих демонтаж таких покрышек.

5.9.4.5 Наличие или отсутствие масла или элегаза в выключателе, а также параметры внутреннего давления не оказывают влияния на результаты инструментального контроля покрышек в составе выключателя.

## 6 Метод анализа возбужденных резонансных колебаний

### 6.1 Основные положения

6.1.1 Метод анализа возбужденных резонансных колебаний основан на анализе распространения возбужденных колебаний внутри конструкции при импульсном воздействии – возбуждении в исследуемом объекте резонансных колебаний, отличающихся гармоническим составом и затухающих во времени с разной скоростью.

6.1.2 Метод анализа возбужденных резонансных колебаний обеспечивает контроль механической прочности изоляторов, которую определяют по АЧХ.

6.1.3 Метод анализа возбужденных резонансных колебаний рекомендуется применять в качестве дополнительного метода оценки технического состояния опорно-стержневых изоляторов отделителей и разъединителей напряжением 35 - 500 кВ, а также для оценки состояния колонок изоляторов и покрышек высоковольтных выключателей, находящихся в работе.

6.1.4 Техническое диагностирование дугогасительных камер «Г-образных» выключателей возможна только на выведенном из работы выключателе с подъемом на высоту для проведения обследования.

6.1.5 Метод позволяет провести отдельную оценку состояния основных конструктивных элементов (рисунок 8), таких как: металлические фланцы, заделка, фарфоровое тело, а также оценить состояние крепления изолятора к раме.



Рисунок 6 – Условная схема изолятора (а), изолятор в эксплуатации (б): 1 – металлический фланец; 2 – заделка; 3 – фарфоровое тело; 4 – крепление нижнего металлического фланца изолятора к опорной металлической раме

### 6.2 Проведение инструментального контроля

6.2.1 Цикл работ состоит из трех основных последовательных этапов:

- №1 подготовка к работе;
- №2 регистрация АЧХ;
- №3 анализ результатов.

Этап № 1 включает в себя мероприятия по допуску на объект и подготовке оборудования, а также проверке работоспособности прибора согласно инструкции по эксплуатации, определение расположения обследуемого изолятора в распределительном устройстве относительно диспетчерского наименования разъединителя, полюса и фазы разъединителя, назначения изолятора и/или определение заводского номера изолятора.

Этап №2 выполняется непосредственно на месте размещения изоляторов, производится установка датчиков и осуществление импульсного воздействия, запись результатов.

Этап №3 включает в себя анализ результатов обследования и определение вида состояния механической прочности изолятора, оформление результатов технического диагностирования. Этап №3 может быть выполнен на любом рабочем месте.

6.2.2 При проведении инструментального контроля (этап №2) применяются направленные акустические модули - АМ или датчики вибрации - ДВ. При работе под напряжением применяются АМ, контактные ДВ применяются только на выведенном из работы оборудовании.

6.2.3 АМ устанавливаются на штатив и наводятся на точки контроля при помощи лазерного указателя, места наведения модулей указаны стрелками на рисунке 9 (а). При проведении инструментального контроля на выведенном из работы оборудовании ДВ устанавливаются в точки, указанные на рисунке 9 (б).

6.2.4 Импульсное воздействие производится по нижнему фланцу (рисунок 8) при помощи беспроводного источника колебаний (БИК), при отсутствии возможности установки БИК производится импульсное воздействие при помощи специализированного инструмента.

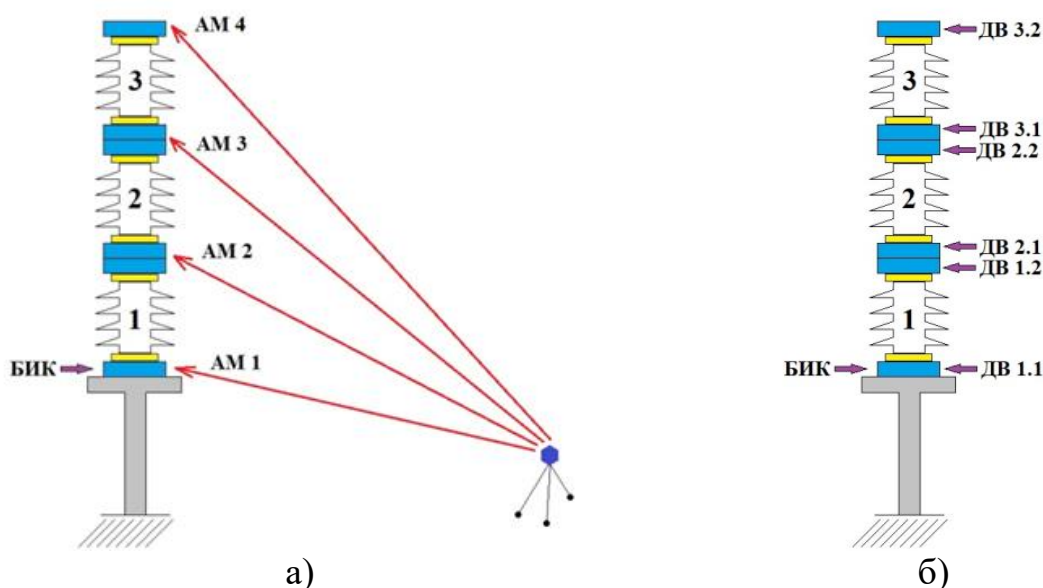


Рисунок 7 – Схемы установки: а) акустических модулей и возбудителя колебаний, применение доступно при наличии напряжения; б) датчиков вибрации и возбудителя колебаний, применение допустимо только при снятом напряжении

6.2.5 Результатом инструментального контроля является регистрация импульсного воздействия в виде АЧХ виброускорения (при использовании ДВ) или АЧХ звукового давления (при использовании АМ) (рисунок 10, а, в). После регистрации сигнала проводится его нормирование (рисунок 10, б).

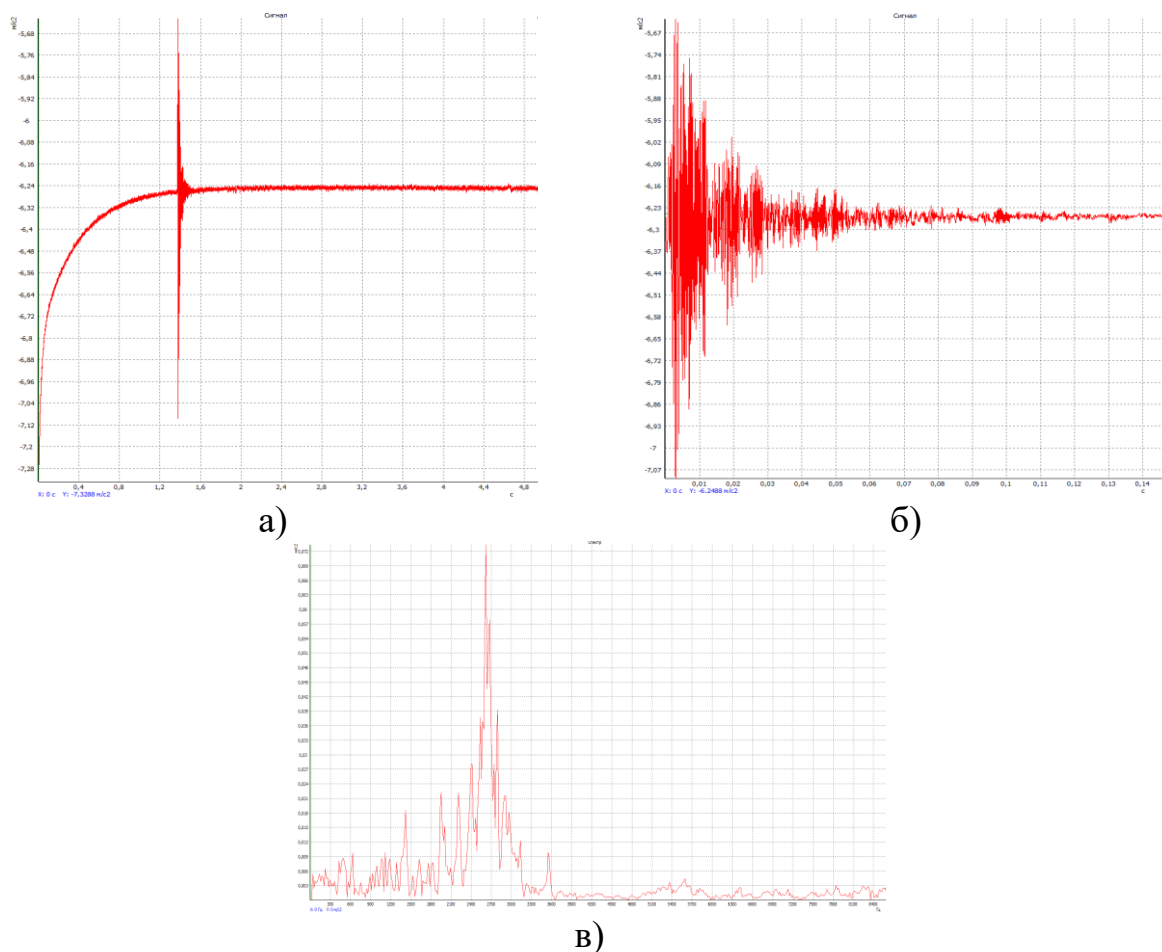


Рисунок 8 – зарегистрированный сигнал (а), нормированный сигнал (б), спектр нормированного сигнала (в)

6.2.6 Инструментальный контроль рекомендуется проводить, начиная с ввода оборудования в эксплуатацию и до вывода из нее.

6.2.7 С целью обеспечения качества инструментального контроля и исключения помех рекомендуется проводить не менее 4-х регистраций подряд.

6.2.8 Сигнал с датчика: АМ или ДВ, установленного на нижнем фланце, указывает на состояние нижнего фланца и заделки нижнего фланца. Сигнал с датчика, установленного на верхнем фланце, указывает на состояние верхнего фланца. Состояние фарфорового тела может определяться при анализе как спектрограммы нижнего, так и верхнего фланцев, при анализе прохождения сигнала между фланцами.

6.2.9 Особенности проведения инструментального контроля методом анализа возбужденных резонансных колебаний осуществляется представлены в Приложении В.

## 6.3 Критерии оценки результатов

6.3.1 Для выявления дефектов по характерным образам используется спектр нормированных сигналов. Диапазон частот для элементов изолятора (рисунок 8) следующий: металлический фланец – от 2000 до 3000 Гц, заделка армировочного шва – от 200 до 600 Гц, фарфоровое тело – от 3500 до 6000 Гц.

6.3.2 Общее техническое состояние изоляторов определяется по наихудшему техническому состоянию его основных конструктивных элементов (металлический фланец, заделка, фарфоровое тело).

6.3.3 Технического состояния контролируемого объекта может определяться персоналом вручную или автоматически при помощи специализированного ПО.

### 6.3.4 Ручная обработка результатов

6.3.4.1 Анализ проводится по несущей (наибольшей в выбранном диапазоне частот) гармонике.

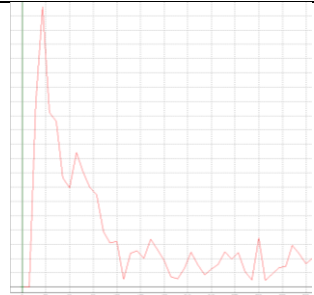
6.3.4.2 Тип дефекта определяется исходя из сравнения с типовыми образцами дефектов (таблица 5).

Таблица 5 – Типы и образы основных дефектов

№ п/п	Тип дефекта	Описание дефекта	Образ дефекта
1	Трещина	- Наличие в спектре «вилки».	 Спектральный анализ, показывающий несколько остроконечных пиков, расположенных симметрично относительно основной несущей гармоники, что указывает на наличие трещины.
2	Микротрещина	- Наличие в спектре не менее 3-4 «вилков» менее 10% от высоты гармоники.	 Спектральный анализ, показывающий несколько небольших пиков («вилков»), высота которых составляет менее 10% от высоты основной несущей гармоники, что указывает на наличие микротрещины.
3	Старение (ослабление структуры) материала	- Наличие значительного количества дополнительных гармоник сопоставимых по уровню с несущей гармоникой. - Отсутствие ярко выраженной несущей гармоники в выделенном диапазоне частот. - Ширина несущей гармоники сопоставима с ее высотой.	 Спектральный анализ, показывающий широкий спектр с множеством пиков, включая несущую гармонику, которая не является доминирующей, что указывает на старение материала.

№ п/п	Тип дефекта	Описание дефекта	Образ дефекта

Окончание таблицы 5

№ п/п	Тип дефекта	Описание дефекта	Образ дефекта
4	Ослабление крепления изолятора и/или значительный люфт в поворотном механизме	- Наличие пика в диапазоне частот 10-40 Гц.	

6.3.4.3 Дефекты, указанные в таблице 5, определяются для каждого конструктивного элемента изолятора в соответствии с диапазоном частот из п. 6.3.1. Для каждого элемента изолятора указывается техническое состояние исходя из признаков (таблица 6).

Таблица 6 – Уровни технического состояния

Диагностический элемент	Техническое состояние	Признаки
Элементы изолятора	Критическое	- Наличие трещин: высота «вилки» 50% и более от высоты несущей гармоники. - Наличие микротрещин: 5 и более микротрещин в несущей гармоники. - Наличие ослабления структуры материала: присутствие более 50% гармоник от общего количества сопоставимых по уровню с амплитудой несущей гармоники. - Несовпадение частотного диапазона несущей гармоники сигналов с ударного элемента и элемента-отклика. - Любые сочетания вышеуказанных дефектов.
	Удовлетворительное	- Наличие трещин: высота «вилки» менее 50% от высоты несущей гармоники. - Наличие микротрещин: менее 5 микротрещин в несущей гармоники. - Наличие ослабления структуры материала: присутствие менее 50% гармоник от общего количества сопоставимых по уровню с амплитудой несущей гармоники. - Любые сочетания вышеуказанных дефектов.
	Хорошее	Отсутствие признаков дефектов критического и удовлетворительного состояния.
Крепление изолятора	Критическое	Наличие пика в диапазоне частот 10-40 Гц, превышающего величину фона в 7-10 раз.
	Удовлетворительное	Наличие пика в диапазоне частот 10-40 Гц, превышающего величину фона в 5-7 раз.

Диагностический элемент	Техническое состояние	Признаки
	Хорошее	Наличие пика в диапазоне частот 10-40 Гц, не превышающего величину фона в 5 раз.

### 6.3.5 Автоматическая обработка

6.3.5.1 Для каждого конструктивного элемента изолятора (фарфоровое тело, заделка, металлический фланец) проводится расчет коэффициента технического состояния  $K_{общ}$ :

$$K_{общ} = \min\{K_{трещина}; K_{ослабления}\},$$

где  $K_{трещина}$  – коэффициент, учитывающий степень развития дефекта «трещина», у.е.;

$K_{ослабления}$  – коэффициент, учитывающий степень развития дефекта «ослабление структуры материала», у.е.

6.3.5.2 Коэффициент технического состояния  $K_{общ}$  для крепления определяется:

$$K_{общ} = K_{крепления},$$

где  $K_{крепления}$  – коэффициент, учитывающий степень развития дефекта «ослабление крепления изолятора», у.е.

6.3.5.3 Расчет коэффициентов  $K_{трещина}$ ,  $K_{ослабления}$  и  $K_{крепления}$  проводится в соответствии с таблицей 7.

Таблица 7 – Расчет коэффициентов, учитывающих степень развития дефектов

№ п/п	Тип дефекта	Математический расчет коэффициента К	Образ дефекта
1	Трещина	$K_{трещина} = \frac{A_1 + A_2 - 2A_0}{A_2}$ <p><math>A_2</math> – локальный максимум в выделенном диапазоне частот (п. 6.3.1);  <math>A_1</math> – второй по величине локальный максимум в выделенном диапазоне частот;  <math>A_0</math> – локальный минимум между максимумами <math>A_1</math> и <math>A_2</math> в выделенном диапазоне частот.</p>	
2	Микротрещина	<p>При значении коэффициента</p> $K_{трещина} = 0,8 \dots 0,9$	

№ п/п	Тип дефекта	Математический расчет коэффициента К	Образ дефекта
3	Старение (ослабление структуры) материала	$K_{\text{ослабления}} = \frac{F_M - \Delta f}{F_M}$ $\Delta f =  F_M - F_R $ $F_M$ – собственная частота колебаний материала (определяется как: $F_{M \text{ заделка}} = 525 \text{ Гц}$ , $F_{M \text{ фарфор}} = 4100 \text{ Гц}$ , $F_{M \text{ фланец}} = 2100 \text{ Гц}$ .) $F_R$ – измеренная частота локального максимума в выделенном диапазоне частот.	
4	Ослабление крепления изолятора и/или значительный люфт в поворотном механизме	$K_{\text{крепления}} = \frac{A_0}{A_{\text{max}}}$ $A_0$ – локальный максимум в диапазоне частот 10-40 Гц $A_{\text{max}}$ – глобальный максимум спектрограммы	

6.3.5.4 Математический расчет коэффициента проводится для каждой из четырех регистраций. При этом наилучший и наихудший результаты исключаются (по значению коэффициента  $K_{\text{общ}}$ ), оставшиеся результаты усредняются.

6.3.5.5 Уровень технического состояния «неопределен» устанавливается при ослаблении креплений менее 0,5.

6.3.5.6 В результате оценки, в зависимости от обнаруженных дефектов, каждому из диагностируемых узлов присваивается один из трех уровней технического состояния, указанных в таблице 8.

Таблица 8 – Уровни технического состояния

Уровень технического состояния	Состояние в условных единицах (у.е.)	Цветовое обозначение
Хорошее	от 1 до 0,65	
Удовлетворительное	от 0,65 до 0,50	
Критическое	менее 0,5	
Неопределен	провести корректную диагностику невозможно из-за значительного ослабления крепления изолятора или по иным причинам	

6.3.5.7 Наличие дефектов определяется методом математического распознавания образов дефектов (трещины, микротрещины, ослабление структуры материала) в специализированном ПО.

6.3.6 Вследствие значительного ослабления креплений изолятора определить уровень технического состояния других элементов может быть затруднительно (уровень технического состояния неопределен). В данном случае следует провести повторное обследование после ревизии (подтяжки) креплений изолятора.

6.3.7 Если результаты обследования невозможно трактовать однозначно (уровень технического состояния неопределен) или для подтверждения достоверности критического дефекта рекомендуется выполнить обследование РА-методом (раздел 5 настоящего Стандарта) или дополнительные обследования с использованием других доступных методик (например, акустико-эмиссионным контролем, ИК-контролем и/или (УФ-контролем).

#### **6.4 Рекомендации по эксплуатации и периодическому контролю после оценки результатов инструментального контроля**

6.4.1 Изоляторы, имеющие хорошее техническое состояние, могут эксплуатироваться без ограничений.

6.4.2 Для изоляторов, имеющих удовлетворительное техническое состояние, требуется дополнительный контроль через 6 месяцев эксплуатации. При подтверждении удовлетворительного состояния (после дополнительного контроля) эксплуатация изолятора допускается без контроля в течение 3 – 4 лет или до следующего регламентного ремонта разъединителя.

6.4.3 Изоляторы, находящиеся в критическом состоянии, должны быть выведены из эксплуатации. Для изоляторов в критическом состоянии возможна потеря их несущей способности.

6.4.4 Если изолятор находится в хорошем или удовлетворительном состоянии, а крепления – в критическом состоянии, рекомендуется провести ревизию креплений изолятора.

#### **6.5 Особенности проведения инструментального контроля фарфоровых изоляторов методом возбужденных резонансных колебаний**

6.5.1 Обследование опорных колонок и крышек выключателей методом анализа возбужденных резонансных колебаний может проводиться как на работающем оборудовании, так и на оборудовании, выведенном в ремонт.

6.5.2 Инструментальный контроль методом анализа возбужденных резонансных колебаний может быть проведен с использованием акустических модулей (дистанционно) или контактных датчиков вибрации.

6.5.3 Уровень помех (фон) определяется при проведении пробного испытания без ударного воздействия.

6.5.4 При использовании акустических модулей работа при ветре более 5 м/с не рекомендуется из-за возможных значительных искажений акустического сигнала.

6.5.5 При скорости ветра 2-5 м/с работа с акустическими модулями допускается без прямого попадания ветра в акустический модуль при этом вероятность искажения акустического сигнала высокая.

6.5.6 При скорости ветра до 2 м/с работа с акустическими модулями возможна без прямого попадания ветра в акустический модуль.

6.5.7 Обследование с применением датчиков вибрации возможно только на выведенном в ремонт оборудовании.

6.5.8 При обследовании опорных колонок выключателей для уточнения результатов проводятся серии инструментального контроля на отдельных элементах (в частности, обследование дугогасительных камер «Т-образных» выключателей), опорных изоляторах, а также на всей колонке, что возможно только на отключенном оборудовании с подъемом на высоту.

## **6.6 Особенности выполнения диагностики фарфоровых изоляторов методом возбужденных резонансных колебаний**

6.6.1 При инструментальном контроле на ОРУ напряжением 500 кВ с использованием акустических модулей могут наблюдаться значительные электромагнитные помехи (фон), уровень которых сопоставим с уровнем полезного сигнала.

Полученные в этом случае сигналы не поддаются автоматическому нормированию и требуют «ручной» обработки персоналом.

6.6.2 Ослабление креплений конструкции может влиять на результаты определения технического состояния элементов изолятора. При обследовании изоляторов с развитыми дефектами креплений состояние элементов изолятора достоверно оценить невозможно.

## **7 Рекомендации по обработке и предоставлению результатов технического диагностирования**

7.1 Обработка результатов производится при помощи ПО с учетом требований разделов 5.3 - 5.6 (для РА-метода) и 6.3, 6.4, 6.6 (для метода возбужденных резонансных колебаний) настоящего Стандарта.

7.2 Методы, описанные в данном стандарте, могут быть реализованы как приборами, являющимися средствами измерения, так и индикаторами.

7.3 Результаты инструментального контроля оформляются в зависимости от используемых типов приборов:

- при использовании средств измерений оформляется протокол (Приложение Г). Протокол содержит значения измеряемой при инструментальном контроле величины и результаты автоматической обработки (при наличии), заключение о техническом состоянии объекта, рекомендации по дальнейшей эксплуатации;

- при использовании индикатора – отчетный документ. Отчетный документ содержит сведения о контролируемом объекте, результаты инструментального контроля, заключение о годности объекта, рекомендации по дальнейшей эксплуатации.

## **8 Требования по охране труда при выполнении инструментального контроля**

### **8.1 Общие требования к выполнению работ и требования к персоналу**

8.1.1 Инструментальный контроль изоляторов осуществляется инженерно-техническими работниками, ознакомившимися с инструкциями по эксплуатации приборов контроля и положениями данного стандарта, обладающими необходимыми знаниями в области неразрушающего контроля, а также компетентными в конструктивных особенностях контролируемого оборудования.

8.1.2 При производстве работ персонал обязан руководствоваться положениями действующих на территории Российской Федерации нормативно-правовых актов, нормативными документами, регламентирующими основы охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности, местными инструкциями и проектами производства работ, регламентирующими производство работ в действующих электроустановках – объектах контроля.

8.1.3 Работы должны выполняться бригадой из двух человек, которые имеют группу по электробезопасности не менее III для членов бригады, и не менее IV для производителя работ в электроустановках до и выше 1000 В.

8.1.4 В соответствии с требованиями Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок [1] для обеспечения безопасного проведения работ, должны быть выполнены необходимые организационные и технические мероприятия.

8.1.5 Запрещается производить работы при наступлении неблагоприятных погодных условий:

- при осадках в виде дождя или мокрого снега;
- при приближении грозы (заметны молнии, слышны раскаты грома);
- в темное время суток, а также в дневное время, при отсутствии визуальной видимости между членами бригады на рабочем месте, контролируемого оборудования.

При наступлении неблагоприятных погодных условий начатые работы должны быть прекращены.

8.1.6 Во время работы в распределительных устройствах необходимо учитывать уровень напряженности электромагнитного поля согласно требованиям раздела XXIV Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок [1]. Продолжительность работы не должна превышать установленных в [ГОСТ 12.1.002-84](#) значений.

8.1.7 Персонал должен быть обеспечен исправными и испытанными средствами защиты, спецодеждой, инструментом и приспособлениями в соответствии с установленными в организации требованиями (согласно Правилам обеспечения работников средствами индивидуальной защиты и

смывающими средствами, утвержденными [приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29.10.2021 г. № 766н](#)) [2].

При выполнении работ бригада должна иметь при себе аптечку для оказания первой помощи.

8.1.8 При выполнении работ прикосновение к токоведущим частям, а также приближение к ним на расстояние менее допустимого запрещено.

8.1.9 Требования п. 8.1 распространяются на работы, выполняемые на работающем оборудовании (п. 8.2) и на выведенном из работы оборудовании (п. 8.3).

## **8.2 Требования по охране труда при выполнении инструментального контроля на работающем оборудовании**

8.2.1 Работы по контролю изоляторов без вывода оборудования из работы выполняются по наряду-допуску или распоряжению с соблюдением Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок [1].

8.2.2 При контроле изоляторов без отключения рабочего напряжения, применения грузоподъемных механизмов, выполнения работ на высоте, специальная подготовка рабочего места не требуется.

8.2.3 Установка БР и нанесение импульсного возбуждения выполняется только на нижнем фланце изолятора (колонки изоляторов), установленного на изолированной от токоведущих элементов и заземленной раме – т.е. на элементах конструкции, на которых отсутствует электрический потенциал.

8.2.4 При обследовании сложных конструкций, состоящих из нескольких элементов, установленных друг на друга, установка блока регистрации и импульсное возбуждение производится только по нижнему фланцу самого нижнего элемента, установленного на изолированной от токоведущих элементов и заземленной раме с соблюдением всех допустимых расстояний до токоведущих частей.

8.2.5 Для подъема блока регистрации к месту установки его щупов и нанесения импульсного удара необходимо использовать штангу изолирующую оперативную (штангу) для класса напряжения от 35 кВ и выше независимо от класса напряжения распределительного устройства, на котором выполняются работы. Длину штанги выбирают в зависимости от фактической высоты расположения нижнего фланца обследуемого изолятора относительно земли с учетом толщины снежного покрова.

8.2.6 Изолирующая оперативная штанга должна соответствовать требованиям СТО 34.01-30.1-001-2016 [6].

8.2.7 Для установки блока регистрации и нанесения импульсного возбуждения необходимо соблюдать допустимые расстояния до токоведущих частей электроустановок, находящихся под напряжением.

8.2.8 При контроле изоляторов не допускается контакт с токоведущими элементами, находящимися под рабочим напряжением.

8.2.9 При перемещениях по территории распределительного устройства штангу с установленным блоком регистрации держать только в горизонтальном положении.

8.2.10 При выполнении работ в качестве дополнительного электрозащитного средства должны использоваться диэлектрические перчатки.

### **8.3 Требования по охране труда при выполнении инструментального контроля на выведенном из работы оборудовании**

8.3.1 Работы по контролю изоляторов без подъема на высоту или на демонтированных изоляторах могут оформляться распоряжением.

8.3.2 При подъеме на высоту 1,8 м и более работы по контролю изоляторов оформляются нарядом-допуском с учетом положений Правил охраны труда при работе на высоте [3].

8.3.3 Подготовка рабочего места выполняется с учетом специфики работы.

8.3.4 В связи со спецификой выполняемой работы иметь в удостоверении свидетельство на право проведения специальных работ: работы на высоте.

8.3.5 При работах на выведенном оборудовании допускается не применять изоляционные штанги, диэлектрические перчатки и другие диэлектрические средства.

## 9 Требования к приборам

### 9.1 Общие требования к приборам

9.1.1 Прибор должен соответствовать техническим требованиям, указанным в эксплуатационной документации в соответствии с ГОСТ Р 2.601.

9.1.2 Прибор должен иметь в комплекте все необходимые для производства инструментального контроля оборудование и запасные части, а также комплект технической документации (паспорт, РЭ или ИЭ, упаковочный лист и др.).

9.1.3 Прибор должен иметь в своем составе элементы, рассчитанные на производство испытаний электрооборудования соответствующих типов и класса напряжения или комплект таких элементов.

9.1.4 Прибор должен иметь возможность автономного питания, позволяющего производить весь комплекс испытаний в течении одной рабочей смены без подключения к внешним источникам, либо наличие в комплекте запасных (съемных) аккумуляторов.

9.1.5 Прибор должен иметь возможность автономного питания, позволяющего производить весь комплекс испытаний в течение не менее одной рабочей смены (не менее 8 часов), в т.ч. не менее 1 часа непрерывно при температурах ниже  $-15^{\circ}\text{C}$  или выше  $+30^{\circ}\text{C}$  без подключения к внешним источникам, либо иметь в комплекте запасные (съемные) аккумуляторы.

9.1.6 Массогабаритные характеристики прибора должны удовлетворять возможности переноски одним человеком.

9.1.7 Изделия сторонних производителей, входящие в состав приборов, должны соответствовать требованиям государственных стандартов или технических условий на них.

9.1.8 Все покупные изделия, используемые при изготовлении приборов, должны соответствовать требованиям [ГОСТ 4.304-85](#), [ГОСТ 30350-96](#), [ГОСТ 30605-98](#), [ГОСТ Р 52072-2003](#), [ГОСТ ИСО 5348-2002](#), [ГОСТ Р МЭК 60384-1-2003](#), [ГОСТ ИЕС 60384-14-2015](#).

9.1.9 Металлы и сплавы, используемые при изготовлении приборов, должны соответствовать требованиям [ГОСТ 4784-2019](#), [ГОСТ 9389-75](#), [ГОСТ 5632-2014](#), [ГОСТ 18175-78](#), [ГОСТ 1050-2013](#), [ГОСТ 1435-99](#).

9.1.10 Прибор должен соответствовать рабочим условиям представленным в таблице 6.

Таблица 6 - Условия эксплуатации

Рабочие условия	Требования к приборам
Температура окружающей среды*	от $-30^{\circ}\text{C}$ до $+50^{\circ}\text{C}$
Атмосферное давление	от 53,3 до 106,7 кПа
Относительная влажность воздуха	от 10 до 95 %

Примечание: \* - указан максимальный диапазон температур

9.1.11 Диапазон температур может меняться в зависимости от требований заказчика.

9.1.12 Для работы в условиях отрицательных температур необходимо использовать адаптированные версии прибора (например, с обогревом).

9.1.13 Конструктивные решения должны обеспечивать помехоустойчивость прибора в условиях наличия постоянных во времени высоких напряжённостей электрического и магнитного полей промышленной частоты на открытых распределительных устройствах с напряжением до 500 кВ.

9.1.14 Применяемые приборы для контроля состояния изоляторов должны соответствовать техническим характеристикам, представленным в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики

Наименование параметра	Значение параметра для	
	РА-метода	метода возбужденных резонансных колебаний
Рабочий диапазон частот, Гц	1000 – 10000	5 – 6000
Время регистрации сигнала, с	не более 10	
Объём внутренней памяти для хранения количества регистраций, шт.	не менее 60000	
Степень защиты	не менее IP51	
Передача данных	кабельная через USB-интерфейс	

9.1.15 Допускается применение как средств измерений, так и индикаторов.

9.1.16 Пределы допускаемой основной относительной погрешности средств измерений не должны превышать  $\pm 5\%$ .

9.1.17 В случае использования для контроля состояния изоляторов средствами измерений применяемые приборы должны быть зарегистрированы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений и подтверждены технические и метрологические характеристики средств измерений данного типа, в соответствии с СТО 34.01-22-001-2023 (применяется в целях отнесения к продукции, произведенной на территории Российской Федерации) [4].

9.1.18 Используемые средства измерений должны:

- быть утвержденного типа, иметь действующий сертификат об утверждении типа средств измерений с приложением описание типа) и сведения с официального ресурса ФИФ (ФГИС «Аршин») в подразделе «Утвержденные типы средств измерений»;

- иметь действующее свидетельство о поверке и/или информацию о включении в ФИФ результатов поверки СИ, которая размещается на странице типа СИ на официальном ресурсе ФИФ (ФГИС «Аршин») в подразделе «Сведения о результатах поверки средств измерений».

9.1.19 В случае применения индикаторов для оценки состояния изоляторов точность параметров не нормируется.

## **9.2 Обслуживание приборов**

9.2.1 Текущее техническое обслуживание прибора должно проводиться персоналом эксплуатирующей организации в объёмах и по правилам, предусмотренными эксплуатационной документацией.

9.2.2 Периодические поверки должны производиться в соответствии с межповерочным интервалом средств измерений. Поверку должны производить только аккредитованные в соответствии с законодательством Российской Федерации юридические лица и индивидуальные предприниматели.

9.2.3 Индикаторы подлежат периодическому контролю исправности согласно [8].

## **9.3 Срок службы приборов**

9.3.1 Общий срок службы устанавливается заводом изготовителем.

9.3.2 Интервал замены блоков питания при сохранении четырехчасовой длительности автономной работы прибора должен составлять не чаще одного раза в год.

9.3.3 Применяемые датчики, измерительные модули, индикаторы должны иметь не менее 5000 часов наработки с возможностью их замены без сборки/разборки прибора.

9.3.4 Гарантийный срок эксплуатации — 12 месяцев со дня ввода прибора в эксплуатацию, если иное не определено требованиями заказчика.

## 10 Требования к программному обеспечению

10.1 Программное обеспечение должно обеспечивать установку и удаление всех необходимых модулей на операционных системах, выпускаемых для рабочих станций или ПК и поддерживаемых производителем операционных систем на территории реализации приборов. Пакет ПО должен содержать все необходимые исполнительные модули, библиотеки сторонних производителей и инструкции по установке, необходимые для корректной инсталляции. ПО должно соответствовать [Постановлению от 22.08.2022 № 1478](#) Правительства РФ [7].

10.2 При наличии отдельных (автономных) электронных блоков регистрации необходимо обеспечить двустороннюю связь с ПК (предпочтительно через интерфейс USB в качестве основного, а в качестве дополнительных: Bluetooth или Wi-Fi) для выгрузки результатов регистрации из памяти блока регистрации в память ПК, а также ввода и изменения настраиваемых параметров электронного блока.

10.3 ПО должно обеспечивать возможность вывода результатов инструментального контроля в соответствии с п. 5.2.4 и п. 6.2.5.

10.4 Программное обеспечение должно осуществлять обработку результатов регистрации и графический вывод (например, в виде спектрограмм) на монитор или экран ПК.

10.5 Программное обеспечение, предусматривающее автоматическую обработку данных (блоки «вычислительный модуль» и «результаты вычислительного модуля» на рисунке 11), должно включать классические библиотеки математических преобразований сигналов, необходимые для анализа результатов.

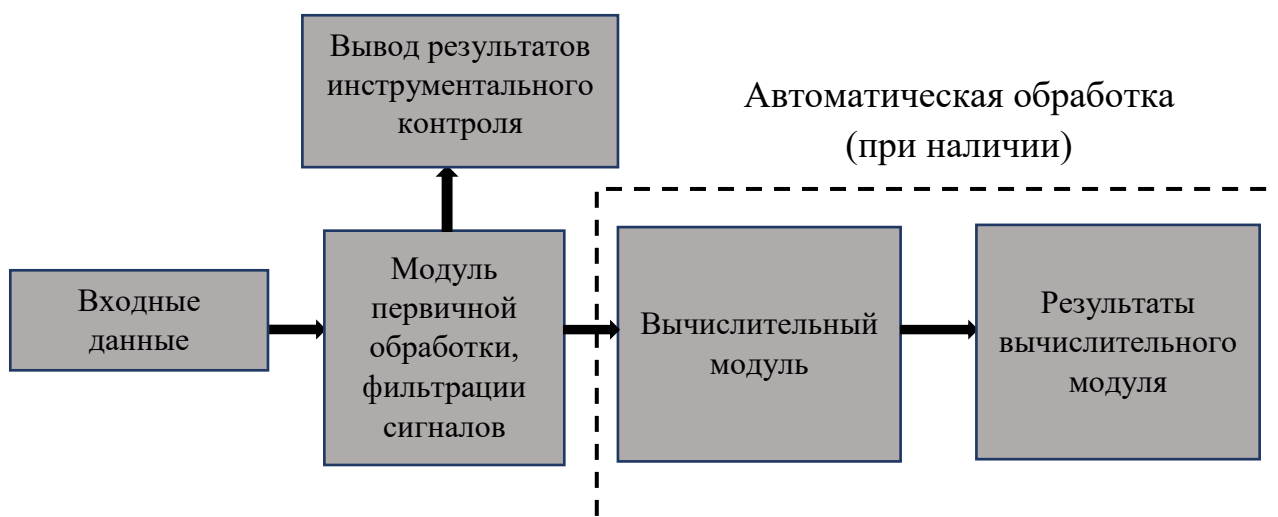


Рисунок 11 – Общая блок схема, рекомендуемая для реализации в программном обеспечении

10.6 Программное обеспечение должно обеспечивать организованное, структурированное и систематизированное хранение результатов регистрации

в памяти ПК и/или в электронной базе (БД), а также иметь возможность вывода результатов инструментального контроля в форматы, доступные для редактирования во встроенных компонентах операционных систем или стороннем ПО.

10.7 Пользовательские интерфейсы компонентов ПО должны иметь возможность локализации на языке, официально принятым на территории реализации приборов.

10.8 ПО должно давать возможность сохранения результатов на любом этапе анализа, а также экспорт результатов в редактируемые форматы.

10.9 Рекомендуется включение в состав ПО экспертных систем для автоматического анализа результатов.

## Приложение А (обязательное)

### Особенности проведения контроля резонансно-акустическим методом

#### Инструментальный контроль

Рекомендуется до начала мониторинга ЭСРК изоляторов изготовить бланк для регистрации и фиксации показаний (бланк регистрации).

Инструментальный контроль выполняют в следующем составе: оператор БР и ассистент. Оператором БР назначают члена бригады. Оператор БР выполняет идентификацию изолятора, сообщает сведения ассистенту, выполняет регистрацию ЭСРК изолятора. Оператор БР должен:

- выполнять правила безопасного производства работ;
- знать порядок работы с блоком регистрации;
- знать варианты установки щупов на фланце изолятора;
- владеть навыками управления блоком регистрации, установленным на штанге.

Ассистентом назначают производителя работ. Ассистент наблюдает за действиями оператора блока регистрации и выполняет регистрацию сигналов. Ассистент должен:

- находиться на расстоянии голосовой связи от оператора блока регистрации;
- следить за безопасностью действий оператора блока регистрации, предупреждать о нарушении правил безопасности;
- знать варианты установки щупов на фланце изолятора и предупреждать оператора блока регистрации об ошибках;
- в условиях, ограничивающих обзор для оператора блока регистрации, корректировать его действия голосом;
- знать порядок выполнения записей в бланк регистрации.

Порядковый номер регистрации, озвученный через динамик БР для каждого изолятора рекомендуется записывать в бланк регистрации. Рекомендуемая форма бланка регистрации представлена в табл. А1.

Таблица №1. Рекомендуемая форма бланка регистрации

№	Дата	Температура воздуха	Наименование объекта	Порядковый № регистрации
1				
2				
...				
...	...	...	...	...

При использовании блока регистрации рекомендуется для каждого изолятора выполнять трёхкратную регистрацию его ЭСРК в одной и той же точке установки щупов блока регистрации. Наконечники щупов блока регистрации следует устанавливать на пластину крепления нижнего фланца обследуемого изолятора либо на пластине крепления нижнего фланца нижнего

изолятора обследуемой колонки (рис. А1). При выполнении регистрации ЭСРК изолятора взаимное расположение щупов приёмника и излучателя произвольное. Положение ножей разъединителей значения не имеет.



а)

б)

Рисунок А1 – Установка наконечников щупов блока регистрации на пластину крепления нижнего фланца изолятора

Щупы блока регистрации при наличии возможности рекомендуется устанавливать перпендикулярно пластине. Допускается установка щупов под углом, не более значения, при котором обеспечивается безопасное расстояние до токоведущих частей. В этом случае следует установить щупы таким образом, чтобы не допускать их соскальзывание (рисунок А1, а). Прижатие блока регистрации выполняют по оси щупов, избегая их изгиба (рис. А2).



а)

б)

Рисунок А2 – Установка наконечников щупов блока регистрации на пластину крепления нижнего фланца изолятора

Перекосы щупов (рис. А3, а), касания конструкции разъединителя корпусами или боковыми поверхностями щупов (рис. А3, б) недопустимы.



а)



б)

Рисунок А3 – Недопустимая установка блока регистрации

### **Особенности контроля изоляторов не установленных на оборудовании**

Перед проведением испытаний необходимо установить изолятор вертикально на ровную, устойчивую, виброизолированную поверхность. Для этого можно использовать металлическую раму (рис. А4, а) или деревянную подставку (рис. А4, б).



а)



б)

Рисунок А4 – Установка изолятора  
(а – на металлическую раму; б – на деревянную подставку)

При использовании деревянной подставки не допускается применять листы из деревянных пиломатериалов и резиновые коврики.

Далее необходимо нанести разметку на торцевой или боковой поверхности каждого фланца обследуемого изолятора (рис. А5).

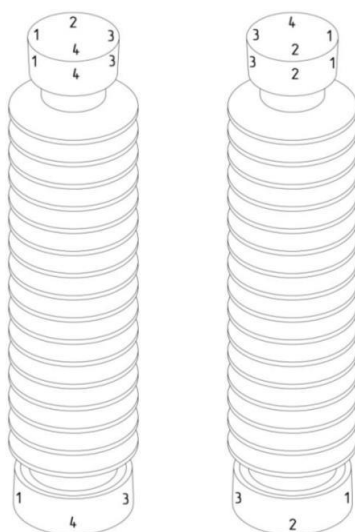


Рисунок А5 – Разметка изолятора

Нумерация секторов должна совпадать на противоположных фланцах.

Щупы блока регистрации необходимо устанавливать на приливах крепежных проушин нижнего фланца (рис. А6, а). Если в конструкции нижнего фланца отсутствуют приливы крепежных проушин, то щупы необходимо установить перпендикулярно на боковой поверхности нижнего фланца (рис. А6, б).



а)



б)

Рисунок А6 – Установка щупов  
(а – на приливах крепежных проушин;  
б – на боковой поверхности фланца)

При установке щупов на боковой поверхности фланца следует избегать их соскальзывания и поперечного изгиба (рис. А7).



Рисунок А7 – Изгиб щупа

Если нижний фланец имеет малый радиус и не удаётся установить щупы на его боковой поверхности без поперечного изгиба, то в этом случае следует выполнять регистрацию на верхнем фланце при нормальном вертикальном положении изолятора с установкой щупов на торцевой поверхности верхнего фланца (рис. А8). В данном случае возможно опрокидывание изолятора.



Рисунок А8 – Установка щупов на торцевой поверхности верхнего фланца

При использовании торцевой поверхности верхнего фланца не допускается установка щупов в центр фланца.

Усилие прижатия блока регистрации не должно превышать усилие сжатых пружин в конце хода штока. Следует избегать давления весом тела.

Критические повреждения в районе верхнего фланца могут быть не выявлены при нормальном положении изолятора. Для определения таких повреждений рекомендуется дополнительно выполнить регистрацию при перевернутом положении изолятора, когда на подставку установлен верхний фланец.

Указанный способ следует применять только для изоляторов, конструкция верхнего фланца которых позволяет после переворота устойчиво закрепить изолятор.

При нормальном и перевернутом положении изолятора допускается удерживать изолятор только за фланец, находящийся внизу.

Допускается использовать крепежные проушины или отверстия фланца, находящегося снизу, для прижатия изолятора к опорной поверхности.

Для регистрации ЭСРК покрышек, установленных на оборудовании, используют боковую поверхность кольца фланца (рисунок А9, а) или отбортовку фланца (рисунок А9, б).



Рисунок А9 – Установка БР на фланец покрышки выключателя

Регистрацию выполняют последовательно для каждого фланца каждой покрышки в секторах №№ 1, 2, 3, 4 (рисунок А10) перпендикулярно опорной поверхности.

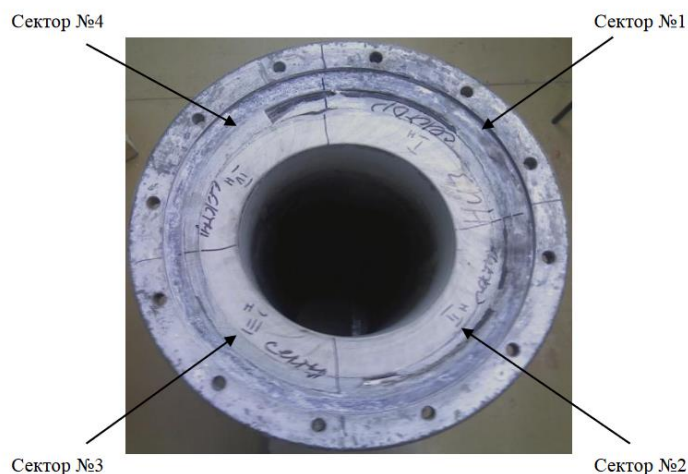


Рисунок А10 – Расположение секторов

**Приложение Б**  
(обязательное)

**Критерии допуска изоляторов по результатам контроля РА-методом**

Таблица Б1. Критерии допуска изоляторов с «эластичным» армировочным швом при первичном контроле (одиночных испытаниях)

Критерий		Признаки	Образ
Отсутствие дефекта	При положительных температурах	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие не менее одного ГМакс в любом из диапазонов частот от 1300 до 3000 Гц, с 3000 до 5500 Гц, с 5500 по 8000 Гц и от 8000 по 9700 Гц и одного или нескольких ЛМакс в каждом из указанных диапазонов частот;</li> <li>- наличие не менее одного ЛМакс со значением более 5 % от ГМакс в каждом из указанных диапазонов частот;</li> <li>- промежуток (разница частот) между соседними ЛМакс из указанных выше диапазонов частот составляет не менее 1000 Гц с наличием в каждом из указанных промежутков хотя бы одного ЛМин со значением не более 5 % от ГМакс;</li> <li>- отсутствуют ЛМакс в диапазонах частот с 1000 до 1300 Гц и от 9700 по 10000 Гц со значением более 5 % от ГМакс.</li> </ul>	

Продолжение таблицы Б1

Критерий	Признаки	Образ
<p>Отсутствие дефекта</p> <p>При отрицательных температурах</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие не менее одного ГМакс в любом из диапазонов частот с 1300 до 3000 Гц, с 3000 до 5500 Гц, с 5500 по 8000 Гц и от 8000 по 9700 Гц и одного или нескольких ЛМакс в каждом из указанных диапазонов частот;</li> <li>- наличие не менее одного ЛМакс со значением более 5 % от ГМакс в диапазоне частот с 3000 до 5500 Гц;</li> <li>- промежуток (разница частот) между соседними ЛМакс из указанных выше диапазонов частот составляет не менее 1000 Гц с наличием в каждом из указанных промежутков хотя бы одного ЛМин со значением не более 5 % от ГМакс;</li> <li>- отсутствуют ЛМакс в диапазонах частот с 1000 до 1300 Гц и от 9700 по 10000 Гц со значением более 5 % от ГМакс.</li> </ul>	
<p>Некритический дефект</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие не менее одного ГМакс в любом из диапазонов частот с 1300 до 3000 Гц, с 3000 до 5500 Гц, с 5500 по 8000 Гц и от 8000 по 9700 Гц и одного или нескольких ЛМакс в каждом из указанных диапазонов частот;</li> <li>- один или несколько промежутков между соседними по указанным выше диапазонам частот ЛМакс с максимальным в пределах своего диапазона частот значением составляет менее 1000 Гц и/или отсутствуют в любом из указанных промежутков ЛМин со значением не более 5 % от ГМакс;</li> <li>- отсутствуют ЛМакс в диапазонах частот с 1000 до 1300 Гц и от 9700 по 10000 Гц со значением более 10 % от ГМакс.</li> </ul>	

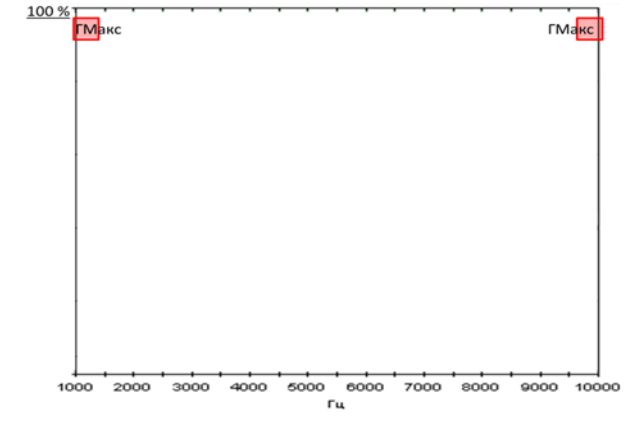
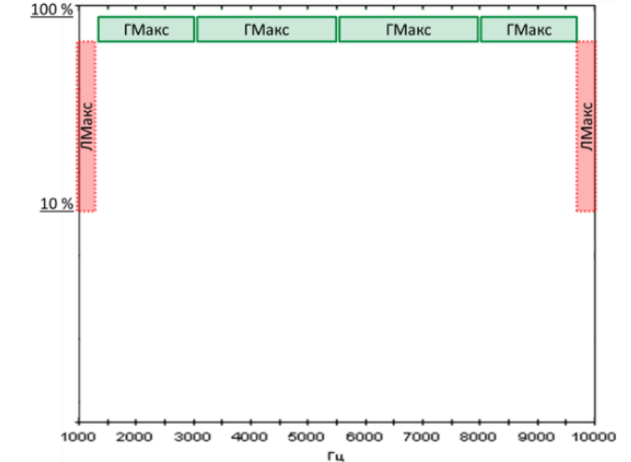
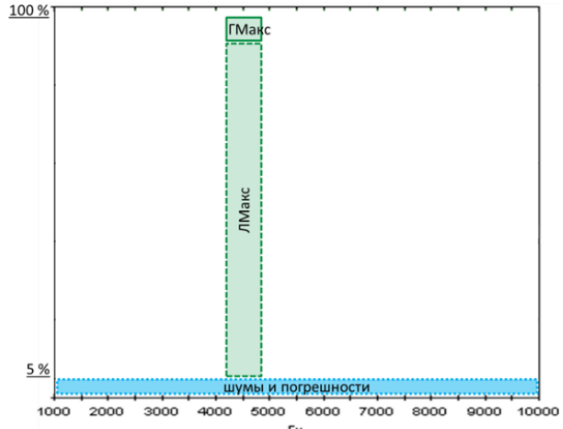
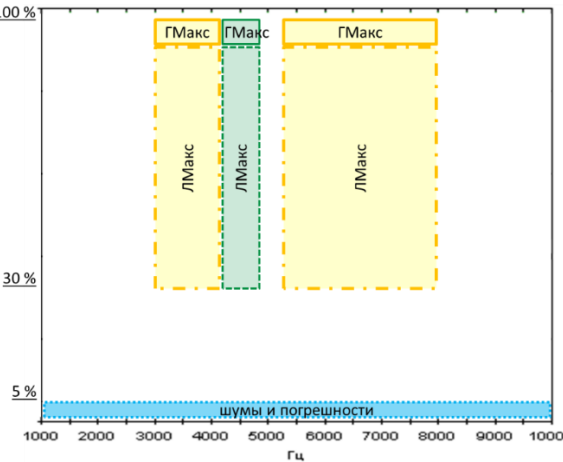
Критерий	Признаки	Образ
Критический дефект	- наличие ГМакс в диапазонах частот с 1000 до 1300 Гц и/или от 9700 по 10000 Гц.	 <p>The graph shows a frequency axis from 1000 to 10000 Hz and a vertical axis from 0% to 100%. Two red boxes labeled 'ГМакс' are positioned at the 100% level, one at 1000 Hz and one at 10000 Hz.</p>
	- наличие одного или нескольких ЛМакс в диапазонах частот с 1000 до 1300 Гц и/или от 9700 по 10000 Гц со значением более 10 % от Гмакс.	 <p>The graph shows a frequency axis from 1000 to 10000 Hz and a vertical axis from 0% to 100%. Four green boxes labeled 'ГМакс' are positioned at the 100% level, spanning from approximately 1000 Hz to 10000 Hz. Two red boxes labeled 'ЛМакс' are positioned at the 10% level, one at 1000 Hz and one at 10000 Hz.</p>

Таблица Б2. Критерии допуска изоляторов с «эластичным» армировочным швом при периодическом контроле

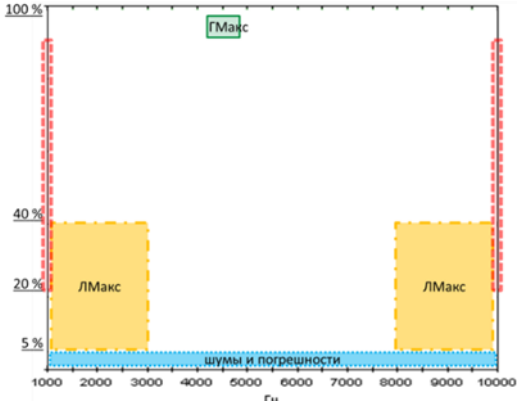
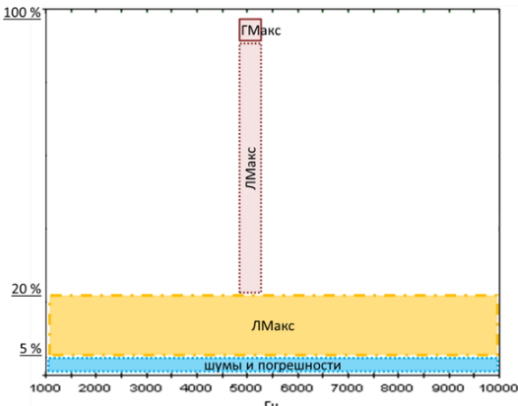
Критерий	Признаки
Отсутствие дефекта	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на всех имеющихся спектрограммах не менее одного ГМакс в любом из диапазонов частот с 1300 до 3000 Гц, с 3000 до 5500 Гц, с 5500 по 8000 Гц и от 8000 по 9700 Гц и одного или нескольких ЛМакс в каждом из указанных диапазонов частот;</li> <li>- при положительных значениях температуры воздуха в каждом из указанных диапазонов частот значение хотя бы одного ЛМакс составляет более 5 % от ГМакс на всех имеющихся спектрограммах;</li> <li>- при отрицательных значениях температуры воздуха в диапазоне частот с 3000 до 5500 Гц значение хотя бы одного ЛМакс составляет более 5 % от ГМакс на всех имеющихся спектрограммах;</li> <li>- совпадение таких ЛМакс на всех имеющихся спектрограммах, соответствующих только положительным и только отрицательным значениям температуры воздуха, относительно каждой пары спектрограмм между собой в отдельности с допуском отклонением <math>\pm 50</math> Гц по частоте и ненормируемым отклонением по значению;</li> <li>- промежуток между соседними по указанным диапазонам частот ЛМакс с максимальным в пределах своего диапазона частот значением составляет не менее 1000 Гц с наличием в каждом из указанных промежутков хотя бы одного ЛМин со значением не более 5 % от ГМакс на всех имеющихся спектрограммах;</li> <li>- отсутствуют ЛМакс в диапазонах частот с 1000 до 1300 Гц и от 9700 по 10000 Гц со значением более 5 % от ГМакс на всех имеющихся спектрограммах.</li> </ul>
Некритический дефект	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на всех имеющихся спектрограммах не менее одного ГМакс в любом из диапазонов частот с 1300 до 3000 Гц, с 3000 до 5500 Гц, с 5500 по 8000 Гц и от 8000 по 9700 Гц и одного или нескольких ЛМакс в каждом из указанных диапазонов частот;</li> <li>- совпадение таких ЛМакс на всех имеющихся спектрограммах, соответствующих только положительным и только отрицательным значениям температуры воздуха, относительно каждой пары спектрограмм между собой в отдельности с допуском отклонением <math>\pm 50</math> Гц по частоте и ненормируемым отклонением по значению;</li> <li>- один или несколько промежутков между соседними по указанным диапазонам частот ЛМакс с максимальным в пределах своего диапазона частот значением составляет менее 1000 Гц и/или отсутствует в любом из указанных промежутков хотя бы один ЛМин со значением не более 5 % от ГМакс на любой из имеющихся спектрограмм;</li> <li>- отсутствуют ЛМакс в диапазонах частот с 1000 до 1300 Гц и от 9700 по 10000 Гц со значением более 10 % от ГМакс на всех имеющихся спектрограммах.</li> </ul>

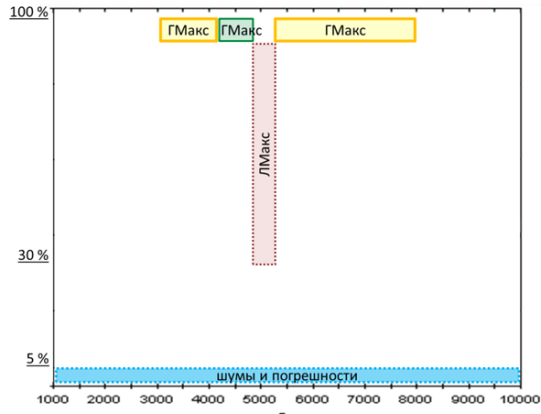
Критерий		Признаки
Некритический дефект	развивающийся	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на всех имеющихся спектрограммах не менее одного ГМакс в любом из диапазонов частот с 1300 до 3000 Гц, с 3000 до 5500 Гц, с 5500 по 8000 Гц и от 8000 по 9700 Гц и одного или нескольких ЛМакс в каждом из указанных диапазонов частот;</li> <li>- различия частот таких ЛМакс на всех имеющихся спектрограммах, соответствующих только положительным и только отрицательным значениям температуры воздуха, относительно каждой пары спектрограмм между собой в отдельности более <math>\pm 50</math> Гц по частоте и ненормируемым отклонением по значению;</li> <li>- один или несколько промежутков между соседними по указанным диапазонам частот ЛМакс с максимальным в пределах своего диапазона частот значением составляет менее 1000 Гц и/или отсутствует в любом из указанных промежутков хотя бы один ЛМин со значением не более 5 % от ГМакс на любой из имеющихся спектрограмм;</li> <li>- отсутствуют ЛМакс в диапазонах частот с 1000 до 1300 Гц и от 9700 по 10000 Гц со значением более 10 % от ГМакс на всех имеющихся спектрограммах.</li> </ul>

Таблица Б3. Критерии допуска изоляторов с «жестким» армировочным швом при одиночном контроле

Критерий	Признаки	Образ
Отсутствие дефекта	<p>- наличие ГМакс и одного или нескольких ЛМакс в диапазоне частот с 4200 по 4800 Гц при отсутствии ЛМакс со значением более 5 % от ГМакс в остальных диапазонах частот.</p>	
Некритические дефекты 1 тип <sup>1</sup>	<p>- наличие ГМакс в диапазоне частот с 4200 по 4800 Гц при наличии одного или нескольких ЛМакс в диапазоне частот от 3000 до 4200 Гц со значением более 30 % от ГМакс и при отсутствии ЛМакс со значением более 5 % от ГМакс в остальных неуказанных диапазонах частот;</p> <p>- наличие ГМакс в диапазоне частот от 3000 до 4200 Гц при наличии одного или нескольких ЛМакс в диапазоне частот с 4200 по 4800 Гц со значением более 30 % от ГМакс и при отсутствии ЛМакс со значением более 5 % от ГМакс в остальных неуказанных диапазонах частот;</p> <p>- наличие ГМакс в диапазоне частот с 4200 по 4800 Гц при наличии одного или нескольких ЛМакс в диапазоне частот от 5200 до 8000 Гц со значением более 30 % от ГМакс и при отсутствии ЛМакс со значением более 5 % от ГМакс в остальных неуказанных диапазонах частот;</p> <p>- наличие ГМакс в диапазоне частот от 5200 до 8000 Гц при наличии одного или нескольких ЛМакс в диапазоне частот с 4200 по 4800 Гц со значением более 30 % от ГМакс и при отсутствии ЛМакс со значением более 5 % от ГМакс в остальных неуказанных диапазонах частот;</p> <p>- любые сочетания вышеуказанных признаков.</p>	

Критерий	Признаки	Образ
<p>Некритические дефекты</p> <p>2 тип<sup>2</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие ГМакс в диапазоне частот с 4200 по 4800 Гц при наличии одного или нескольких ЛМакс в диапазоне частот от 3000 до 8000 Гц со значением с 5 по 30 % от ГМакс и отсутствии ЛМакс на частоте 1000 и 10000 Гц со значением более 5 % от ГМакс;</li> <li>- наличие ГМакс в диапазоне частот с 4200 по 4800 Гц при наличии одного или нескольких ЛМакс в диапазоне частот от 1000 по 3000 Гц со значением с 5 по 40 % от ГМакс и отсутствии ЛМакс на частоте 1000 и 10000 Гц со значением более 5 % от ГМакс;</li> <li>- наличие ГМакс в диапазоне частот с 4200 по 4800 Гц при наличии одного или нескольких ЛМакс в диапазоне частот с 8000 до 10000 Гц со значением с 5 по 40 % от ГМакс и отсутствии ЛМакс на частоте 1000 и 10000 Гц со значением более 5 % от ГМакс;</li> <li>- любые сочетания вышеуказанных признаков.</li> </ul>	
<p>Критические дефекты</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие ГМакс в диапазоне частот от 1000 по 3000 Гц;</li> <li>- наличие ГМакс в диапазоне частот с 8000 до 10000 Гц;</li> <li>- наличие ЛМакс в диапазоне частот от 1000 по 3000 Гц со значением более 40 % от ГМакс;</li> <li>- наличие ЛМакс в диапазоне частот с 8000 до 10000 Гц со значением более 40 % от ГМакс;</li> <li>- любые сочетания вышеуказанных признаков.</li> </ul>	

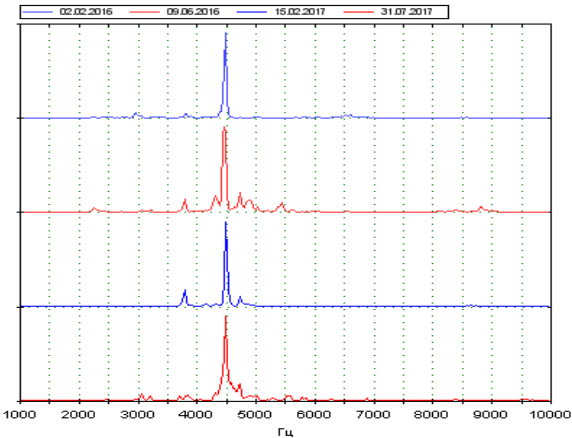
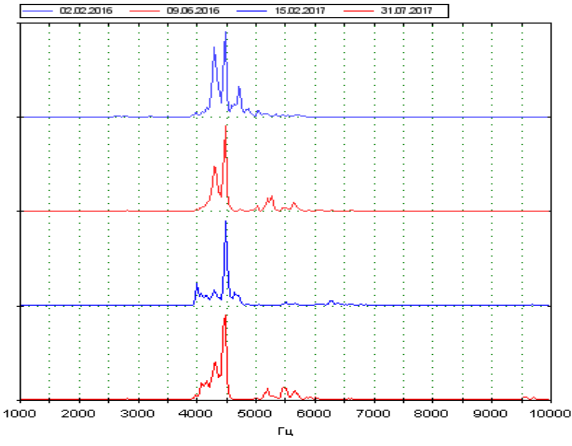
Критерий	Признаки	Образ
Критические дефекты	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие ГМакс в диапазоне частот с 4200 по 4800 Гц при наличии ЛМакс на частоте 1000 Гц со значением более 20 % от ГМакс и при наличии одного или нескольких ЛМакс в диапазоне частот от 1000 по 3000 Гц со значением не более 40 % от ГМакс;</li> <li>- наличие ГМакс в диапазоне частот с 4200 по 4800 Гц при наличии ЛМакс на частоте 10000 Гц со значением более 20 % от ГМакс и при наличии одного или нескольких ЛМакс в диапазоне частот с 8000 до 10000 Гц со значением не более 40 % от ГМакс;</li> <li>- любые сочетания вышеуказанных признаков.</li> </ul>	 <p>The graph shows a frequency spectrum from 1000 to 10000 Hz. The y-axis represents percentage from 5% to 100%. A blue shaded area at the bottom (5% level) is labeled 'шумы и погрешности'. Two yellow shaded areas labeled 'ЛМакс' are shown: one from 1000 to 3000 Hz and another from 8000 to 10000 Hz. A green shaded area labeled 'ГМакс' is shown from 4200 to 4800 Hz. Vertical dashed red lines are at 1000 Hz and 10000 Hz.</p>
	<p>(для одиночного изолятора)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие ГМакс в диапазоне частот от 4800 по 5200 Гц при отсутствии ЛМакс со значением более 20 % от ГМакс в остальных неуказанных диапазонах частот.</li> </ul>	 <p>The graph shows a frequency spectrum from 1000 to 10000 Hz. The y-axis represents percentage from 5% to 100%. A blue shaded area at the bottom (5% level) is labeled 'шумы и погрешности'. A yellow shaded area labeled 'ЛМакс' is shown from 1000 to 10000 Hz at a level below 20%. A vertical pink shaded area labeled 'ЛМакс' is shown from 4800 to 5200 Hz. A green shaded area labeled 'ГМакс' is shown from 4800 to 5200 Hz at a level above 20%. Vertical dashed red lines are at 4800 Hz and 5200 Hz.</p>

Критерий	Признаки	Образ
Критические дефекты	(для колонки) - наличие не менее одного ГМакс в любом из диапазонов частот от 3000 до 4200 Гц, с 4200 по 4800 Гц и от 5200 до 8000 Гц при наличии одного или нескольких ЛМакс в диапазоне частот от 4800 по 5200 Гц со значением более 30 % от ГМакс.	 <p>График частотной характеристики с выделенными областями ГМакс, ЛМакс и шумов. Ось частоты (Гц) логарифмическая, от 1000 до 10000. Ось амплитуды в процентах от 5% до 100%. Область ГМакс (желтые прямоугольники) охватывает частоты от 3000 до 4200 Гц, от 4200 до 4800 Гц и от 5200 до 8000 Гц. Область ЛМакс (розовая вертикальная линия) охватывает частоты от 4800 до 5200 Гц. Область шумов и погрешности (голубая пунктирная линия) находится на уровне 5%.</p>

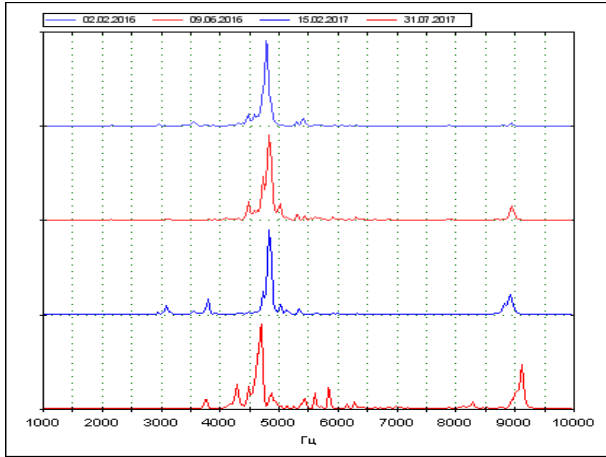
Примечания: 1. Некритические дефекты 1 типа - незначительные дефекты без повреждения структуры материалов фарфорового стержня, армировочных швов и металлических фланцев с сохранением несущей способности. Данные дефекты могут быть вызваны технологическими допусками при изготовлении изоляторов или дефектами монтажа изоляторов.

2. Некритические дефекты 2 типа - повреждение структуры материалов фарфорового стержня, армировочных швов и металлических фланцев с сохранением несущей способности в пределах допустимого уровня.

Таблица Б4. Критерии допуска изоляторов с «жестким» армировочным швом при периодическом контроле

Критерий	Признаки	Образ
Отсутствие дефекта	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на всех имеющихся спектрограммах одного или нескольких ЛМакс в диапазоне частот от 4200 по 4800 Гц;</li> <li>- совпадение таких ЛМакс на всех имеющихся спектрограммах относительно каждой пары графиков между собой в отдельности с допусаемым отклонением <math>\pm 50</math> Гц по частоте и ненормируемым отклонением по значению;</li> <li>- отсутствие ЛМакс со значением более 5 % от ГМакс в остальных диапазонах частот на всех имеющихся спектрограммах.</li> </ul>	
Некритический дефект	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на всех имеющихся спектрограммах одного или нескольких ЛМакс в диапазоне частот с 4200 по 4800 Гц и при совпадении таких ЛМакс на всех имеющихся спектрограммах относительно каждой пары графиков между собой в отдельности с допусаемым отклонением <math>\pm 50</math> Гц по частоте и ненормируемым отклонением по значению;</li> <li>- наличие ЛМакс в диапазонах частот от 3000 до 4200 Гц и/или от 4800 до 8000 Гц со значением с 5 по 30 % от ГМакс и при совпадении таких ЛМакс на всех имеющихся спектрограммах относительно каждой пары графиков между собой в отдельности с допусаемым отклонением <math>\pm 50</math> Гц по частоте и <math>\pm 10</math> % по значению;</li> <li>- отсутствие ЛМакс со значением более 5 % от ГМакс в остальных неуказанных диапазонах частот на всех имеющихся спектрограммах.</li> </ul>	

Критерий	Признаки	Образ
Некритический дефект	<p style="text-align: center;">Монтажный</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на всех имеющихся спектрограммах одного или нескольких ЛМакс в диапазоне частот с 4200 по 4800 Гц и при совпадении таких ЛМакс на всех имеющихся спектрограммах относительно каждой пары графиков между собой в отдельности с допусаемым отклонением <math>\pm 50</math> Гц по частоте и ненормируемым отклонением по значению;</li> <li>- наличие ЛМакс в диапазонах частот от 3000 до 4200 Гц и/или от 5200 до 8000 Гц с допусаемым отклонением <math>\pm 100</math> Гц по частоте на одной или нескольких имеющихся спектрограммах относительно каждой пары графиков между собой в отдельности, при этом наблюдается изменение значений таких ЛМакс при положительных и отрицательных значениях температуры воздуха в пределах от 5 % до 100 % от ГМакс;</li> <li>- отсутствие ЛМакс со значением более 5 % от ГМакс в остальных неуказанных диапазонах частот на всех имеющихся спектрограммах.</li> </ul>	
	<p style="text-align: center;">неразвивающийся</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на всех имеющихся спектрограммах одного или нескольких ЛМакс в диапазоне частот с 4200 по 4800 Гц и при совпадении таких ЛМакс на всех имеющихся спектрограммах относительно каждой пары графиков между собой в отдельности с допусаемым отклонением <math>\pm 50</math> Гц по частоте и ненормируемым отклонением по значению;</li> <li>- наличие ЛМакс в диапазонах частот от 1000 по 3000 Гц и/или с 8000 до 10000 Гц со значением с 5 по 40 % от ГМакс и при совпадении таких ЛМакс на всех имеющихся спектрограммах относительно каждой пары графиков между собой в отдельности с допусаемым отклонением <math>\pm 50</math> Гц по частоте и <math>\pm 10</math> % по значению;</li> <li>- отсутствие ЛМакс в диапазоне частот от 4800 по 5200 Гц со значением более 30 % от ГМакс на всех имеющихся спектрограммах;</li> <li>- отсутствие ЛМакс на частоте 1000 и 10000 Гц со значением более 5 % от ГМакс независимо от наличия ГМакс и ЛМакс в остальных неуказанных диапазонах частот на всех имеющихся спектрограммах.</li> </ul>	

Критерий		Признаки	Образ
Некритический дефект	при повреждениях структуры материала	развивающийся	

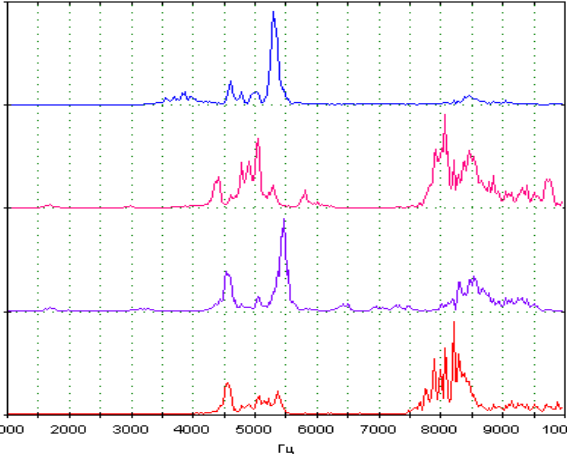
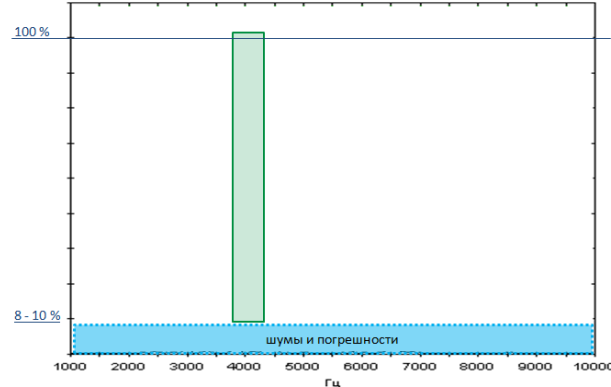
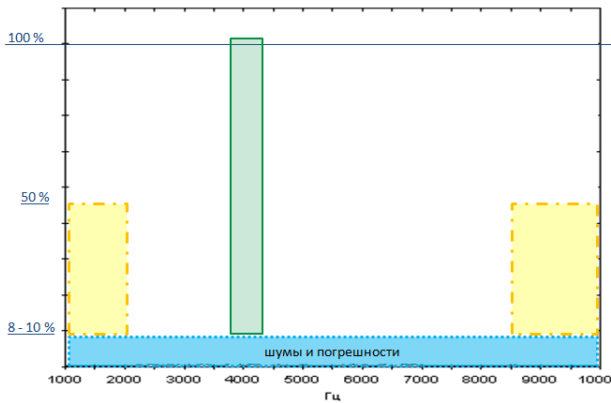
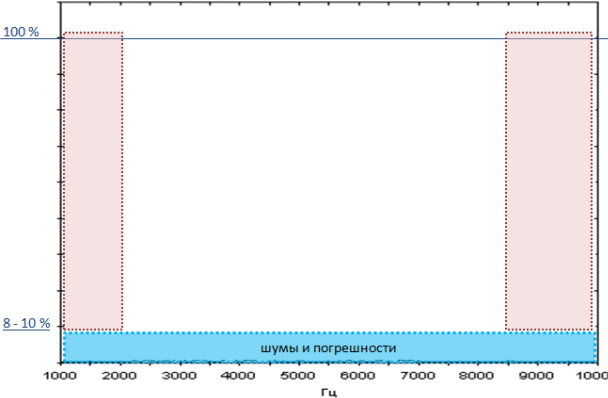
Критерий	Признаки	Образ
<p style="text-align: center;">Критический дефект (увлажнение армировочного шва, с непрогнозируемым в дальнейшем моментом снижения несущей способности ниже допустимого уровня)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на всех имеющихся спектрограммах одного или нескольких ЛМакс в диапазоне частот с 4200 по 4800 Гц и при совпадении таких ЛМакс на всех имеющихся спектрограммах относительно каждой пары графиков между собой в отдельности с допусаемым отклонением <math>\pm 100</math> Гц по частоте и ненормируемым отклонением по значению;</li> <li>- наличие ЛМакс в диапазонах частот от 1000 по 3000 Гц и/или с 8000 до 10000 Гц со значением с 5 по 40 % от ГМакс и при совпадении таких ЛМакс с допусаемым отклонением <math>\pm 100</math> Гц по частоте на одной или нескольких имеющихся спектрограммах относительно каждой пары графиков между собой в отдельности, при этом наблюдается повышение значений таких ЛМакс при положительных значениях температуры воздуха и снижение значений таких ЛМакс при отрицательных значениях температуры воздуха;</li> <li>- отсутствие ЛМакс в диапазоне частот от 4800 по 5200 Гц со значением более 30 % от ГМакс на всех имеющихся спектрограммах;</li> <li>- отсутствие ЛМакс на частоте 1000 и 10000 Гц со значением более 5 % от ГМакс независимо от наличия ГМакс и ЛМакс в остальных неуказанных диапазонах частот на всех имеющихся спектрограммах.</li> </ul>	 <p>The figure displays four vertically stacked frequency spectra plots. The horizontal axis represents frequency in Hertz (Гц), ranging from 1000 to 10000 with major grid lines every 1000 Hz. The top plot (blue) shows a prominent peak at approximately 4500 Hz. The second plot (pink) shows multiple peaks, with significant activity between 4000-6000 Hz and 8000-10000 Hz. The third plot (purple) shows a peak at approximately 4500 Hz and another at approximately 8500 Hz. The bottom plot (red) shows a peak at approximately 4500 Hz and a very sharp, high-amplitude peak at approximately 8500 Hz. Vertical dashed lines are present at 1000 Hz, 3000 Hz, 4000 Hz, 5000 Hz, 6000 Hz, 7000 Hz, 8000 Hz, 9000 Hz, and 10000 Hz.</p>

Таблица Б5. Критерии допуска армированных покрышек выключателей

Критерий	Признаки	Образ
Отсутствие дефекта	<p>- ГМакс и несколько ЛМакс в диапазоне частот 3800 – 4300 Гц при отсутствии ЛМакс со значением более 10 % от ГМакс во всех остальных неуказанных частотных диапазонах на всех графиках всех контрольных точек.</p>	
Некритический дефект	<p>- ГМакс и несколько ЛМакс в диапазоне частот 3800 – 4300 Гц на всех графиках всех контрольных точек при наличии ЛМакс в диапазонах частот 1000 – 2000 Гц и/или 8500 – 10000 Гц со значением не более 50 % от ГМакс только на одном из графиков со стороны ближайшего от дефекта фланца, наличии ЛМакс в диапазонах частот 1000 – 2000 Гц и/или 8500 – 10000 Гц со значением не более 20 % от ГМакс на остальных графиках со стороны ближайшего от дефекта фланца, наличии ЛМакс в диапазонах частот 1000 – 2000 Гц и/или 8500 – 10000 Гц со значением не более 10 % от ГМакс на всех графиках со стороны противоположного фланца.</p>	

Критерий	Признаки	Образ
Критический дефект	<p>- ГМакс или ЛМакс со значением более 50 % от ГМакс в диапазонах частот 1000 – 2000 Гц и/или 8500 – 10000 Гц при наличии ЛМакс в диапазонах частот 1000 – 2000 Гц и/или 8500 – 10000 Гц со значением более 20 % от ГМакс на всех графиках со стороны противоположного фланца.</p>	 <p>The graph displays a frequency spectrum from 1000 to 10000 Hz. Two vertical red shaded regions are shown: one from 1000 to 2000 Hz and another from 8500 to 10000 Hz. A horizontal blue line is drawn at the 100% level. A light blue shaded area at the bottom, labeled 'шумы и погрешности' (noise and errors), spans the entire frequency range and is bounded by a dashed line at the 8-10% level.</p>

## Приложение В (обязательное)

### Особенности проведения инструментального контроля методом анализа возбужденных резонансных колебаний

Инструментальный контроль оптимально проводить бригадой из двух человек – оператора и ассистента. Оператором является работник в составе бригады, создающий схемы испытаний, указывающий точки установки (наведения) датчиков и производящий испытание. Ассистентом – работник в составе бригады, выполняющий установку датчиков вибрации или акустических датчиков в указанные точки, устанавливающий БИК или производящий воздействие механическим способом. Оператором назначается производитель работ, ассистентом – член бригады.

Оператор подготавливает прибор к проведению инструментального контроля, подключает датчики к прибору и создает в диагностическом ПО схему испытаний. В это время ассистент устанавливает (наводит) датчики в соответствии со схемой испытаний в соответствии с разделом 6.2 настоящего Стандарта.

Инструментальный контроль на оборудовании находящимся под напряжением проводится при импульсном воздействии только на нижний фланец исследуемого объекта с помощью молоточка или беспроводного (импульсного, ударного) источника колебаний (БИК) и с использованием изоляционной штанги (рисунок В1).



а)



б)

Рисунок В1 – Воздействие оператором на нижний фланец исследуемого объекта с использованием изоляционной штанги.

При работе на выведенном из работы оборудовании - контактные датчики вибрации устанавливаются непосредственно на фланцы изолятора (в соответствии с разделом 6.2 настоящего Стандарта). При установке контактного датчика вибрации необходимо установить его так чтобы он был

неподвижен. Для этого рекомендуется устанавливать датчик на ровную поверхность, очищать место установки от грязи, проверить отсутствие люфта в соединении датчик-магнит. Также недопустима установка датчика на «амортизатор» (например, толстый слой краски и т.д.).

На выведенном из работы оборудовании, воздействие молоточком или БИК выполняется как на нижний, так и на верхний фланец, и, в идеале, на каждый фланец сборки, что позволяет получить дополнительную информацию для более точной локализации дефекта (при его наличии). Сигналы с датчиков синхронно регистрируются прибором при каждом ударе молотка.

При установки контактных датчиков на немагнитные фланцы для увеличения площади соприкосновения и частичного крепления рекомендуется на место установки нанести небольшой слой пчелиного воска или вазелина (данные вещества пропускают весь полезный диапазон частот). Сам датчик необходимо прижать и закрепить (например, клейкой лентой). Пример крепления датчика на немагнитный фланец представлен на рисунке В3.



Рисунок В3 – Крепление контактного датчика к немагнитному фланцу

После установки датчиков по сигналу оператора, ассистент производит возбуждение резонансных колебаний напротив каждого датчика.

При работе под напряжением возбуждение производится только на нижнем фланце.

Возбуждение резонансных колебаний производится двумя способами – молоточком или беспроводным источником колебаний (БИК).

При возбуждении молоточком последовательно наносятся удары средней силы с противоположной (относительно места установки или наведения датчика) стороны фланца. Таким образом, направление удара должно совпадать с направлением оси датчика. Молоточек должен иметь такую форму бойка, чтобы было обеспечено однократное (без двойного удара) касание фланца (например, закругленную). Если в сигнале будут присутствовать признаки двойного удара, такой сигнал бракуется, и испытание должно быть повторено. На рисунке В4 представлен сигнал при двойном ударе.



Рисунок В4 – Сигнал с двойным ударом

При превышении силы удара, сигнал также бракуется и испытание должно быть повторено. На рисунке В5 представлены формы сигнала с превышением силы удара.

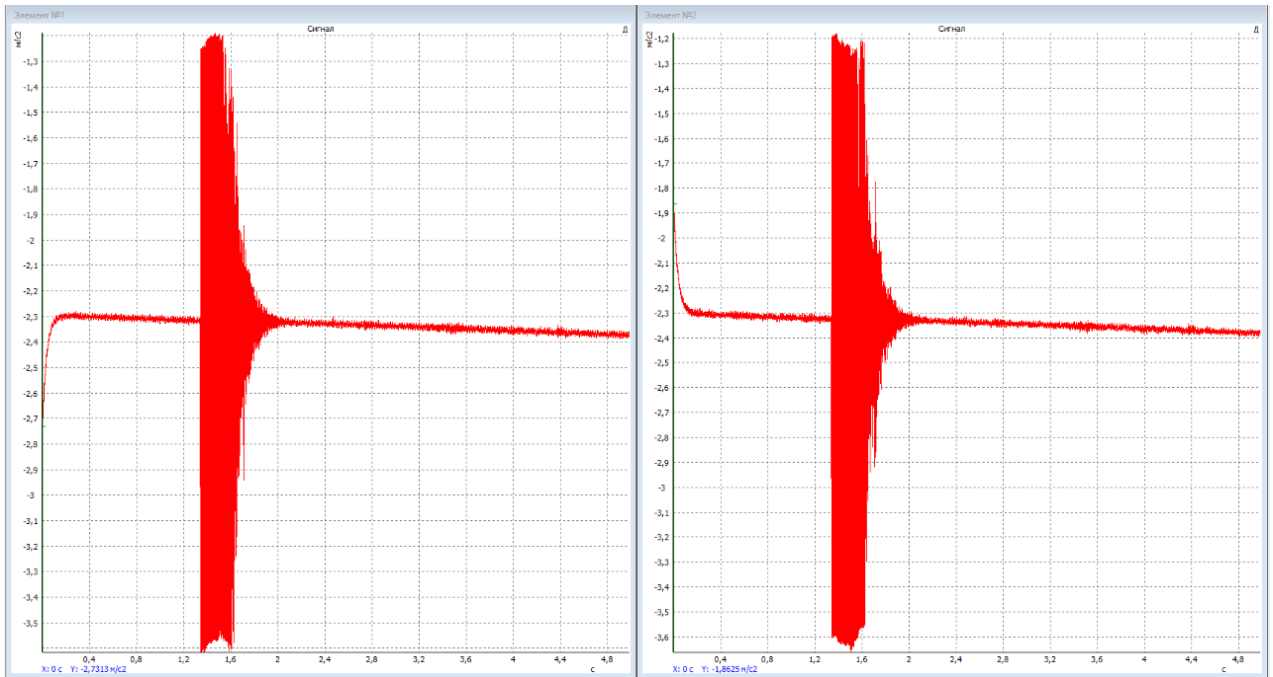


Рисунок В5 – Сигналы с превышением силы удара

При применении направленных микрофонов сигнал на проведение возбуждения следует подавать жестом.

Нормальные регистрации должны представлять собой плавно затухающие сигналы, похожие на синусоиду. В сигнале не должно быть резких локальных выбросов, изломов, «зашкаливаний» синусоиды.

**Приложение Г**  
(рекомендуемое)

**Рекомендуемая форма протокола оформления результатов обследования**

Филиал ПАО «Россети»	Протокол №_ОРУ_	лаборатория	
Подстанция			
Объект	ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ ФАРФОРОВЫХ ИЗОЛЯТОРОВ		
Дата испытания			

**1. Цель испытания**

Назначение испытания	Метод контроля	Состав протокола

**2. Погодные условия**

Погодные условия	Отн. влажность, %	t возд., °C

**3. Паспортные данные**

Код объекта	Наименование объекта	Фаза	Тип изоляции	Тип изоляторов	Кол-во, шт.	Завод изготовитель	Уном., кВ

**4. Результаты испытания**

Спектрограмма согласно п. 7.3 настоящего Стандарта.
Рисунок 1 – Подпись к рисунку (название спектрограммы)

Таблица 1 – Техническое состояние конструктивных элементов (при использовании метода возбужденных резонансных колебаний)

Зона контроля	Техническое состояние		Примечание
	Состояние	Состояние, у.е. (при наличии автоматической обработки)	
Верхний фланец			
Заделка верхнего фланца			
Фарфор			
Заделка нижнего фланца			
Нижний фланец			
Крепление изолятора к раме			

Уровни технического состояния элементов (у.е.): 1-0,65 - хорошее, 0,65-0,50 – удовлетворительное, менее 0,50 - критическое

**5. Приборы контроля**

Наименование	Модель	Зав. №	Тип	Погрешность, %	№ св-ва о поверке	Дата ТО и калибровки	Дата следующего ТО и калибровки

## 6. Заключение

### 6.1. Заключение о техническом состоянии

--

### 6.2. Рекомендации

--

### Испытания произвели

Табельный номер	Должность	Подпись	ФИО

### Протокол проверил

Табельный номер	Должность	Подпись	ФИО

## Библиография

1 [Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 года № 903н](#) «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».

2 [Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29.10.2021 г. № 766н](#) «Об утверждении единых типовых норм выдачи средств индивидуальной защиты и смывающих средств».

3 [Приказ Министерства Труда и Социальной Защиты Российской Федерации от 16 ноября 2020 г. N 782н](#) «Об Утверждении Правил по охране труда при работе на высоте».

4 СТО 34.01-22-002-2023 «Требования по определению страны происхождения продукции, приобретаемой для производственных нужд группы компаний «Россети». Состав документации. Типовые требования» (приказ ПАО «Россети» от 01.09.2023 № 378) .

5 СТО [34.01-23.1-001-2017](#) «Объем и нормы испытания электрооборудования» (распоряжение ПАО «Россети» от 29.05.2017 № 280р, введено в действие в ПАО «Россети» приказом от 30.12.2022 № 451).

6 СТО [34.01-30.1-001-2016](#) «Порядок применения электротехнических средств в электросетевом комплексе ПАО «Россети». Требования к эксплуатации и испытаниям» (Распоряжение ПАО «Россети» от 11.08.2016 № 336р, введено в действие в ПАО «Россети» приказом от 30.12.2022 № 451).

7 [Постановление Правительства РФ от 22.08.2022 № 1478](#) «Об утверждении требований к программному обеспечению, в том числе в составе программно-аппаратных комплексов, используемому органами государственной власти, заказчиками, осуществляющими закупки в соответствии с Федеральным законом «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» (за исключением организаций с муниципальным участием), на принадлежащих им значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, Правил согласования закупок иностранного программного обеспечения, в том числе в составе программно-аппаратных комплексов, в целях его использования заказчиками, осуществляющими закупки в соответствии с Федеральным законом «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» (за исключением организаций с муниципальным участием), на принадлежащих им значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, а также закупок услуг, необходимых для использования этого программного обеспечения на таких объектах, и Правил перехода на преимущественное использование российского программного обеспечения, в том числе в составе программно-аппаратных комплексов, заказчиками, осуществляющими закупки в соответствии с Федеральным законом «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» (за исключением организаций с муниципальным участием), на

принадлежащих им значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».

8 СТО 34.01-39.5-005-2022 «Индикаторы. порядок учета и контроля исправности индикаторов в группе компаний «Россети» (распоряжением ПАО «Россети» от 01.06.2022 № 116р).