

---

**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ  
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»**

---



**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ  
ОАО «ФСК ЕЭС»**

**СТО 56947007-  
29.240.043-2010**

---

**РУКОВОДСТВО**  
**по обеспечению электромагнитной совместимости**  
**вторичного оборудования и систем связи электросетевых**  
**объектов**

Стандарт организации

Дата введения: 21.04.2010

ОАО «ФСК ЕЭС»

2010

## **Предисловие**

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

## **Сведения о Руководстве**

1 РАЗРАБОТАНО: ООО «Научно-производственная фирма. Электротехника: наука и практика» (НПФ ЭЛНАП) при участии Московского энергетического института (МЭИ ТУ), ОАО «ФСК ЕЭС», ОАО «СО ЕЭС», ОАО «МОЭСК».

2 ВНЕСЕНО: Департаментом информационно-технологических систем, Дирекцией технического регулирования и экологии ОАО «ФСК ЕЭС»

3 УТВЕРЖДЕНО И ВВЕДЕНО В ДЕЙСТВИЕ: приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 21.04.2010 № 265.

4 ВВЕДЕНО ВЗАМЕН: РД 34.20.116-93 «Методические указания по защите вторичных цепей электрических станций и подстанций от импульсных помех».

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в Дирекцию технического регулирования и экологии ОАО «ФСК ЕЭС» по адресу 117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5А, электронной почтой по адресу: [zhulev-an@fsk-ees.ru](mailto:zhulev-an@fsk-ees.ru).

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

## **Введение**

«Руководство по обеспечению электромагнитной совместимости вторичного оборудования и систем связи электросетевых объектов» (далее - Руководство по обеспечению ЭМС) разработано с учетом «Положения о технической политике ОАО «ФСК ЕЭС», «Норм технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ» и других действующих нормативно-технических документов.

Руководство по обеспечению ЭМС содержит комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение устойчивой и надежной работы оборудования и устройств объектов ЕНЭС, а также объектов электроэнергетики, присоединяющихся к сетям ЕНЭС.

С вводом Руководства по обеспечению ЭМС и стандарта «Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства» отменяются «Методические указания по защите вторичных цепей электрических станций и подстанций от импульсных помех» (РД 34.20.116-93).

### **1 Область применения**

Настоящий стандарт организации (СТО) устанавливает требования по обеспечению ЭМС при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов ЕНЭС, а также объектов электроэнергетики, присоединяющихся к сетям ЕНЭС.

Требования СТО распространяются на системы релейной защиты и противоаварийной автоматики, автоматизированные системы управления технологическим процессом, автоматизированные информационно-измерительные системы коммерческого учета электроэнергии, автоматизированные системы диспетчерского управления, системы сбора и передачи информации, противопожарные системы, системы связи, видеонаблюдения и охранной сигнализации, системы оперативного постоянного и переменного тока объектов электросетевого хозяйства с высшим напряжением 35-750 кВ.

Настоящий СТО обязателен к применению всеми организациями, участвующими в проектировании, строительстве, производстве монтажных и пуско-наладочных работ при новом строительстве, комплексной реконструкции, замене/установке отдельных устройств вторичного оборудования и текущей эксплуатации объектов ЕНЭС, а также объектов электроэнергетики, присоединяющихся к сетям ЕНЭС.

### **2 Нормативные ссылки**

Настоящее Руководство по обеспечению ЭМС разработано на основе следующей нормативно-технической документации.

2.1 Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ. СТО 56947007-29.240.10.028-2009.

2.2 ГОСТ Р 51317.4XXX(МЭК 61000-4-XXX). Совместимость технических средств электромагнитная. Требования и методы испытаний.

2.3 ГОСТ Р 51317.6.2.-99 (МЭК 61000-6-2-97). Совместимость технических средств электромагнитная. Помехоэмиссия от технических средств, применяемых в промышленных зонах. Нормы и методы испытаний.

2.4 ГОСТ 51317.6.5-2006 (МЭК 61000-6-5-2001). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых на электростанциях и подстанциях. Требования и методы испытаний.

2.5 ГОСТ Р 51318.22-99. Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от оборудования информационных технологий. Нормы и методы испытаний

2.6 ГОСТ Р 50932-96. Устойчивость оборудования проводной связи к электромагнитным помехам. Совместимость технических средств электромагнитная. Требования и методы испытаний.

2.7 ГОСТ Р 50799-95. Устойчивость технических средств радиосвязи к электростатическим разрядам, импульсным помехам и динамическим изменениям напряжения сети электропитания. Совместимость технических средств электромагнитная. Требования и методы испытаний.

2.8 ГОСТ Р 50628-93. Совместимость электромагнитная машин электронных вычислительных персональных. Устойчивость к электромагнитным помехам. Технические требования и методы испытаний.

2.9 ГОСТ Р 50745-95. Системы бесперебойного питания приемников переменного тока и устройства для подавления сетевых импульсных помех. Совместимость технических средств электромагнитная. Требования и методы испытаний.

2.10 ГОСТ Р 51179-98 (МЭК 870-2-1-95). Устройства и системы телемеханики. Ч.2. Условия эксплуатации. Раздел 1. Источники питания и электромагнитная совместимость.

2.11 ГОСТ Р 50571.21-2000 (МЭК 60364-5-548-96). Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Раздел 548. Заземляющие устройства и системы уравнивания электрических потенциалов в электроустановках, содержащих оборудование обработки информации.

2.12 ГОСТ Р 50571.22-2000 (МЭК 60364-7-707-84). Требования к специальным электроустановкам. Заземление оборудования обработки информации.

2.13 ГОСТ Р 50571.19-2000 (МЭК 60364-4-443-95). Требования по обеспечению безопасности. Защита от перенапряжений. Защита электроустановок от грозовых и коммутационных перенапряжений.

2.14 ГОСТ Р 50571.20-2000 (МЭК 60364-4-444-96). Требования по обеспечению безопасности. Защита от перенапряжений. Защита электроустановок от перенапряжений, вызванных электромагнитными воздействиями.

2.15 ГОСТ 12.4.124-83. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования.

2.16 ГОСТ 13109-97. Качество электрической энергии. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

2.17 Стандарт МЭК 62305 в 5-ти частях. Молниезащита. 2003г.

2.18 Правила устройства электроустановок. Издание седьмое. Раздел 1.7. Заземление и защитные меры электробезопасности.

2.19 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. СО 153-34.21.122-2004.

2.20 Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем. РД 34.35.310-97 РАО «ЕЭС России».

2.21 Методические указания по защите вторичных цепей электрических станций и подстанций от импульсных помех. РД 34.20.116-93.

2.22 Методические указания по определению электромагнитных обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях. СО 34.35.311.2004.

2.23 Методические указания по проверке состояния заземляющих устройств электроустановок. РД 153-34.0-20.525-00.

2.24 Методические указания по контролю и анализу качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения. РД 153-34.0-15.501-00.

2.25 Методические указания по ограничению высокочастотных коммутационных перенапряжений и защите от них электротехнического оборудования в распределительных устройствах 110кВ и выше. –М: СПО ОРГРЭС, 1998.

2.26 Earthling of GIS. An application guide. (Заземление КРУЭ. Практическое руководство). CIGRE. Group 23.10. Elektra. №151. 1993.

2.27 Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок РД 153-34.0-03.150-00.

2.28 СанПиН 2.2.4.1191 – 03. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Электромагнитные поля в производственных условиях. Минздрав России. 2003.

2.29 Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок РД 153-34.0-03.150-00.

### 3 Термины и определения

Для целей настоящего Руководства использованы следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **Вторичное оборудование (технические средства)** - устройства релейной защиты и электроавтоматики, противоаварийной автоматики; автоматизированной системы управления технологическим процессом; автоматизированной системы диспетчерского управления; системы сбора и передачи информации; автоматизированной информационно-измерительной

системы коммерческого учета электроэнергии; противопожарной системы; охранной сигнализации; видеонаблюдения; системы оперативного постоянного тока; системы собственных нужд переменного тока 0,4 кВ; системы управления и сигнализации вспомогательного оборудования; система диагностики силового оборудования) и контрольные кабели.

**3.2 Заземляющее устройство** - совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

**3.3 Заземлитель** - проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

**3.4 Заземляющий проводник** - проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем.

**3.5 Излучаемая электромагнитная помеха** - электромагнитная помеха, распространяющаяся в пространстве.

**3.6 Степень (класс) жесткости** – соответствующий уровень испытательного электромагнитного воздействия.

**3.7 Кондуктивная электромагнитная помеха** - электромагнитная помеха, распространяющаяся в проводящей среде.

**3.8 Разряд статического электричества** - импульсный перенос электрического заряда между телами с разными электростатическими потенциалами при непосредственном контакте или при сближении их на некоторое, достаточно маленькое расстояние.

**3.9 Пульсации напряжения постоянного тока** - процесс периодического или случайного изменения постоянного напряжения относительно его среднего уровня в установившемся режиме работы источника, преобразователя электрической энергии или системы электроснабжения.

**3.10 Показатель качества электрической энергии** - величина, характеризующая качество электрической энергии по одному или нескольким ее параметрам.

**3.11 Техническое средство (ТС)** – электротехническое, электронное или радиотехническое изделие (оборудование, аппаратура или система), а также изделие (оборудование, аппаратура или система), содержащее электрические и(или) электронные компоненты (схемы).

**3.12 Устойчивость к электромагнитной помехе, помехоустойчивость** - способность ТС сохранять заданное качество функционирования при воздействии на него внешних помех с регламентируемыми значениями параметров в отсутствие дополнительных средств защиты от помех, не относящихся к принципу действия или построения ТС.

**3.13 Уровень устойчивости к электромагнитной помехе, уровень помехоустойчивости** – максимальный уровень электромагнитной помехи конкретного вида, воздействующей на определенное ТС, при котором ТС сохраняет заданное качество функционирования.

**3.14 Электромагнитная совместимость технических средств (ЭМС ТС)** - способность ТС функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим ТС.

**3.15 Электромагнитная обстановка (ЭМО)** - совокупность электромагнитных явлений, процессов в заданной области пространства, в частотном и временном диапазонах.

**3.16 Электромагнитная помеха** - электромагнитное явление, процесс, которые ухудшают или могут ухудшить качество функционирования ТС.

**3.17 Электромагнитное возмущение (воздействие)** – любое возникающее электромагнитное явление, которое может ухудшить работу прибора, оборудования или системы или неблагоприятно влиять на срок службы.

**3.18 Электромагнитное излучение** - явление, процесс, при котором электромагнитная энергия излучается источником помехи в пространство в виде электромагнитных волн.

**3.19 Электромагнитная эмиссия от источника помех** – генерирование источником помехи электромагнитной энергии.

#### **4 Общие положения**

4.1 ТС и контрольные кабели, размещенные на объекте, подвергаются электромагнитным воздействиям, возникающим при коротких замыканиях, переключениях (коммутациях) первичного оборудования и во вторичных цепях, ударах молнии, работе устройств высокочастотной связи разного назначения и т.п.

4.2 На электросетевом объекте должна быть обеспечена ЭМО, при которой уровни электромагнитных воздействий всех видов, не превышают допустимых значений для каждого конкретного ТС .

4.3 Создание требуемой ЭМО на электросетевом объекте обеспечивается выполнением комплекса организационных и технических мероприятий.

4.3.1 Организационные мероприятия для объектов нового строительства, комплексной реконструкции, расширения действующих объектов и при замене/установке отдельных устройств:

- принятие технических решений по обеспечению ЭМС в составе проектной документации на стадии проекта;

- применение сертифицированных ТС на помехоустойчивость в соответствии с ГОСТ 51317.6.5-2006 (МЭК 61000-6-5-2001) и назначением;

- реализацию принятых проектных решений в конструкторской, строительной, монтажной и другой документации на стадии разработки рабочей документации;

- авторский надзор за выполнением проектных решений при производстве строительно-монтажных и пуско-наладочных работ;

- проведение приемо-сдаточных испытаний с целью подтверждения достаточности выполненных мероприятий.

#### 4.3.2 Организационные мероприятия для действующих объектов:

- проведение планового (периодического) контроля ЭМО при эксплуатации объекта;
- проведение внепланового контроля ЭМО при возникновении признаков ее ухудшения в межплановый контрольный период;
- выполнение ремонтных работ по устранению выявленных недостатков и не требующих разработки проектной документации;
- разработка, при необходимости, проектной документации по устранению выявленных недостатков, и выполнение работ в соответствии с проектом.

4.3.3 Для создания ЭМО, обеспечивающей выполнение на объекте требований ЭМС, должны быть выполнены основные и дополнительные (при необходимости) технические мероприятия.

К основным техническим мероприятиям относятся технические решения по:

- заземляющему устройству;
- молниезащите;
- компоновке объекта (первичного, вторичного оборудования, молниеотводов и др.);
- кабельной канализации (выбор типа кабельной канализации, трассы, раскладка кабелей в кабельных каналах);
- определение ЭМО и проверка обеспечения требований ЭМС с использованием методов и технических средств в соответствии с СО 34.35.311.2004г.

Дополнительные технические мероприятия следует выполнить в случае невозможности достижения ЭМО, обеспечивающей требования ЭМС ТС, реализацией только основных технических мероприятий.

К дополнительным техническим мероприятиям относятся технические решения по:

- экранированию помещений, в которых установлены ТС;
- применению экранированных кабелей для подключения ТС;
- усилению заземляющего устройства (изменение шага сетки, замена материала заземляющего устройства);
- ограничение уровня эмиссии помех в источнике их возникновения.

Порядок применения основных и дополнительных технических мероприятий определен в разделе 5 настоящего Руководства.

## **5 Требования к проектным решениям по обеспечению ЭМС**

### **5.1 Общие требования**

5.1.1 Разработка проектных решений по обеспечению ЭМС вторичного оборудования и систем связи должна быть выполнена в соответствии с

«Нормами технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ» СТО 56947007-29.240.10.028-2009.

5.1.2 Для обеспечения ЭМС ТС при разработке проекта следует осуществить:

- сбор исходных данных в соответствии с табл. Б.1 Приложения Б;
- расчетную оценку уровней электромагнитных воздействий на вторичное оборудование и системы связи;
- сопоставление рассчитанных уровней электромагнитных воздействий с уровнями помехоустойчивости вторичного оборудования и устройств связи;
- разработку технических решений по снижению уровней электромагнитных воздействий до допустимых значений;
- применение оборудования с более высоким уровнем помехоустойчивости.

5.1.3 Наибольший возможный уровень всех видов электромагнитных воздействий (с учетом погрешности расчетов и измерений) должен быть ниже уровня помехоустойчивости вторичного оборудования и систем связи.

## **5.2 Разработка проектных технических решений по обеспечению ЭМС**

5.2.1 Разработка проектных технических решений по обеспечению допустимых уровней воздействий напряжений и токов промышленной частоты при коротких замыканиях на землю.

5.2.1.1 Перечень исходных данных для выполнения расчетов приведен в Приложении Б (табл.Б.1 п.1).

5.2.1.2 Расчет значений напряжений и токов, воздействующих на вторичное оборудование, системы связи и контрольные кабели, рекомендуется выполнять с помощью специальной компьютерной программы.

Расчеты должны быть проведены для следующих режимов:

- однофазного (двухфазного на землю) короткого замыкания на шинах подстанции;
- ближнего (в начале линии электропередачи, отходящей от подстанции) однофазного (двухфазного) короткого замыкания на землю;
- двойных замыканий на землю (в разных точках) в сети с изолированной нейтралью.

При проведении расчетов необходимо учитывать искусственные и естественные (оболочки, броня и экраны кабелей, трубопроводы, металлоконструкции, железобетонные фундаменты, грозотросы) заземлители и заземляющие проводники.

5.2.1.3 В качестве допустимых должны быть приняты значения испытательных напряжений для изоляции кабелей, ТС, а также значения токов в экранах, оболочках или броне кабелей по условиям термической стойкости.

5.2.1.4 Для снижения уровней воздействующих на ТС и кабели напряжений и токов до допустимых значений должны последовательно применяться следующие технические решения:

- уменьшить шаг ячейки сетки заземляющего устройства в определенной зоне или на всей подстанции;
- проложить дополнительные заземляющие проводники от силового оборудования;
- установить дополнительные вертикальные заземлители по периметру сетки заземляющего устройства;
- применить для заземляющего устройства проводники из меди вместо стали;
- проложить вдоль кабельной трассы параллельные заземляющие проводники;
- изменить компоновку объекта (например, расположение здания релейного щита);
- применить оптоволоконные линии связи.

5.2.2 Разработка технических решений по обеспечению допустимых уровней импульсных помех, возникающих при коммутациях силового оборудования и КЗ в первичных цепях.

5.2.2.1 Перечень исходных данных для выполнения расчетов приведен в Приложении Б (табл.Б.1 п.2).

5.2.2.2 Расчет импульсных помех, возникающих при коммутациях и коротких замыканиях на землю, рекомендуется проводить с помощью специальной компьютерной программы.

Для определения импульсных токов, протекающих в первичных цепях и через заземляющее устройство, должен быть выполнен расчет переходных процессов при коммутациях силового оборудования и при коротких замыканиях на землю.

5.2.2.3 Для полученных значений импульсных токов и принятой в соответствии с п.5.2.1 схемы заземляющего устройства должен быть выполнен расчет импульсных потенциалов на заземлении оборудования.

5.2.2.4 Для ограничения импульсных перенапряжений до допустимых значений поочередно рекомендуется применять следующие решения:

- проложить дополнительные заземляющие проводники;
- уменьшить шаг сетки заземлителя вблизи оборудования.
- применить клеммники в шкафах наружной установки с усиленной изоляцией относительно земли.

5.2.2.5 Расчет уровней наведенных во вторичных кабелях импульсных помех выполнить для коммутаций выключателями, разъединителями и коротких замыканий в первичных цепях. Наибольшие расчетные значения импульсных помех сравнить с уровнями испытательных напряжений для вторичного оборудования.

5.2.2.6 Для ограничения импульсных перенапряжений до допустимых значений, должны поочередно применяться следующие технические решения:

- проложить кабельную трассу таким образом, чтобы она или большая ее часть проходила перпендикулярно (в плане) трассе ошиновке;

- применить экранированные кабели с заземлением экранов с двух сторон, обеспечив их термическую стойкость (для заземления экранов применяют разъемы или зажимы специального исполнения);

- выбрать тип кабельной канализации с более эффективным экранированием (специальные лотки и крышки с экранирующими свойствами, углубленные кабельные каналы, металлические короба);

- установить специальные устройства<sup>1</sup> защиты от импульсных перенапряжений (диоды, ограничители импульсных перенапряжений, разрядники, фильтры).

5.2.3 Разработка технических решений по обеспечению допустимых уровней импульсных помех от токов молнии

5.2.3.1 Перечень исходных данных для выполнения расчетов приведен в Приложении Б (табл.Б.1 п.3).

5.2.3.2 Расчет распределения импульсных потенциалов по ЗУ при ударе молнии в молниеотводы и наведенных импульсных помех рекомендуется выполнить с помощью специальной компьютерной программы. Параметры тока молнии принимают в соответствии с «Инструкцией по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО 153.34.21.122-2003.

5.2.3.3 Для снижения потенциалов на ЗУ до допустимых значений по условию обратного перекрытия изоляции вторичных кабелей или изоляции клеммников должны последовательно применяться технические решения по уменьшению импульсного сопротивления молниеотводов:

- проложить дополнительные заземляющие проводники молниеотвода;
- уменьшают шаг ячейки сетки ЗУ в месте расположения молниеотводов;

- установить вертикальные заземлители в месте расположения молниеотводов;

- усилить изоляцию клеммников относительно земли в шкафах наружной установки;

- изменить расположение молниеотводов (или выносят молниеотводы за пределы ЗУ электросетевого объекта в соответствии с РД 153-34.3-35.125-99) (при этом обеспечивается защита от прямого удара молнии оборудования и зданий).

5.2.3.4 Для снижения уровней наведенных импульсных помех до допустимых значений должны последовательно применяться следующие технические решения:

---

<sup>1</sup> Применение специальных устройств по ограничению импульсных перенапряжений во вторичных цепях, как правило, не допускается и рекомендуется только как вынужденная мера в исключительных случаях: выполненными основными и дополнительными мероприятиями необходимая ЭМО не обеспечена. Указанные специальные устройства устанавливаются на основании специальной разработки по согласованию с производителями вторичного оборудования и систем связи. Устанавливаемые устройства не должны влиять на полезный сигнал и снижать надежность работы вторичного оборудования. Должны быть даны указания по обслуживанию устройств в эксплуатации.

- удалить кабельную трассу от места установки молниеотводов;
- проложить экранированные кабели с заземлением экранов с двух сторон (для заземления экранов применяют разъемы или зажимы специального исполнения);
- выбрать тип кабельной канализации с более эффективным экранированием (в специальных лотках с экранирующими свойствами, в кабельных каналах или металлических коробах).
- изменить место размещения молниеотводов (при этом должна быть обеспечена защита от прямого удара молнии оборудования и зданий);
- установить специальные устройства<sup>1</sup> защиты от импульсных перенапряжений (диоды, ограничители импульсных перенапряжений, разрядники, фильтры).

5.2.4 Разработка технических решений по обеспечению допустимых уровней магнитных полей промышленной частоты

5.2.4.1 Перечень исходных данных для выполнения расчетов приведен в Приложении Б (табл.Б.1 п.4).

5.2.4.2 Сборные и соединительные шины, силовые кабели, реакторы, силовые трансформаторы, устройства компенсации реактивной мощности должны размещаться на таком расстоянии от вторичного оборудования, чтобы напряженность магнитного поля в месте размещения вторичного оборудования и устройств связи не превышала уровень устойчивости к магнитному полю этого оборудования.

Допустимое расстояние от источника магнитных полей до вторичного оборудования определяют на основании расчетов с помощью компьютерной программы.

5.2.4.3 Дополнительно, для снижения напряженности магнитного поля до допустимого уровня, рекомендуется применить экранирование источников магнитных полей или вторичного оборудования и кабелей (или применяют кабели менее чувствительные к низкочастотным электромагнитным полям, например, витую пару). Выбор материала и конструкции экрана определяют расчетом.

5.2.5 Разработка проектных решений по защите от электромагнитных полей радиочастотного диапазона

5.2.5.1 Перечень исходных данных для оценки напряженности электромагнитных полей радиочастотного диапазона приведен в Приложении Б (табл.Б.1 п.5). Методы расчетов даны в /1/, /3/ (Приложение А).

5.2.5.2 Для снижения напряженности электромагнитных полей до допустимого уровня следует применить дополнительное экранирование помещений/зданий, в которых размещается вторичное оборудование.

5.2.5.3 Для стационарных устройств связи, устанавливаемых на объекте, необходимо выбирать их место расположения (на основании расчетов) таким образом, чтобы уровень напряженности электромагнитного поля в месте размещения вторичного оборудования не превышал допустимых значений.

5.2.5.4 Для переносных радиопередающих устройств необходимо устанавливать ограничения (в зависимости от мощности устройства) по использованию их в местах расположения вторичного оборудования.

5.2.6 Разработка технических решений по обеспечению допустимых уровней импульсных магнитных полей

5.2.6.1 Источниками импульсных магнитных полей являются: ток молнии при ударе в молниеотводы и импульсные токи в шинах первичных цепей распределительных устройств, протекающие при коммутациях силового оборудования и КЗ.

5.2.6.2 Перечень исходных данных для выполнения расчетов приведен в Приложении Б (табл.Б.1 п.6).

5.2.6.3 Расчет напряженности импульсных магнитных полей рекомендуется выполнить с помощью компьютерной программы.

5.2.6.4 При превышении напряженности импульсных магнитных полей допустимых значений должны применяться последовательно следующие технические решения:

- изменение компоновки электросетевого объекта с увеличением расстояния между источниками импульсных магнитных полей и вторичным оборудованием и оборудованием связи;

- установка дополнительных искусственных экранов.

5.2.7 Разработка технических решений по защите от разрядов статического электричества

5.2.7.1 Перечень исходных данных для выполнения расчетов приведен в Приложении Б (табл.Б.1 п.7). Методы расчетов даны в /1/ (Приложение А).

5.2.7.2 Для защиты от разрядов статического электричества применить антистатические напольные покрытия.

5.2.7.3 При выборе мероприятий по защите от разрядов статического электричества следует руководствоваться требованиями ГОСТ 12.4.124-83.

5.2.8 Разработка технических решений по защите от наносекундных импульсных помех

5.2.8.1 Перечень исходных данных для разработки технических решений по защите от наносекундных импульсных помех приведен в Приложении Б (табл.Б.1 п.8).

5.2.8.2 Для защиты от наносекундных импульсных помех должны применяться поочередно следующие технические решения:

- питание электромеханических устройств и микропроцессорных устройств осуществить по отдельным фидерам;

- использовать защитные устройства в источнике помех (RC-цепочки, диоды, варисторы);

- применить экранированные кабели.

5.2.9 Разработка проектных решений по обеспечению качества электропитания постоянным током вторичного оборудования

5.2.9.1 Перечень исходных данных для разработки технических решений по обеспечению качества электропитания постоянным током приведен в Приложении Б (табл.Б.1 п.9).

5.2.9.2 Для обеспечения требуемого качества электропитания оперативным постоянным током должны применяться следующие технические решения:

- выбор зарядных устройств и коммутационного оборудования для сетей оперативного постоянного тока с учетом нормируемых параметров;
- питание ТС и силовых аппаратов, осуществить по разным фидерам;
- применить в сети оперативного постоянного тока экранированные кабели, если при использовании неэкранированных кабелей расчетный уровень наведенных импульсных помех превышает допустимые значения.

5.2.10 Разработка проектных решений по обеспечению качества электропитания переменным током вторичного оборудования.

5.2.10.1 Перечень исходных данных для разработки технических решений по обеспечению качества электропитания переменным током приведен в Приложении Б (табл.Б.1 п.10).

5.2.10.2 Нормируемыми параметрами для системы переменного тока являются:

- уровень гармоник и интергармоник, сигналов систем телеуправления и сигнализации в напряжении сети переменного тока;
- размах колебания напряжения;
- динамические изменения напряжения;
- отклонение частоты.

В качестве нормируемых параметров применяют также показатели качества электроэнергии, определяемые по ГОСТ 13109-97.

5.2.10.3 Для обеспечения требуемого качества электропитания переменным током должны применяться следующие технические решения:

- для уменьшения отклонения напряжения от номинального значения: применить регулирование напряжения путём переключения на соответствующее ответвление трансформатора собственных нужд и увеличение сечения проводников;

- для уменьшения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения: выделить нелинейные нагрузки на отдельную систему шин; использовать фильтровые устройства; применить специальное оборудование («ненасыщающиеся» трансформаторы, многофазные преобразователи с улучшенными энергетическими показателями);

- для снижения размахов колебания напряжения: устанавливать быстродействующие источники реактивной мощности; разделить нагрузку (с помощью сдвоенных реакторов, трансформаторов с расщеплённой обмоткой и т.д.);

- для снижения коэффициента несимметрии по обратной или нулевой последовательности: осуществить симметричное распределение однофазных

нагрузок между фазами; применить симметрирующие устройства или схемы симметрирования;

- для исключения провалов, прерывания напряжения применить системы бесперебойного электропитания на базе ИБП;

- для защиты от импульсных перенапряжений устанавливать специальные устройства (диоды, ограничители импульсных перенапряжений, разрядники, фильтры);

- применить систему электропитания TN-S.

5.2.11 Разработка технических решений по защите от кондуктивных помех.

5.2.11.1. При выборе технических решений для снижения уровня кондуктивных помех следует руководствоваться требованиями ГОСТ Р 50571.20-2000.

5.2.11.2 Перечень исходных данных для разработки технических решений по защите от кондуктивных помех приведен в Приложении Б (табл.Б.1 п.11).

5.2.11.3 Для снижения уровня кондуктивных помех от внешних электромагнитных полей применить экранированные кабели.

5.2.11.4 Для защиты от взаимного влияния цепей различного назначения должны применяться следующие технические решения:

- исключить использование для передачи одного сигнала жил разных контрольных кабелей;

- силовые кабели и контрольные кабели прокладываемые в одном кабельном канале, расположить на расстоянии не менее 0,25м друг от друга (допустимое расстояние определяют расчетом по методике /6/ Приложение А);

- силовые кабели и контрольные кабели вторичного оборудования проложить в разных кабельных каналах (лотках);

- в одном контрольном кабеле не допускается прокладывать цепи, по которым передают сигналы различных типов.

## **6 Требования к авторскому надзору, приемо-сдаточным испытаниям и контролю электромагнитной обстановки при эксплуатации**

### **6.1 Проведение авторского надзора**

6.1.1 Авторский надзор осуществляется проектной организацией непосредственно на объекте строительства.

6.1.2. При проведении авторского надзора на этапе строительства осуществить контроль:

- соответствия выполненного состава и объёма строительно-монтажных работ проектной документации;

- качества реализации технических решений, принятых в проекте;

- соответствия уровней всех возможных электромагнитных воздействий на объекте допустимым значениям (степени жесткости<sup>2</sup> испытаний ТС на помехоустойчивость).

---

<sup>2</sup> Степень жесткости должна быть указана в технической документации на ТС.

6.1.2 Если при проведении авторского надзора выявлены отклонения от проектных решений, проектной организацией составляется Акт с указанием установленных дефектов и направляется Заказчику строительства для принятия необходимых мер.

## **6.2 Прием-сдаточные испытания**

6.2.1 Прием-сдаточные испытания проводят на этапах строительства, монтажа и выполнения пуско-наладочных работ на объекте.

6.2.2 При проведении прием-сдаточных испытаний осуществляют проверку заземляющего устройства и обеспечения требований ЭМС ТС .

Состояние заземляющего устройства определяют с применением методов и технических средств в соответствии с «Методическими указаниями по проверке состояния заземляющих устройств электроустановок (РД153-34.0-20.525-00)».

По результатам проверки состояния заземляющего устройства оформить соответствующие Протоколы, и составить Паспорт ЗУ.

6.2.3 Проверку эффективности технических решений по обеспечению ЭМС ТС провести в соответствии с «Методическими указаниями по определению электромагнитных обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях» (СО 34.35.311.2004).

По результатам проверки ЭМС составить соответствующие Протоколы и Заключение о выполнении требований ЭМС для вторичного оборудования и систем связи по всем видам электромагнитных воздействий.

6.2.4. В случае, если при проведении проверок по п.п.6.2.2 и 6.2.3 выявлено невыполнение требований ЭМС, необходимо разработать и реализовать дополнительные технические решения по обеспечению ЭМС вторичного оборудования и систем связи и внести соответствующие изменения в проектную документацию.

## **6.3 Требования к обеспечению ЭМС при эксплуатации**

6.3.1 В процессе эксплуатации оборудования на действующих объектах ЕНЭС должна проводиться периодическая проверка выполнения условий обеспечения ЭМС.

6.3.2 Проверку электромагнитной обстановки и совместимости при эксплуатации объекта необходимо проводить:

- планово, с периодичностью не реже 1 раза в 12 лет;
- внепланово, в случаях выявления нарушений: неправильная, или неустойчивая работа ТС, повреждение вторичного оборудования, устройств связи и т.д.

6.3.3 Определение электромагнитной обстановки и совместимости вторичного оборудования и систем связи при эксплуатации объекта проводят в соответствии с СО 34.35.311.2004. Результаты проверки отражают в Протоколах установленной формы, а также в Паспортах на заземляющее устройство и молниезащиту объекта.

6.3.4 По результатам проверки электромагнитной обстановки:

- составляют заключение о выполнении условий ЭМС для вторичного оборудования и систем связи;
- устраняют выявленные дефекты;
- разрабатывают и реализуют дополнительные технические решения для устранения обнаруженных недостатков (при необходимости заказывается проект).

После устранения выявленных дефектов или реализации дополнительных технических решений проводят повторную проверку электромагнитной обстановки для определения достаточности выполненных мероприятий.

## **7 Требования к персоналу, проводящему работы по обеспечению ЭМС вторичного оборудования и систем связи электросетевых объектов**

7.1 Работы по обеспечению ЭМС должен выполнять персонал специализированных и проектных организаций, испытательных лабораторий, строительно-монтажных и наладочных организаций, эксплуатирующих организаций:

- прошедший профессиональную подготовку, соответствующую характеру выполняемой работы;
- имеющий право на выполнение работ на объектах ОАО «ФСК ЕЭС»;
- оснащенный необходимыми техническими средствами<sup>3</sup> и специальными компьютерными программами<sup>4</sup>, применяемыми для определения ЭМО.

7.2 Профессиональная подготовка персонала, повышение его квалификации, проверка знаний и инструктажи проводятся в соответствии с требованиями государственных и отраслевых нормативных правовых актов по организации работы с персоналом, охраны труда и безопасной работе персонала.

---

<sup>3</sup> Технические средства должны иметь «Сертификат об утверждении типа средств измерений» Госстандарта России и быть аттестованными для применения на объектах ОАО «ФСК ЕЭС» в установленном порядке.

<sup>4</sup> Компьютерные программы должны быть зарегистрированы в Роспатенте РФ и аттестованы в ОАО «ФСК ЕЭС» в установленном порядке.

## Библиография

1. Дьяков А.Ф., Максимов Б.К., Борисов Р.К., Кужекин И.П., Жуков А.В. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике. /Под редакцией Дьякова А.Ф. -М.: Энергоатомиздат. 2003.
2. Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике: Пер. с нем. / И.П. Кужекин; под ред. Б.К. Максимова. М.: Энергоатомиздат, 1995.
3. Шваб А. Электромагнитная совместимость: Пер. с нем. В.Д. Мазина и С.А. Спектора. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. И.П. Кужекина М.: Энергоатомиздат, 1998.
4. В.С. Кармашев. Электромагнитная совместимость технических средств. Справочник. – М.: Изд-во Норт, 2001.
5. Уилльямс Т. ЭМС для разработчиков продукции. -М.: Издательский дом «Технологии», 2003.
6. Guide on EMC in power plants and substations (методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на электрических станциях и подстанциях). Cigre, Working Group 36.04 “EMC within power plants and substations” December 1997.
7. Карякин Р.Н. Заземляющие устройства электроустановок. Справочник. –М.: ЗАО «Знергосервис», 1998.
8. Рекомендации МККТ. К 27. Красная книга.

### Исходные данные для расчета уровней электромагнитных воздействий

№ п/п	Электромагнитное воздействие	При новом строительстве	При техническом перевооружении	При текущей эксплуатации
1.	Напряжения промышленной частоты при КЗ на землю.	<p>1. Характеристики электрической структуры грунта.</p> <p>2. Компоновка объекта с трассами прокладки кабелей цепей вторичной коммутации.</p> <p>3. Расчетные значения токов однофазного (двухфазного на землю) короткого замыкания на каждом из РУ 110 кВ и выше и токов двухфазного замыкания на РУ 6-35 кВ. Значения токов принимают с учетом перспективы развития энергосистемы.</p> <p>4. Проектное решение по конструктивному выполнению ЗУ в соответствии с ПУЭ гл.1.7 по условию обеспечения электробезопасности.</p>	<p>1. Характеристики электрической структуры грунта.</p> <p>2. Компоновка объекта с трассами прокладки кабелей цепей вторичной коммутации.</p> <p>3. Расчетные значения токов однофазного (двухфазного на землю) короткого замыкания на каждом из РУ 110 кВ и выше и токов двухфазного замыкания на РУ 6-35 кВ. Значения токов принимают с учетом перспективы развития энергосистемы.</p> <p>4. Исполнительная схема ЗУ.</p>	<p>1. Характеристики электрической структуры грунта.</p> <p>2. Компоновка объекта, трассы прокладки кабелей цепей вторичной коммутации.</p> <p>3. Расчетные значения токов однофазного (двухфазного на землю) короткого замыкания на каждом из РУ 110 кВ и выше и токов двухфазного замыкания на РУ 6-35 кВ. Значения токов принимают с учетом перспективы развития энергосистемы на 10 лет.</p> <p>4. Исполнительная схема ЗУ.</p>

№ п/п	Электромагнитное воздействие	При новом строительстве	При техническом перевооружении	При текущей эксплуатации
2.	Импульсные помехи, возникающие при коммутациях силового оборудования и КЗ на первичной стороне.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характеристики электрической структуры грунта.</li> <li>2. Электрическая оперативная схема.</li> <li>3. Первоначально принятое проектное решение по размещению первичного оборудования, выбору трассы прокладки кабелей и типу кабельной канализации.</li> <li>4. Характеристики первичного оборудования.</li> <li>5. Схема ЗУ по п.5.2.1.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характеристики электрической структуры грунта.</li> <li>2. Электрическая оперативная схема.</li> <li>3. План размещения первичного оборудования, трассы прокладки кабелей и тип кабельной канализации.</li> <li>4. Характеристики первичного оборудования.</li> <li>5. Исполнительная схема ЗУ.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Результаты измерений импульсных помех при коммутациях силового оборудования.</li> <li>2. Характеристики электрической структуры грунта.</li> <li>2. Электрическая оперативная схема.</li> <li>3. План размещения первичного оборудования, трассы прокладки кабелей и тип кабельной канализации.</li> <li>4. Характеристики первичного оборудования.</li> <li>5. Исполнительная схема ЗУ.</li> </ol>
3.	Импульсные помехи от токов молнии.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характеристики электрической структуры грунта.</li> <li>2. План размещения молниеотводов, зданий, сооружений, открытых распределительных устройств (ОРУ) в масштабе с указанием их высот.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характеристики электрической структуры грунта.</li> <li>2. . План размещения молниеотводов, зданий, сооружений, открытых распределительных устройств (ОРУ) в масштабе с указанием их высот. Планы и вертикальные разрезы (высоты) зданий и сооружений и их типы (железобетонные, кирпичные и</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характеристики электрической структуры грунта.</li> <li>2. План размещения молниеотводов, зданий, сооружений, открытых распределительных устройств (ОРУ) в масштабе с указанием их</li> </ol>

№ п/п	Электромагнитное воздействие	При новом строительстве	При техническом перевооружении	При текущей эксплуатации
		<p>Планы и вертикальные разрезы (высоты) зданий и сооружений и их типы (железобетонные, кирпичные и т. п.).</p> <p>3..Трассы коммуникаций (трубопроводы, силовые кабели, кабели цепей вторичной коммутации и т. п.) с указанием способа их прокладки (в кабельных лотках, тоннелях, по наземным эстакадам, непосредственно в земле и т. п.).</p> <p>4. Схема ЗУ по п.5.2.1.</p>	<p>т. п.).</p> <p>3..Трассы коммуникаций (трубопроводы, силовые кабели, кабели цепей вторичной коммутации и т. п.) с указанием способа их прокладки (в кабельных лотках, тоннелях, по наземным эстакадам, непосредственно в земле и т. п.).</p> <p>4. Исполнительная схема ЗУ.</p>	<p>высот.</p> <p>Планы и вертикальные разрезы (высоты) зданий и сооружений и их типы (железобетонные, кирпичные и т. п.).</p> <p>3..Трассы коммуникаций (трубопроводы, силовые кабели, кабели цепей вторичной коммутации и т. п.) с указанием способа их прокладки (в кабельных лотках, тоннелях, по наземным эстакадам, непосредственно в земле и т. п.).</p> <p>4. Исполнительная схема ЗУ.</p>
4.	Магнитные поля промышленной частоты.	<p>1. Компоновка объекта (размещение силового оборудования и первичных цепей по отношению к вторичному оборудованию).</p> <p>2 Наибольшие значения токов в первичных цепях при нормальном режиме и при коротких замыканиях.</p>	<p>1. Компоновка объекта (размещение силового оборудования и первичных цепей по отношению к вторичному оборудованию).</p> <p>2 Наибольшие значения токов в первичных цепях при нормальном режиме и при коротких замыканиях.</p>	<p>1. Результаты измерений напряженности магнитного поля в местах размещения вторичного оборудования и систем связи.</p> <p>2.Компоновка объекта (размещение силового оборудования и</p>

№ п/п	Электромагнитное воздействие	При новом строительстве	При техническом перевооружении	При текущей эксплуатации
				первичных цепей по отношению к вторичному оборудованию). 3 Наибольшие значения токов в первичных цепях при нормальном режиме и при коротких замыканиях.
5.	Электромагнитные поля радиочастотного диапазона.	1. Результаты измерений напряженности электромагнитного поля от внешних источников при проведении предпроектных изысканий. 2. Характеристики и место размещения применяемых на объекте радиопередающих устройств связи. 3. Данные об естественных экранах: конструкция зданий и сооружений (железобетонные, кирпичные) и шкафов, в которых размещается вторичное оборудование.	Результаты измерений напряженности электромагнитного поля в местах размещения вторичного оборудования и систем связи при проведении предпроектных изысканий.	Результаты измерений напряженности электромагнитного поля в местах размещения вторичного оборудования и систем связи при проведении предпроектных изысканий.
6.	Импульсные магнитные поля.	1. Компонировка объекта (размещение молниеотводов, силового оборудования и первичных цепей по отношению	1. Компонировка объекта (размещение молниеотводов, силового оборудования и первичных цепей по отношению к вторичному	1. Компонировка объекта (размещение молниеотводов, силового оборудования и

№ п/п	Электромагнитное воздействие	При новом строительстве	При техническом перевооружении	При текущей эксплуатации
		к вторичному оборудованию). 2. Данные об естественных экранах: конструкция зданий и сооружений (железобетонные, кирпичные) и шкафов, в которых размещается вторичное оборудование.	оборудованию). 2. Данные об естественных экранах: конструкция зданий и сооружений (железобетонные, кирпичные) и шкафов, в которых размещается вторичное оборудование.	первичных цепей по отношению к вторичному оборудованию). 2. Данные об естественных экранах: конструкция зданий и сооружений (железобетонные, кирпичные) и шкафов, в которых размещается вторичное оборудование.
7.	Разряды статического электричества.	1. Данные о типе напольного покрытия в местах установки вторичного оборудования и устройств связи.	1. Результаты измерений при проведении предпроектных изысканий. 2. Данные о типе напольного покрытия в местах установки вторичного оборудования и устройств связи.	Результаты измерений при проведении обследования ЭМО. Данные о типе напольного покрытия.
8.	Наносекундные импульсные помехи от электромеханических устройств.	Место размещения и тип электромеханических устройств.	Результаты измерений при проведении предпроектных изысканий.	Результаты измерений при проведении обследования ЭМО.
9.	Качество электропитания постоянным током.	1. Электрическая схема. 2. Характеристики оборудования.	Результаты измерений при проведении предпроектных изысканий.	Результаты измерений при проведении обследования ЭМО.

№ п/п	Электромагнитное воздействие	При новом строительстве	При техническом первооружении	При текущей эксплуатации
10.	Качество электропитания переменным током.	1. Электрическая схема. 2. Характеристики оборудования.	Результаты измерений при проведении предпроектных изысканий.	Результаты измерений при проведении обследования ЭМО.
11.	Кондуктивные помехи.	1. Компоновка объекта. 2. Тип кабелей и кабельной канализации. 3. Кабельная трасса; 4. Данные о напряженности электромагнитного поля радиочастотного.	Результаты измерений при проведении предпроектных изысканий.	Результаты измерений при проведении обследования ЭМО.

## **Общие требования к компьютерным программам для расчета уровней электромагнитных воздействий**

### **1 Расчет напряжений и токов промышленной частоты, воздействующих на вторичное оборудование**

С помощью компьютерных программ выполняют расчет переходных процессов в разветвленной 3-мерной схеме заземляющего устройства электросетевых объектов, включающей систему проводников в воздухе и грунте, при коротких и двойных замыканиях на землю.

При проведении расчетов должны учитываться:

- удельное сопротивление грунта;
- материал и сечение проводников и заземлителей;
- составляющие тока КЗ на землю;
- кабели с экраном, броней или оболочкой;
- трубопроводы различного сечения.

В результате расчетов получают распределение потенциалов и токов по элементам заземляющего устройства, и определяют:

- сопротивление растеканию тока заземляющего устройства (напряжение на ЗУ);
- напряжение, воздействующее на вторичные кабели и оборудование;
- токи в экранах, броне и оболочках кабелей.

Дополнительно с помощью компьютерных программ определяют напряжение прикосновения и шага для обеспечения условий электробезопасности на электросетевом объекте.

### **2 Расчет импульсных помех при коротких замыканиях и коммутациях в первичных цепях**

С помощью компьютерных программ выполняют расчет переходных процессов при КЗ и коммутациях в первичных цепях.

При проведении расчетов должны учитываться:

- волновые процессы в кабельных линиях,
- свойства грунта,
- расположение кабельной линии в воздухе так и в грунте,
- взаимное экранирование проводов в кабельных линиях,
- нагрузка линии на ее концах.

В результате расчетов определяют импульсные токи в первичных цепях, наведенные импульсные напряжения и токи во вторичных цепях.

### **3 Расчет магнитных полей**

С помощью компьютерных программ для расчета магнитных полей выполняют расчет напряженности магнитного поля от источников поля:

- шины первичных цепей;
- реакторы, трансформаторы;
- проводники различного назначения;
- молниеотводы.