

**ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ  
(ОСЖД)**

I издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре  
и подвижному составу 25-27 августа 2015 г.,  
Комитет ОСЖД, г. Варшава, Республика Польша

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре  
и подвижному составу 27-30 октября 2015 г.,  
Комитет ОСЖД, г. Варшава, Республика Польша

Дата вступления в силу: 30 октября 2015 г.

Примечание: Теряют силу:

- I издание Памятки Р 850 от 10.11.2005 г.;
- I издание Памятки Р 809 от 16.11.2001 г.;
- I издание Памятки Р 812 от 30.10.2003 г.

**Р 851**

**ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ  
ПО ЗАЩИТЕ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ  
АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ  
ОТ КОММУТАЦИОННЫХ И АТМОСФЕРНЫХ  
ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ, ПО ИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ  
СОВМЕСТИМОСТИ**

## СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Область применения	3
1. Термины и	4
2. Эксплуатационно-технические требования по защите устройств ЖАТ от коммутационных и атмосферных	6
2.1. Общие	7
2.2. Основные принципы выбора защиты от	7
2.3. Расчетные режимы и параметры воздействующих импульсов и	8
2.4. Требования к аппаратуре ЖАТ по условиям защиты от	10
2.5. Требования к устройствам защиты от	11
2.6. Требования к выполнению заземлений при защите от аппаратуры	13
2.7. Требования к устройствам электроснабжения и электроподвижного	15
3. Электромагнитная совместимость микроэлектронных устройств	18
3.1. Общие требования к испытаниям технических средств сигнализации, централизации и блокировки на электромагнитную	18
3.2. Количественные требования к микроэлектронным техническим части устойчивости к воздействию электромагнитных	19
3.3. Рекомендации по повышению устойчивости технических средств к воздействию электромагнитных	25
4. Эмиссия гармонических составляющих, колебания напряжения и фликер устройствах сигнализации, централизации и	26
4.1. Общие	26
4.2. Эмиссия гармонических	30
4.3. Колебания напряжения и	33
Приложение А	34
Приложение Б	35
Приложение В	40
Приложение Г	44
Приложение Д	45

## Область применения

Настоящая Памятка распространяется на средства и методы защиты от коммутационных и атмосферных перенапряжений (далее - ПН) устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (далее - ЖАТ), применяемые на железных дорогах стран – членов ОСЖД, на все виды микроэлектронных технических средств (далее - ТС) сигнализации, централизации и блокировки, которые в условиях эксплуатации находятся под воздействием электромагнитных помех, и которые при их эксплуатации могут вызывать колебания напряжения, фликер или эмиссию гармонических составляющих.

Изложенные в Памятке основные эксплуатационно-технические требования (далее - ЭТТ) должны соблюдаться в процессе проектирования, строительства и эксплуатации при модернизации существующих и разработке новых устройств ЖАТ.

В Памятке содержатся сведения об атмосферных и коммутационных ПН и воздействии их на устройства ЖАТ. Изложены основные методы защиты от ПН, требования к устройствам электроснабжения, электрической тяги в части ограничения воздействия на устройства ЖАТ, а также общие требования как к средствам защиты от ПН, так и непосредственно к самой защищаемой аппаратуре в части выбора защитных характеристик. Приводятся общие требования к испытаниям технических средств сигнализации, централизации и блокировки (далее - СЦБ) на электромагнитную совместимость, количественные требования к микроэлектронным ТС в части устойчивости к воздействию электромагнитных помех, рекомендации по ее повышению. Приводятся сведения о показателях качества электроэнергии: эмиссия гармонических составляющих, колебания напряжения и «фликер».

## 1. Термины и определения

Атмосферное ПН – перенапряжения от прямых ударов молнии в высоковольтные линии электроснабжения, тяговую сеть или сигнально-блокировочные цепи, а также индуктированные перенапряжения в проводах и рельсах при разрядах молнии на близко расположенные заземленные объекты.

АПС – автоматическая переездная сигнализация.

Время восприятия фликера  $t_1$  – минимальное время для субъективного восприятия человеком колебаний светового потока, вызванных колебаниями напряжения определенной формы.

Гармоническая составляющая – составляющая порядка, выше чем первый ряда Фурье периодической величины.

Доза фликера – мера восприимчивости человека к воздействию фликера за установленный промежуток времени.

Длительная доза фликера  $Plt$  – количественная характеристика фликера за длительный период времени (несколько часов), оцениваемая с использованием последовательных значений  $Pst$ .

Защитный сбой ТС – сбой, приводящий к защитному состоянию ТС.

Защитное состояние – неработоспособное и неопасное состояние ТС, при котором оно обеспечивает функцию безопасности движения поездов в соответствии с технической документацией.

Защита ТС от электромагнитных помех – комплекс технических мероприятий и средств, снижающих воздействие электромагнитных помех, включающий в себя, например, фильтрацию, экранирование, рациональное заземление, пространственное разнесение источников и приемников помех (влияющих цепей и цепей, подверженных влиянию помех), гальваническую развязку, кодирование информации, различные виды селекции и модуляции.

Импульс напряжения – переходный процесс напряжения, характеризующийся быстрым нарастанием, за которым следует более медленный спад.

Импульсная помеха – электромагнитная помеха в виде одиночного импульса или последовательности импульсов.

Исправное состояние – состояние, при котором ТС соответствует всем требованиям нормативной и (или) технической документации.

Каскадный принцип защиты – способ защиты аппаратуры от перенапряжений, обеспечивающий снижение степени воздействия импульса напряжения до уровня соответствующей ступени преобразования напряжения.

Коммутационные перенапряжения – ПН, возникающие при:

- коротких замыканиях в тяговой сети (контактный провод-рельс) электрифицированных железных дорог и на электроподвижном составе (далее – ЭПС);

- переходных процессах в системе тягового электроснабжения и на ЭПС во всех режимах их работы (пуск, переключения, сброс тяги, подача напряжения и т.п.);

- внутренних переключениях и аварийных режимах в сетях продольного электроснабжения 6 - 35 кВ;

- внутренних коммутационных ПН, возникающих в аппаратуре при ее работе.

Качество функционирования – совокупность свойств и параметров, характеризующих работоспособность ТС при воздействии электромагнитных помех.

Колебания напряжения – серия изменений или непрерывное изменение среднеквадратичного значения напряжения.

Кратковременная доза фликера  $P_{st}$  – количественная характеристика фликера за краткий период времени (несколько минут); значение  $P_{st}=1$  соответствует порогу восприятия.

Максимальное изменение напряжения  $\Delta U_{max}$  – разность между максимальным и минимальным значениями характеристики изменения напряжения.

Неисправное состояние – состояние, при котором ТС не соответствует хотя бы одному из требований нормативной и (или) технической документации.

Неработоспособное состояние – состояние, при котором ТС не способно выполнять все предусмотренные техническими требованиями функции.

Опасный сбой – сбой, приводящий к опасному состоянию ТС.

Опасное состояние – состояние ТС, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять предусмотренные техническими требованиями функции по обеспечению движения поездов, не соответствует требованиям нормативных документов.

Отказ - событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния железнодорожной техники.

Опасный отказ – событие, в результате которого железнодорожная техника переходит из исправного, работоспособного или частично работоспособного состояния в опасное состояние.

Огибающая среднеквадратичных значений напряжения  $U(t)$  – ступенчатая временная функция, образованная среднеквадратичными значениями напряжения, дискретно определенными на каждом полупериоде напряжения основной частоты.

Перенапряжение – напряжение перегрузки электрической цепи.

Порт ввода-вывода устройства ЖАТ – электрическая цепь, предназначенная для подключения внешней линии управления, связи, сигнализации и т.п.

Пачка импульсов помех – произвольно или периодически повторяющиеся импульсы в течение фиксированного интервала времени.

Порядок гармонической составляющей – целое число, равное отношению частоты гармонической составляющей к основной частоте.

Работоспособное состояние – состояние, при котором ТС способно выполнить все предусмотренные техническими требованиями функции в полном объеме.

Редуцирующее воздействие рельсов и/или заземляющих проводов – создание встречного магнитного поля для снижения влияния магнитного поля молнии.

Степень преобразования напряжения – преобразование одного уровня напряжения (низкого или высокого) в другое (высокое или низкое) путем гальванических или индуктивных развязок.

СТК – средства теплового контроля.

Сбой – событие, при котором ТС не выполняет хотя бы одну из предусмотренных техническими требованиями функций в течение времени менее допустимого, установленного в технической документации.

Тяговая (рельсовая) сеть – совокупность рельсов, перемычек, соединителей, изолирующих и электрических стыков, образующих единую электрическую цепь, используемую для пропуска тягового и сигнального тока рельсовых цепей, а также в качестве заземлителя для различного рода сооружений, конструкций и устройств.

Установившееся изменение напряжения  $\Delta U_c$  – разность между двумя смежными установившимися значениями напряжения, разделенными, по крайней мере, одним значением характеристики изменения напряжения.

Фликер (мерцание) – субъективное восприятие человеком колебаний светового потока искусственных источников освещения, вызванное колебаниями напряжения в электрической сети, питающей эти источники. В соответствии с международным электротехническим словарем, фликер – ощущение неустойчивости зрительного восприятия, вызванное световым раздражителем, яркость или спектральное распределение которого колеблется во времени.

Фликерметр – средство для измерения фликера ( $P_{st}$  или  $Plt$ ).

Характеристика изменения напряжения  $\Delta U(t)$  – функция времени, определяемая изменениями среднеквадратичных значений напряжения между интервалами времени, когда напряжение неизменно, по крайней мере, в течение 1с.

Частично работоспособное состояние – состояние, при котором ТС не способно выполнить хотя бы одну из предусмотренных техническими требованиями функций в полном объеме.

Электромагнитная совместимость (далее - ЭМС) – способность технических средств функционировать с заданным качеством в окружающей электромагнитной обстановке, не создавая при этом недопустимых помех другим устройствам в этой обстановке.

Электромагнитная обстановка (далее - ЭМО) – совокупность электромагнитных полей и колебаний в заданных областях пространства, частотном и временном диапазонах.

Электромагнитная помеха – электромагнитное явление, процесс, которые снижают или могут снизить качество функционирования ТС.

## **2. Эксплуатационно-технические требования по защите устройств ЖАТ от коммутационных и атмосферных перенапряжений**

### **2.1. Общие положения**

2.1.1. ЭТТ должны соответствовать международным стандартам по электромагнитной совместимости серии IEC 61000.4.x., ГОСТ 30804.4.x.

ЭТТ распространяются на:

- аппаратуру рельсовых и сигнально-блокировочных цепей устройств ЖАТ;
- устройства ЖАТ, расположенные в постах электрической, горочной и

диспетчерской централизации, релейных шкафах на перегонах и станциях;

- аппаратуру линий и трансформаторных пунктов электроснабжения в части выбора средств защиты от ПН;

- устройства высоковольтных и низковольтных заземлений;

- устройства защиты ЖАТ от последствий не прямых молниевых разрядов и исключения появления высоковольтного потенциала внутри защищаемого объекта.

2.1.2. ЭТТ не распространяются на защиту:

- технических средств ЖАТ, не соответствующих требованиям стандартов серии IEC 61000.4.x, ГОСТ 30804.4.x со степенями жесткости, соответствующими условиям эксплуатации;

- аппаратуры ЖАТ от коротких замыканий и перегрузок в ее цепях;

- устройств ЖАТ от повреждения токами утечки с тяговой рельсовой сети при нарушении изоляции от рельсов конструкций, сигнальных и связевых кабелей;

- устройств ЖАТ от повреждения при прямых ударах молнии;

- аппаратуры воздушных и кабельных высоковольтных линий электроснабжения устройств ЖАТ от коротких замыканий и других аварийных режимов, устанавливаемых на тяговых подстанциях и разрабатываемую в соответствии с нормативной документацией.

При нормировании ЭТТ к защите от ПН за исходное принято положение, что любое ее устройство не может предотвратить развитие молнии. Применение ЭТТ не может обеспечить полную защиту, а способствует существенному снижению риска ущерба от удара молнии.

2.1.3. При разработке и внедрении новых устройств защиты от ПН или при модернизации существующих необходимо стремиться к реализации следующих требований:

- унификации;

- минимизации затрат времени и средств на замену при отказе;

- снижения материалоемкости и габаритов;

- использование средств диагностики, дистанционного контроля, в том числе для фиксации аналоговых параметров (сопротивление изоляции, время воздействия ПН и т.п.) и предотказных состояний.

2.1.4. Устройства защиты от ПН применяемые в цепях, непосредственно влияющих на безопасность движения и защиту обслуживающего персонала, должны быть, как правило, изготовлены производителями, имеющими соответствующий сертификат согласно международному стандарту ISO 9000.

## **2.2. Основные принципы выбора защиты от перенапряжений**

2.2.1. В основу выбора схем защиты и разработки защитных средств от ПН устройств ЖАТ положена зонная концепция с учетом структуры устройств СЦБ, представляющая для внешних атмосферных и коммутационных ПН электрическую систему с несколькими уровнями рабочих напряжений и токов, попадающих в аппаратуру, как правило, по следующим входам:

- от линии электроснабжения устройств СЦБ (ЛЭП) и через силовой трансформатор за счет индуктивной, емкостной и гальванической связей;
- от прочих потребителей электроэнергии от постовых устройств (АПС, СТК, маневровые вышки и посты и т.п.)
- от напольных устройств автоматики (рельсовой линии, светофоров, стрелочных электроприводов и т.п.);
- от сигнально-блокировочной линии связи и линий сопряжения с другими устройствами.

2.2.2. Структурная схема путей проникновения импульсов тока или напряжения (перенапряжений) в устройства ЖАТ на станциях и перегонах в обобщенном виде приведена в Приложении А к Памятке, где приняты следующие сокращения: ВУ – вводное устройство; КРУ – контрольно-распределительное устройство; ПТ – путевой трансформатор; ДТ – дроссель-трансформатор; СП – стрелочный электропривод; АВР – автоматическое включение резерва; КЯ – кабельный ящик; АР – аварийное реле.

2.2.3. Наличие разного по уровню рабочего напряжения для каждой из ступеней структурной схемы, имеющих разные уровни защищенности от ПН, а также расположения участков цепей в зонах с электромагнитной обстановкой разной степени жесткости, предопределяет каскадный принцип построения защиты, при котором каждый каскад должен обеспечивать защиту аппаратуры для соответствующего уровня напряжения (прочности изоляции) на границе зон.

Зона «0» – зона, где каждый объект подвержен прямому удару молнии, и поэтому через него может протекать полный ток молнии. В этой области электромагнитное поле имеет максимальное значение.

Зона «0Е» - зона, где объекты не подвержены прямому удару молнии, но электромагнитное поле не ослаблено и также имеет максимальное значение.

Зона «1» - зона, где объекты не подвержены прямому удару молнии, и ток во всех проводящих элементах внутри зоны меньше, чем в зоне 0Е. В этой зоне электромагнитное поле может быть ослаблено экранированием.

Зона «2» - зона, жесткость электромагнитной обстановки в которой не превышает уровня помех, регламентированных серией стандартов IEC 61000.4.x.

2.2.4. Принцип выбора средств защиты для каждого каскада состоит в снижении уровней ПН до допустимой для данного типа аппаратуры величины.

В схеме сигнальных цепей ЖАТ, как правило, должно быть предусмотрено по три каскада защиты от всех видов ПН как со стороны линий электропитания, так и со стороны рельсовой линии; на входе от сигнально-блокировочной линии связи ввиду отсутствия ступеней преобразования рабочего напряжения предусматривается только один каскад защиты. При необходимости могут использоваться и дополнительные каскады защиты. При автономной тяге и тональных рельсовых цепях каскады I и II совмещены.

2.2.5. Защита от ПН устройств ЖАТ должна осуществляться путем:

- выравнивания потенциалов приборов между собой и по отношению к корпусу устройства, соединенного с заземлителем;
- экранирования (ослабление емкостных и индуктивных связей);
- уменьшения вероятности появления и ослабление гальванической связи

между источником ПН и защищаемой аппаратурой;

- симметрирования цепей (ослабление асимметрии тягового тока);
- шунтирования защищаемой аппаратуры на время воздействия ПН;
- ограничения в цепи защищаемой аппаратуры амплитуды и тока, воздействующего ПН, скорости их нарастания и спада (ослабление проникающей способности ПН);
- отключения аппаратуры от рабочей цепи на время воздействия ПН или уменьшения времени воздействия ПН;
- искусственного создания обходных цепей прохождения импульсов ПН в обход аппаратуры ЖАТ.
- использования существующих элементов структуры для внешней грозозащиты напольного оборудования.

2.2.6. Основными элементами системы защиты аппаратуры ЖАТ должны быть:

- приборы защиты от перенапряжений;
- заземлители;
- экраны;
- автоматические выключатели и приборы защиты от перегрузок по току;
- приборы для симметрирования цепей;
- молниеотводы и защитные тросы.

2.2.7. Элементы цепей и аппаратуры ЖАТ, входящие в зону действия определенной ступени каскадной защиты от ПН, должны быть гальванически разделены с элементами цепей и аппаратурой, входящими в зону действия другой ступени защиты. Это реализуется посредством:

- трансформаторов, входящих в аппаратуру ЖАТ и имеющих достаточную межобмоточную изоляцию;
- специально включаемыми для гальванического разделения цепей изолирующими трансформаторами или устройствами защиты с искровыми промежутками;
- применением оптопар для гальванической развязки.

2.2.8. Каждое устройство защиты от ПН должно содержать в паспорте основные технические характеристики в соответствии с техническими условиями на данный вид защиты и с учетом его специфических особенностей.

Координация характеристик устройств защиты для защищаемой аппаратуры должна состоять в следующем: напряжение на защищаемой аппаратуре должно ограничиваться до величины не менее чем на 20 % ниже от ее электрической прочности изоляции во всем диапазоне возможной продолжительности воздействующих импульсов ПН и максимальных значениях токов.

При выборе устройств защиты от ПН прежде всего должны применяться элементы, обладающие технико-экономическими преимуществами и простотой в изготовлении и эксплуатации.

2.2.9. В качестве устройств защиты от ПН в устройствах ЖАТ допускается

использовать:

- разрядники (газонаполненные и вентильные);
- искровые промежутки;
- ограничители ПН (выравниватели) ключевого или барьерного принципов действия;
- дроссели, конденсаторы с расчетной емкостью;
- различные электронные ключевые элементы и устройства.

При необходимости изменения параметров воздействующего импульса ПН с учетом характеристик устройств защиты допускается применение в цепях ступеней защиты специально включаемых элементов (активных и реактивных резисторов, индуктивно-емкостных фильтров и т.п.).

Время гашения сопровождающего тока устройствами защиты не должно превышать 1,1с.

### **2.3. Расчетные режимы и параметры воздействующих импульсов перенапряжений и токов**

2.3.1. Расчетные режимы воздействия на устройства ЖАТ разделяются на режимы воздействия атмосферных ПН (для всех видов тяги) и атмосферных и коммутационных (для электрифицированных железных дорог), а также внутренние ПН, вызванные работой аппаратуры ЖАТ.

Отличительным признаком при выборе расчетных режимов воздействия атмосферных и коммутационных ПН является род тяги. Для автономной тяги за расчетные принимаются атмосферные воздействия как со стороны линии электроснабжения, так и со стороны рельсов. Для электрифицированных железных дорог дополнительно следует учитывать:

- воздействия атмосферных ПН с последующим протеканием сопровождающего тока короткого замыкания контактной сети на рельсы;
- автоматические повторные включения напряжения на контактной сети (через 6 - 7 секунд после срабатывания защиты от коротких замыканий);
- наличие тока генераторного режима электроподвижного состава.

За расчетный режим обеспечения необходимой пропускной способности защитных приборов для электрифицированных дорог принимаются воздействия коммутационных ПН, так как эти ПН по энергии воздействия на аппаратуру ЖАТ наибольшие.

2.3.2. Расчетным атмосферным воздействием со стороны ЛЭП для первой ступени преобразования, а, следовательно, и для изоляции силового трансформатора линии электроснабжения является грозовой импульс ПН длительностью 1,2/50 мкс с максимальным значением 50-150 кВ для линий электроснабжения 6-35 кВ.

Для второй ступени преобразования расчетным атмосферным воздействием для цепи "провод-провод" принимается аperiodическая волна ПН с максимальным значением 1,5 кВ длительностью  $10 \sqrt{2/50} \sqrt{5}$  мкс. В этом же режиме для цепи "провод- земля" должна приниматься аperiodическая волна ПН с максимальным значением 2,5 кВ и длительностью  $10 \sqrt{2/100} \sqrt{10}$  мкс.

За расчетный режим для третьей ступени преобразования независимо от пути проникновения ПН должен приниматься импульс ПН относительно земли в виде апериодической волны с максимальным значением 2,5 кВ и длительностью  $20 \times 4/100 \times 10$  мкс.

2.3.3. За расчетный ток для первого каскада защиты следует принимать импульс воздействия в виде апериодической волны тока с максимальным значением 5 кА и длительностью 8/20 мкс.

За расчетный ток для цепей второго каскада защиты (через разрядные и изолирующие приборы) следует принимать импульс воздействия в виде апериодической волны тока с максимальным значением 1 кА и длительностью  $5 \times 1,5/30 \times 6$  мкс.

За расчетный ток при прямом ударе молнии (ПУМ) в рельсы при автономной тяге должна приниматься апериодическая волна тока с максимальным значением 3 кА и длительностью 8/20 мкс.

Расчетным током при атмосферных ПН в рельсы и постах ЭЦ и узлов связи при автономной тяге для второго каскада защиты должен быть импульс в виде апериодической волны тока с максимальным значением 3 кА и длительностью  $2 \times 0,5/100 \times 10$  мкс.

2.3.4. За расчетный импульс коммутационных (атмосферных) воздействий при электротяге постоянного тока должен приниматься:

- для основной обмотки дроссель-трансформатора – импульс тока с максимальным значением 5 кА и длительностью  $8 \times 2/100 \times 10$  мкс;

- для приборов защиты и аппаратуры, подключенных ко вторичной обмотке дроссель-трансформатора при двухниточных рельсовых цепях и вторичной обмотке путевого трансформатора (питающего или релейного) при однопиточных и тональных рельсовых цепях – импульс тока максимальным значением 200 А и длительностью  $8 \times 2/60 \times 10$  мс.

2.3.5. За расчетный импульс коммутационных воздействий при электротяге переменного тока должен приниматься:

- для основной обмотки дроссель-трансформатора – импульс тока максимальным значением 10 кА и длительностью  $8 \times 2/200 \times 10$  мс;

- для приборов защиты и аппаратуры, подключенных ко вторичной обмотке дроссель-трансформатора при двухниточных рельсовых цепях и ко вторичной обмотке путевого трансформатора (питающего или релейного) при однопиточных и тональных рельсовых цепях – импульс тока максимальным значением 250 А и длительностью  $8 \times 2/200 \times 10$  мс.

## **2.4. Требования к аппаратуре ЖАТ по условиям защиты от перенапряжений**

2.4.1. Цепи электропитания, сигнальные цепи и цепи с полупроводниковыми приборами при монтаже должны быть разобщены с учетом каскадности установки приборов защиты от ПН для исключения взаимных наводок.

Вводы на постах ЭЦ и узлах связи (клеммы, разъемы, штепсельные колодки), на которых возможно появление импульсов ПН, должны быть разнесены от вводов других цепей на расстояние, обеспечивающее нормальное функционирование цепей СЦБ и связи.

2.4.2. При проектировании постовых зданий необходимо стремиться к минимальным расстояниям между аккумуляторной, щитом выключения питания (ЩВП) и питающей аппаратурой устройств СЦБ. Особенно большое значение имеет сокращение коммуникаций в низковольтных цепях (до 230 В) батареи – выпрямительные панели, батарея – преобразователь частоты.

С целью исключения объединения цепей питания их необходимо располагать на разных контактных группах, и они не должны иметь гальваническую связь между собой.

Для уменьшения сечения жил кабелей на постах ЭЦ и узлах связи следует ставивы и распределительные устройства наиболее крупных потребителей (пусковых блоков стрелочных электроприводов, преобразователей для питания рельсовых цепей и т.д.) размещать вблизи устройств электропитания (УЭП). Длина питающих проводов и кабелей от аккумуляторной, панелей питания, ЩВП, ставивов, табло и пультов управления должна определяться по плану размещения оборудования с учетом выполненных для этого коммуникаций: трубы, шкафы, кабель-росты, кабельные каналы.

2.4.3. Для исключения взаимного влияния кабели от напольных устройств на станции и устройств на перегоне (линии связи), а также кабели систем электроснабжения должны вводиться, как правило, с разных сторон поста. В любом случае кабели различного назначения (силовые кабели, кабели СЦБ, электросвязи) не должны находиться в одном пучке. Пучки кабелей различного назначения должны быть отделены друга от друга в отношении электромагнитных воздействий.

При прокладке кабеля, для исключения индуктивных витков, следует избегать образования кабельных петель внутри трассы.

В качестве дополнительных мер может применяться прокладка кабеля в защитной зоне контактного провода, либо рельса, по которому протекает обратный тяговый ток, а также прокладка дополнительного заземляющего провода поверх кабеля. Заземляющий провод при этом оказывает редуцирующее воздействие и влияет на распределение потенциалов.

Монтажные провода на ставивах и в переходных желобах должны быть увязаны таким образом, чтобы исключалось снижение изоляции в условиях эксплуатации. С целью повышения изоляции монтажных проводов (жгутов) они должны крепиться посредством изоляционных втулок, исключая касание металлических стенок ставивов, муфт кабельных вводов, кабель-ростов и т.п.

При разделении кабельных вводов по ведомственной принадлежности (СЦБ, связь, энергоснабжение и т.п.) в общие служебно-технические здания и сооружения наличие общей системы выравнивания потенциалов обязательно.

2.4.4. Электрическая изоляция аппаратуры, устанавливаемой на ставивах и стеллажах, по отношению к корпусу должна выдерживать испытательное напряжение, приведенное в таблице 1.

*Примечание:* В случае если испытательное напряжение для существующей аппаратуры ниже установленных значений в таблице 1, следует рассмотреть вопрос о проведении дополнительных мероприятий по повышению надежности работы этих устройств.

Изоляция цепей с различными напряжениями должна выдерживать испытательное напряжение, соответствующее наибольшему напряжению цепей.

Время установления испытательного напряжения – минимальное, допускаемое испытательным оборудованием.

Нормы электрической прочности и электрического сопротивления изоляции, а также точки приложения испытательных напряжений и точки измерения электрического сопротивления, а также периодичность проведения испытаний и измерения должны быть установлены нормативно-технической документацией.

Изоляция разъемов штепсельных розеток реле, обмоток этих реле, а также реле относительно контактов, переключающих цепи с более высоким уровнем напряжения, и всех цепей, выходящих за пределы отдельного стativa, пульта или панели, должна соответствовать требованиям той ступени защиты, к которой они подключены.

В соответствии с требованиями координации защитных характеристик аппаратуры ЖАТ и устройств защиты от ПН конструктивное исполнение аппаратуры должно быть рассчитано и определяться технологией изготовления.

*Таблица 1*

Испытательное напряжение для аппаратуры ЖАТ на станциях для различных ступеней преобразования напряжения

Вид испытательного напряжения	Ступень преобразования напряжения					
	Первая (по отношению к земле)		Вторая		Третья	
	6-10 кВ	27,5-35 кВ	П-П	П-З	П-П	П-З
Напряжение промышленной частоты 50 Гц в течении 1 мин, кВ действ.	34-45	70-95	1,5*	2,5	1,5*	2,5
Импульсное напряжение грозового разряда 1,2/50 мкс, кВ	60-80	170-200	2,5	4,0	2,5	4,0

\*Требование относится к штепсельным розеткам, клеммным колодкам и элементам (цепям) монтажа и к контактам реле

## 2.5. Требования к устройствам защиты от перенапряжений

2.5.1. Устройства защиты от ПН аппаратуры ЖАТ должны отвечать требованиям при воздействии продольных (изоляция аппаратуры) и поперечных (собственно аппаратура) ПН. Они должны быть рассчитаны на параметры воздействующих импульсов ПН и токов, приведенных в разделе 2.3 для соответствующих ступеней преобразования напряжения, и скоординированы по защитным характеристикам с допустимыми параметрами для соответствующей защищаемой аппаратуры устройств СЦБ (раздел 2.4).

Устройства защиты аппаратуры ЖАТ для всех каскадов должны соответствовать параметрам, приведенным в таблице 2.

Требования к параметрам устройств защиты аппаратуры ЖАТ  
от поперечных ПН

Номинальное напряжение рабочих	Максимальное рабочее напряжение В	Пробивное напряжение	Остающееся напряжение, при максимальном импульсном токе, В	Максимальный импульсный ток А
380/400 В пост. и переем. тока	242	1500±100	1000	150
220/230 В пост. и перем. тока	242	700±100	700	100
100-200 В пост. тока	115-130	500±50	500	50
60 В пост. тока	66	250±50	200	25
24 В пост. тока	30	125±25	100	25
12 В пост. и перем. тока	16	100±15	90	25

Динамическое напряжение пробоя устройств защиты при заданной скорости нарастания напряжения должно быть не менее чем на 20 % ниже импульсного испытательного напряжения защищаемой изоляции аппаратуры и цепей устройств СЦБ.

2.5.2. Устройства защиты должны иметь нормированную величину рассеиваемой энергии не менее чем на 20 % выше энергии рассеивания при воздействии расчетных импульсов ПН в каждом из каскадов.

Устройства защиты должны выбираться по токам утечки или проводимости таким образом, чтобы не нарушалось нормальное функционирование защищаемой аппаратуры для соответствующего каскада защиты.

Устройства защиты после воздействия импульса ПН должны гасить дугу сопровождающего тока, определяемого рабочим напряжением защищаемой цепи и мощностью источника питания (таблица 2).

Устройства защиты должны обеспечить пропуск без повреждений не менее 20 импульсов тока, близких к максимальным расчетным для соответствующего каскада защиты:

- для первой ступени – стандартным импульсом тока с амплитудой 5 кА длительностью 8/20 мкс;
- для второй ступени – стандартным импульсом тока с амплитудой 3 кА длительностью 8/20 мкс;
- для третьей ступени – стандартным импульсом тока с амплитудой 50 А

длительностью 5/300 мкс.

2.5.3. Устройства защиты не должны оказывать влияния на работу устройств СЦБ. Они не должны шунтировать аппаратуру и прерывать электроснабжение цепей на период более 1,1 с, а также создавать обходные цепи подпитки путевых и сигнальных реле.

Устройства защиты не должны за счет выпрямительного эффекта (при срабатывании) ухудшать работу защищаемой аппаратуры.

Однотипные устройства защиты должны нормально функционировать при параллельном и последовательном подключении в соответствии с нормативно-технической документацией.

Устройства защиты должны быть постоянно включены в каскад защиты непосредственно без применения контактов реле и других приборов, которыми они могут быть исключены из работы.

2.5.4. Конструкция устройств защиты в части механических и климатических воздействий должна отвечать требованиям нормативных документов национальных железных дорог или соответствующих стран при обеспечении:

внутренней установки их на стативах, стеллажах, пультах и кабельных ящиках (за исключением приборов защиты для высоковольтной линии, устанавливаемых снаружи) на специальных клеммах;

- защитного корпуса;
- взрывобезопасной конструкции;
- применением экологически чистых элементов;
- отсутствии легковоспламеняющихся и горючих материалов в корпусах, колодках и деталях крепления;
- невозможности нарушения крепления подводящих цепей и самих устройств защиты при механическом воздействии на уровне, допускаемом для аппаратуры устройств СЦБ.

2.5.5. При повреждении устройств защиты вследствие воздействия импульсов ПН должно исключаться:

- взрыв с разрушением деталей крепления;
  - возгорание;
  - опасные отказы защищаемых цепей и снижения электробезопасности при коротком замыкании;
  - при разрушении корпусов – снижение надежности деталей крепления и соединительных проводов.
- цепи, имеющие защиту провод-земля должны контролироваться сигнализаторами заземления.

В связи со сложностью определения неисправных устройств защиты, рекомендуется при выходе из строя аппаратуры ЖАТ от атмосферных или коммутационных перенапряжений, а также заменять и подвергать проверке устройства защиты.

2.5.6. Устройства защиты должны размещаться на отдельных панелях из

негорючих материалов и отделены от аппаратуры ТС ЖАТ металлическими или полимерными щитками (экранами) из негорючего материала.

Устройства защиты, относящиеся к разным ступеням, следует размещать по возможности на отдельных панелях.

Провода подключения устройств защиты по тепловому воздействию и уровню изоляции должны быть рассчитаны на те же режимы, что и сами устройства защиты; они должны иметь минимальную длину и прокладываться на максимально возможном удалении от цепей управления. Сечение проводов должно рассчитываться с учетом их нагрева при максимальной длительности импульсов воздействий.

Запрещается совместная (в одном жгуте) прокладка проводов подключения устройств защиты, относящихся к разным гальванически разделенным ступеням защиты, или не имеющих защиты.

Место установки устройств защиты на постах должно определяться требованиями надежной защиты изоляции цепей и аппаратуры, удобствами присоединения их к токоведущим проводам и заземляющему контуру, а также удобствами обслуживания.

2.5.7. На постах ЭЦ и узлах связи устанавливаются разрядники на линейном вводе каждого питающего фидера – основного и резервного. При этом разрядники следует размещать в ЩВП.

При кабельном вводе фидеров питания расстояние между разрядником и силовым трансформатором (длина монтажных проводов) должно быть не более 15 м, а при воздушном вводе – не более 5 м. На всем протяжении заземляющие и монтажные провода не должны иметь петель и острых углов.

При монтаже разрядников в закрытых помещениях следует предусматривать защитные приспособления (щиты, кожуха и т.п.). После окончания монтажа все наружные металлические детали, кроме щитков, должны быть окрашены влагостойкой краской или эмалью.

Устройства защиты следует подключать непосредственно к клеммам защищаемых приборов. При этом необходимо применять экранирование аппаратуры и устройств защиты и выполнение монтажа витой парой.

## **2.6. Требования к выполнению заземлений при защите от перенапряжений аппаратуры ЖАТ**

2.6.1. Заземление на постах ЭЦ, ДЦ и узлах связи должно выполняться как по требованиям безопасности обслуживания (защитное), так и по требованиям нормального функционирования устройств защиты и защищаемой аппаратуры (рабочее). Заземление должно быть выполнено как со стороны высоковольтных, так и со стороны низковольтных цепей с учетом требований соответствующих нормативных документов.

Заземление должно представлять собой, как правило, единую систему и выполнено таким образом, чтобы были в минимальной степени использованы рабочие цепи устройств ЖАТ на посту для пропуска тока атмосферных и коммутационных ПН.

При размещении аппаратуры в одном помещении, а ее частей, соединенных общими кабельными коммуникациями, в различных зданиях и сооружениях следует

соединить между собой системы заземления (общая система выравнивания потенциалов), чтобы при ударе молнии равномерно повышался потенциал всех зданий. Для соединения зданий преимущественно используется железная арматура подходящих кабельных каналов, или обособленные соединительные линии.

2.6.2. Система заземления может быть раздельной и нераздельной для каждой ступени преобразования напряжения.

При раздельной системе заземления высоковольтный и низковольтный заземлители непосредственно (электрически) не соединены и гальванически могут быть связаны только через специальные приборы (например, пробивные промежутки) или по земле.

При неразделенной системе заземления высоковольтный и низковольтный заземлители электрически (гальванически) объединены, и эта система представляет собой нераздельную металлическую систему с одним контуром заземления для всех ступеней преобразования напряжения. Система заземления определяется проектом.

2.6.3. Заземляющее устройство для служебно-технических зданий (постов ЭЦ, домов связи и др.) и трансформаторной подстанции должно быть общим (нераздельным), если трансформаторная подстанция (основного или резервного электроснабжения) расположена на территории этих зданий или расстояние между служебно-техническим зданием и трансформаторной подстанцией менее 100 м.

Раздельное заземляющее устройство выполняется при расстоянии между трансформаторной подстанцией и служебно-техническим зданием более 100 м, а также при выносном заземлителе и на участках дорог со скальными и вечномёрзлыми грунтами.

В зависимости от функций, которые выполняют заземления в устройствах ЖАТ и связи применяют рабочие, рабоче-защитные, защитные, линейно-защитные и измерительные заземляющие устройства.

Назначение каждого из заземляющих устройств определяется действующими нормативными документами.

2.6.4. Конструктивно заземляющие устройства могут быть контурными и выносными и должны включать:

- внешний (наружный) контур заземления и измерительные заземлители, подключенные к щиту трех заземлений;

- внутренний контур заземления, проложенный по периметру помещений, где расположена аппаратура и оборудование с отводами к каждому из них.

Выносное заземляющее устройство должно применяться при малых токах замыкания на землю и при удалении не более 2,5 км от оборудования и аппаратуры, расположенной на посту ЭЦ.

Заземляющие устройства различного назначения на площадке технического здания должны размещаться исходя из условий их удобного расположения на местности и исключения взаимного влияния между ними. Подводящие провода от заземлителей должны вводиться в здания изолированно.

2.6.5. Сопротивление защитного и рабоче-защитного заземляющего устройства должно быть обеспечено с учетом использования искусственных и естественных заземлителей в виде проложенных под землей металлических трубопроводов, конструкций и сооружений, арматуры зданий и их бетонных фундаментов и т.п. за

исключением трубопроводов горючих и взрывоопасных смесей, канализации, центрального отопления и бытового водопровода, расположенных вне служебно-технического здания.

Сопротивление заземляющих устройств должно соответствовать нормам для всех подключаемых цепей и приборов, в том числе для трансформаторной подстанции и резервной электростанции, питающих аппаратуру и оборудование узла связи, поста ЭЦ и других служебно-технических зданий.

Норма сопротивления заземляющих устройств должна быть установлена исходя из того условия, при котором суммарное сопротивление всех заземлителей меньше или равно допустимому сопротивлению согласно действующих нормативных документов.

Если величина сопротивления заземляющего устройства превышает нормируемое значение для данной аппаратуры (например, объектов АСУ и т.п.), то необходимо предусмотреть дополнительные заземлители в количестве, обеспечивающем вместе с существующими устройствами нормируемую величину сопротивления заземления.

2.6.6. К защитному заземлению должны быть подключены:

- каркасы релейных статов, секции табло и пульта-манипулятора, пульта маневрового диспетчера;
- стенд для проверки блоков;
- металлические оболочки кабелей СЦБ и связи;
- приборы защиты от ПН;
- молниеотводы;
- кабель-росты;
- кабельные шкафы и конструкции для прокладки кабелей в подполье;
- каркасы аппаратуры станционной связи;
- заземляющая проводка станционной и поездной радиосвязи;
- полюсы источников постоянного тока для устройств аналоговой связи;
- металлические части силового оборудования (щит выключения питания, кожуха силовых трансформаторов ТС, каркасы панелей питающей установки, щит автоматики и корпус дизель-генератора резервной электростанции).

Кроме того, к защитному и рабоче-защитному заземлению на постах ЭЦ и в узлах связи должны быть присоединены металлические трубопроводы водопровода и центрального отопления, арматуры зданий и другие металлические конструкции внутри здания, а также провод нейтрали обмоток трансформаторов силовой трансформаторной подстанции и собственной резервной электростанции, питающей оборудование поста ЭЦ или узла связи.

2.6.7. К рабочему и рабоче-защитному заземляющим устройствам подключаются аппаратура проводной или кабельной связи и радиотехнических устройств при использовании земли в качестве одного из проводов электрической цепи согласно действующим нормативным документам.

Подключение металлических оболочек и брони кабелей к защитному заземляющему устройству в постах ЭЦ должно производиться на щите трех

заземлений. На других линейно-служебных объектах - на клеммах кабельной концевой стойки или на двухштыревых клеммах, устанавливаемых в зданиях служебных объектов.

2.6.8. Молниезащита должна иметь самостоятельное заземляющее устройство.

Заземляющие устройства при необходимости следует оборудовать датчиками контроля длительного (10 с) протекания посторонних токов с сигнализацией на пульте.

Не допускается последовательное включение в заземляющие проводники каркасов или иных металлоконструкций. Все соединения стальных шин между собой выполняют при помощи сварки. В технологических помещениях шинная проводка должна проходить по кабель-ростам.

При выносных заземлителях сопротивление соединительной линии (кабельной или воздушной) не должно превышать 10% номинального (допустимого) значения согласно установленных норм.

2.6.9. Вводы от каждого наружного заземляющего устройства в здания постов ЭЦ, ЭУП и наземных НУП должны выполняться самостоятельно кабелями, которые присоединяются к щиту трех заземлений (рабоче-защитное или защитное и два измерительных).

При нераздельной системе заземления сечение и длина заземляющего проводника, соединяющего устройства защиты разных ступеней защиты от ПН с защитным контуром заземления (рельсовой сетью) должно быть выбрано таким, чтобы падение напряжения на этом проводнике от протекающего к нему разрядного и сопровождающего тока в сумме с остающимся напряжением на устройстве защиты не было выше допустимого напряжения для соответствующей аппаратуры.

Заземление всех типов комплектных трансформаторных подстанций, используемых для нужд нетяговых потребителей, должно выполняться по нераздельной системе с использованием самостоятельных контуров и рельсовой сети согласно действующих нормативных документов.

В районах со скалистыми и вечномерзлыми грунтами допустимо использование рельсовой сети в качестве заземлителей для поста ЭЦ на участках с автономной тягой. При этом должны быть обеспечены условия электробезопасности обслуживающего персонала и нормальное функционирование устройств СЦБ.

## **2.7. Требования к устройствам электроснабжения и электроподвижного состава**

2.7.1. Устройства внешнего и внутреннего электроснабжения на станциях должны обеспечивать электропитание устройств ЖАТ и связи как электропотребителей 1 категории.

Системы электроснабжения должны:

- не допускать отклонения технических характеристик и уровня напряжения в электрических сетях от допустимых норм;
- в необходимых случаях обеспечивать автоматическое переключение питания с одного пункта питания на другой с минимальной (расчетной) потерей времени;
- исключать возможность появления ПН на аппаратуре и предохранителях при

переключении с основного фидера питания на резервный и наоборот;

- иметь защиту от замыканий (обрывов) проводов, падения на землю;
- допускать отключение полностью или по участкам линий высокого и низкого напряжения для ремонтных работ без нарушения электроснабжения всей системы;
- исключать влияние помех и ПН, приходящих из сети питания и вызванные спадами и исчезновением, быстрыми и медленными колебаниями напряжения, переходными процессами, несимметрией сети, гармониками и интергармониками в сетевом напряжении, отклонениями частоты от номинальной;
- не нарушать нормальную работу аппаратуры из-за влияния электроэнергетических промышленных устройств как через систему электропитания, так и из-за воздействия магнитного поля и проникновения ПН через цепи заземления (например, в системе электроснабжения контейнерных площадок, подключенной к трансформаторной подстанции, питающей пост ЭЦ или узел связи);
- исключать взаимные помехи и перенапряжения через систему электропитания.

2.7.2. Внешнее электроснабжение на станциях включает: пункты (источники) питания, продольные воздушные и кабельные высоковольтные линии 6 - 35 кВ, комплектные трансформаторные подстанции (далее - КТП) и линии продольного электроснабжения.

Подвод электроснабжения на пост ЭЦ и узел связи необходимо осуществлять двумя фидерами от независимых источников питания. В необходимых случаях (при безбатарейной системе питания) следует устанавливать дизель-генератор с автоматическим запуском.

2.7.3. С целью снижения ПН все линии внешнего электроснабжения со стороны высокого (I каскад) и низкого (II и III каскады) напряжения должны быть оборудованы ограничителями ПН согласно нормативным документам.

Аппаратура устройств СЦБ, связи и силового оборудования, а также сети электроосвещения должны питаться от вводных панелей отдельными кабелями с использованием самостоятельных изолирующих трансформаторов расчетной мощности.

2.7.4. Для силовых кабелей 380/220В на постах ЭЦ и узлах связи следует предусматривать два ввода. Прокладку силовых кабелей питающих линий необходимо предусматривать отдельно от кабелей СЦБ и связи: должны быть выполнены отдельные вводы и трассы на расстоянии от кабелей СЦБ и связи не менее 1 м по горизонтали и 1,5 м по вертикали. При невозможности соблюдения указанных расстояний силовые кабели должны прокладываться в металлических трубах или отделяться от кабелей СЦБ и связи несгораемыми перегородками, заземленными на защитное заземление.

Источники электропитания с заземленным нулем должны иметь гальваническую изоляцию посредством изолирующих трансформаторов, в том числе и при питании нетяговых электропотребителей (например, электроснабжение контейнерных площадок). Такие цепи электроснабжения должны иметь самостоятельную защиту от замыкания на землю и обрыва провода.

2.7.5. Для снижения ПН должны соблюдаться определенные технические условия в точке присоединения к сети, устанавливаемые производителем

электроэнергии. К ним могут быть отнесены:

- использование фильтров низких частот для снижения скорости изменения тока в подводящих проводах, например, при переключениях или коммутациях в выпрямителях;

- введение дополнительных шунтирующих контуров, настроенных на высшие гармоники, вызванные нелинейными характеристиками промышленных устройств, в частности, выпрямителями;

- использование компенсационных устройств для сглаживания импульсной нагрузки, например, при сварке;

- симметрирование сети реактивными элементами при большой однофазной нагрузке;

- подключение мощных потребителей к сети более высокого напряжения.

Системы электроснабжения на постах ЭЦ и узлах связи должны иметь максимальную токовую защиту, защиту при снижении напряжения ниже нормированного уровня от однофазных замыканий на землю, а также защиту от неполнофазных режимов с действием на отключение выключателя.

Схемы КТП должны исключать вынос потенциала рельсов по низковольтным кабелям при коротком замыкании в контактной сети вблизи места их установки, что может быть достигнуто применением быстродействующих предохранителей.

Для исключения влияния посторонних токов (тяговых, при коротком замыкании в контактной сети и при сварке и т.п.) необходимо при вводе напольных кабелей с металлическими оболочками или броней монтировать изолирующие муфты с заземлением металлической оболочки и брони со стороны "поля".

2.7.6. В целях снижения ПН, вызванных коммутационными процессами в системах тягового и нетягового электроснабжения, а также на электроподвижном составе (далее - ЭПС), необходимо обеспечить:

- непрерывность тяговой сети на всем протяжении всего электрифицированного участка; при этом от каждого участка обратной тяговой (рельсовой) сети должно быть обеспечено не менее двух выходов для тягового тока и токов нетяговых потребителей;

- выполнение условий селективности и времени срабатывания защит от токов короткого замыкания как в системах электроснабжения, так и на ЭПС; повышение быстродействия защит должно рассматриваться как одно из мероприятий по снижению степени воздействия ПН на устройства СЦБ;

- применение более совершенных защитных аппаратов в системах электроснабжения, исключающих короткое замыкание контактной сети на тяговые рельсы;

- использование в схемах ЭПС устройств и аппаратуры, исключающих коммутационные процессы со скоростью нарастания тягового тока, аналогичной режимам короткого замыкания;

- исключение несимметричного распределения тягового тока в рельсах сверх установленных требований и нормативов.

### **3. Электромагнитная совместимость микроэлектронных устройств СЦБ**

#### **3.1. Общие требования к испытаниям технических средств сигнализации, централизации и блокировки на электромагнитную совместимость**

3.1.1. Испытания проводятся для проверки способности ТС выполнять заданные требования по устойчивости к воздействию электромагнитных помех.

Для проведения испытаний ТС устанавливают и подключают к цепям электропитания, ввода-вывода и передачи информации в соответствии с технической документацией. Отсутствующие элементы управления и контроля, необходимые для функционирования ТС заменяются специализированными имитаторами.

При проведении испытаний ТС должно функционировать в соответствии с технической документацией, программой и методикой испытаний. Режимы функционирования ТС при испытаниях должны обеспечивать максимальную восприимчивость к воздействию электромагнитных помех.

Электромагнитная обстановка в испытательной лаборатории (центре) не должна влиять на результаты испытаний.

3.1.2. В программе и методике испытаний ТС должны быть определены:

- перечень недопустимых опасных сбоев и отказов ТС, характер их проявления (ложное включение объекта управления, несанкционированное включение, выключение и перезапуск ТС, пропуск частей программ, ложные измерения и контроль параметров и др.)

- номенклатура видов электромагнитных помех, которые должны быть имитированы при испытаниях;

- степени жесткости испытаний и критерии качества функционирования (допустимого функционирования);

- очередность испытаний на устойчивость ТС к определенным видам помех;

- перечень испытываемых цепей, их сочетаний и мест приложения воздействий помех, а также последовательность их приложения;

- длительность испытаний;

- количество испытательных воздействий помех;

- состав испытываемого ТС, внешних кабелей и линий связи, испытательного и измерительного оборудования, требования к их взаимному расположению;

- состав программного обеспечения испытываемого ТС;

- перечень и последовательность введения отказов помехозащитных средств, в том числе многократных (для каждого вида имитируемых помех);

- перечень состояний ТС (исправное, неисправное, работоспособное, неработоспособное), при которых проводятся их испытания на устойчивость к воздействию электромагнитных помех;

- перечень структур ТС, изменяемых при испытаниях (с учетом резервирования, реконфигурации и изменения структуры ТС при их эксплуатации и обслуживании);

- перечень и последовательность введения отказов и повреждений ТС, в том числе многократных.

3.1.3. При испытаниях ТС на устойчивость к одновременному воздействию помех нескольких видов должно быть выбрано сочетание параметров воздействующих помех, приводящее к наибольшей восприимчивости ТС к воздействию помех.

Длительность испытаний по каждому виду воздействий помех и для каждой из испытываемых цепей ТС должна быть не меньше длительности цикла его функционирования и определяется для конкретного ТС.

Испытания проводят как при исправных, так и при неисправных помехозащитных средствах. При испытаниях на функциональную безопасность допускаются защитные сбои и отказы при воздействии нормативных значений помех.

Испытания на функциональную безопасность при воздействиях помех проводят при различных конфигурациях структур ТС, для чего последовательно проводят изъятия субблоков работающих ТС, а также отключают электропитание составных частей ТС и отдельных модулей во время имитации электромагнитных помех.

3.1.4. Испытания на устойчивость ТС к опасным и защитным отказам и сбоям проводятся при воздействии следующих видов электромагнитных помех:

- наносекундных импульсных помех;
- микросекундных импульсных помех большой энергии;
- импульсных разрядов статического электричества (электростатических разрядов); провалов, перерывов, выбросов и колебаний напряжения в цепях питания;
- специфических электромагнитных помех для ТС конкретного назначения (в том числе гармоник напряжения электропитания, радиочастотного электромагнитного поля, электромагнитного поля промышленной частоты и импульсного магнитного поля).

3.1.5. Испытания на ЭМС проводят для:

- разрабатываемых и модернизируемых ТС – при предварительных и приемочных испытаниях;
- серийно выпускаемых и импортируемых ТС – при сертификационных испытаниях.

Предварительные испытания на ЭМС проводят с целью определения возможности предъявления опытных образцов или опытных партий ТС на приемочные испытания.

Приемочные испытания на ЭМС входят в состав комплексных приемочных испытаний ТС, которые проводят для опытных образцов, опытных партий или изделий единичного производства соответственно с целью решения вопроса о целесообразности постановки этой продукции на производство и (или) использования по назначению. Комплексные приемочные испытания ТС проводят только при условии положительных приемочных испытаний их на ЭМС.

Сертификационные испытания проводят с целью установления соответствия

характеристик и свойств ТС национальным и (или) международным нормативно-техническим документам.

3.1.6. На этапе сертификационных испытаний должны проводиться:

- испытания ТС на функциональную безопасность при воздействии электромагнитных помех, в том числе при повреждениях и отказах аппаратуры (в том числе помехозащитных средств), а также при изменении структуры ТС;

- испытания на функциональную безопасность при совместном воздействии электромагнитных помех и других дестабилизирующих факторов.

Проведение испытаний на ЭМС является обязательным для ТС рассматриваемого класса.

К эксплуатации не должны допускаться ТС, не прошедшие испытания на ЭМС.

## **3.2. Количественные требования к микроэлектронным техническим средствам в части устойчивости к воздействию электромагнитных помех**

### **3.2.1. Общие положения**

Электромеханические устройства СЦБ были в основном мало чувствительными к воздействию электромагнитных помех. Такая чувствительность была связана главным образом с влиянием перенапряжений в сетях питания, вызванных грозовыми воздействиями и короткими замыканиями в электротяговой сети, перерывами питания, а также влиянием гармоник напряжения электропитания и тягового тока.

Электронные компоненты и оборудование, из которых состоят современные ТС, в том числе микропроцессорные устройства, являются более чувствительными к электромагнитным помехам, особенно к импульсным и высокочастотным помехам. Широкое применение в устройствах СЦБ микроэлектронных элементов с высоким быстродействием и малой энергией переключения может приводить, из-за воздействия электромагнитных помех, к нарушению функциональной безопасности ТС и снижать безотказность их функционирования.

Для исключения или уменьшения последствий влияния электромагнитных помех, необходимо установить количественные требования к ТС в части их устойчивости к воздействию электромагнитных помех различного вида и разработать соответствующие методы контроля выполнения этих требований на всех этапах их разработки, изготовления и эксплуатации. Нижеуказанные требования основаны на анализе источников электромагнитных помех в местах эксплуатации ТС и различных нормативных документов по электромагнитной совместимости (Приложение Б).

### **3.2.2. Требования в части устойчивости технических средств к наносекундным импульсным помехам**

Технические средства должны быть устойчивыми к возникновению опасных отказов и сбоев во время и после воздействия наносекундных импульсных помех по цепям электропитания, ввода и вывода информации, амплитуды напряжения которых приведены в таблице 3 для различных условий эксплуатации (степеней жесткости)

ТС.

Амплитуда наносекундных импульсов, применяемых для испытаний конкретных ТС, зависит от степени жесткости электромагнитной обстановки на объектах их эксплуатации. Рекомендации по выбору степеней жесткости испытаний приведены в приложении В.

Таблица 3

Нормативные значения амплитуд наносекундных импульсов для различных степеней жесткости ТС

Степень жесткости	Амплитуда импульсов выходного напряжения ненагруженного испытательного генератора, кВ	
	Цепи	Цепи ввода-вывода
1	1,0	0,5
2	2,0	1,0
3	2,0	2,0
4	4,0	2,0
5	По согласованию между потребителем и изготовителем	

Требования к испытательному генератору наносекундных импульсов помех:

- длительность импульсов 50 нс +/-30 %;
- длительность фронта импульса 5 нс +/-30 %;
- частота повторения импульсов в зависимости от амплитуды выходного напряжения 5,0 кГц +/-20 % при амплитуде до 1,0 кВ и 2,5 кГц +/-20 % при амплитуде 2,0 кВ; 4,0 кВ;
- длительность пачек импульсов 15 мс +/- 20 %,
- внутреннее сопротивление генератора 50 Ом +/-20 % в диапазоне частот от 1 до 100 МГц;
- полярность импульсов положительная и отрицательная.

Моделируемые импульсные помехи должны вводиться в испытываемые цепи ТС по симметричному и несимметричному каналу при помощи устройств связи-развязки для цепей переменного и постоянного тока, емкостных клещей связи в соответствии со стандартом IEC 61000-4-4.

### **3.2.3. Требования в части устойчивости технических средств к микросекундным импульсным помехам большой энергии**

Технические средства должны быть устойчивыми к возникновению отказов и сбоев во время и после воздействия на них по цепям электропитания, ввода-вывода информации микросекундных импульсных помех большой энергии, имитирующих переходные процессы от молниевых разрядов, коротких замыканий в электротяговой сети и различного рода переключений. Степени жесткости испытаний приведены в таблице 4.

Нормативные значения амплитуд микросекундных импульсов для различных степеней жесткости ТС

Степень жесткости	Амплитуда импульсов выходного напряжения ненагруженного испытательного генератора, кВ	
	Цепь "провод" - "земля"	Цепь "провод" - "провод"
1	0,5	0,5
2	1,0	0,5
3	2,0	1,0
4	4,0	2,0
5	По согласованию между потребителем и изготовителем	

Амплитуда микросекундных импульсов, применяемых для испытаний конкретных ТС, выбирается в зависимости от степени жесткости электромагнитной обстановки на объектах их эксплуатации. Рекомендации по выбору степеней жесткости испытаний приведены в Приложении В.

Требования к нормируемым параметрам импульсов напряжения и характеристикам испытательного генератора микросекундных импульсов большой энергии, а также к устройствам связи-развязки для подачи испытательных импульсов в цепи электропитания, цепи ввода-вывода и исключения нежелательного воздействия испытательного генератора на другие ТС определяются по стандарту ИЕС 61000-4-5.

### 3.2.4. Требования в части устойчивости технических средств к импульсным разрядам статического электричества

Технические средства должны быть устойчивым к возникновению опасных отказов и сбоев во время и после воздействия на них импульсных помех, имитирующих импульсные разряды статического электричества (электростатические разряды), которые возникают при касании оперативным и обслуживающим персоналом проводящих частей ТС и, расположенных вблизи них, других устройств, а также между объектами, находящимися вблизи ТС.

Значения амплитуды испытательных импульсов, имитирующих разряды электростатических разрядов для различных ТС, в зависимости от их условий эксплуатации, приведены в таблице 5.

Таблица 5

Нормативные значения испытательного напряжения для различных степеней жесткости ТС

Степень жесткости	Испытательное напряжение, кВ	
	Контактный разряд	Воздушный разряд
1	2,0	2,0
2	4,0	4,0
3	6,0	8,0
4	8,0	15,0
5	По согласованию между потребителем и изготовителем	

Рекомендации по выбору степеней жесткости испытаний и точек приложения имитируемых разрядов, приведены в приложении Г.

Требования к испытательному генератору электростатических разрядов по IEC 61000-4-2.

Рекомендуемые точки приложения разрядов статического электричества к ТС приведены в Приложении Г.

### 3.2.5. Требования в части устойчивости технических средств к динамическим изменениям напряжения сети электропитания

Технические средства должны быть устойчивыми к возникновению отказов и сбоев во время и после воздействия динамических изменений напряжения сети электропитания (провалов, прерываний и выбросов напряжения) с нормируемыми параметрами, приведенными в таблице 6.

Таблица 6

Нормативные значения динамических изменений напряжения электропитания и длительности их воздействия

Вид динамических изменений напряжения электропитания	Степень жесткости испытаний	Испытательное воздействие	
		Амплитуда динамических изменений напряжения в процентах от $U_n$ ( $U_n$ - номинальное)	Длительность динамических изменений
Провалы напряжения	1	30	10/200
	2	30	25/500
	3	30	50/1000
	4	30	100/2000
	5	По согласованию между потребителем и производителем	

Прерывания напряжения	1	100	1/20
	2	100	5/100
	3	100	10/200
	4	100	25/500
	5	По согласованию между потребителем и производителем	
Выбросы напряжения	1	20	10/20
	2	20	25/500
	3	20	50/1000
	4	20	100/2000
	5	По согласованию между потребителем и производителем	

Испытательный генератор динамических изменений напряжения питания должен обеспечивать характеристики по IEC 61000-4-11.

Период повторения динамических изменений напряжения электропитания и длительность испытаний ТС определяются в зависимости от их назначения.

### **3.2.6. Требования в части устойчивости технических средств к воздействию гармоник напряжения электропитания**

Технические средства СЦБ не должны иметь опасных состояний во время и после воздействия по их цепям электропитания гармоник напряжения, частота которых кратна основной частоте электропитания.

Испытательное напряжение состоит из одной или нескольких синусоидальных составляющих с частотами, кратными основной частоте, наложенными на напряжение сети питания. Степени жесткости испытаний основаны на уровнях совместимости для гармоник напряжения, умноженных на коэффициент запаса по устойчивости, устанавливаемых для конкретных типов ТС. Уровни совместимости для гармоник напряжения, регламентированные IEC 61000-3-2, приведены в таблице 7.

## Нормируемые значения гармоник напряжения электропитания

Нечетные гармоники, некратные 3		Нечетные гармоники, кратные 3		Четные гармоники	
Порядок, п	Уровень, %	Порядок, п	Уровень, %	Порядок, п	Уровень, %
5	6,5	3	5	2	1...2
7	5,0	9	1,5	4	0,5...1,0
11	3,5	15	0,3	6	0,5
13	3,0	21	0,2	8	0,5
17	2,0	Больше 21	0,2	10	0,5
19	1,5			12	0,2
23	1,5			Больше 12	0,2
25	1,5				
Больше 25	$0,2+0,5 \times 25/n$				

Коэффициент запаса по устойчивости принимают равным трем для ТС, непосредственно влияющих на безопасность движения поездов. Требования к испытательному генератору помех и методы испытаний по стандарту IEC 61000-3-2.

Испытания ТС на устойчивость к воздействию гармоник напряжения электропитания проводятся при необходимости, по согласованию между потребителем и производителем.

### 3.2.7. Требования в части устойчивости технических средств к воздействию радиочастотного электромагнитного поля

Технические средства должны быть устойчивыми к возникновению отказов и сбоев во время и после воздействия радиочастотного электромагнитного поля с нормируемыми параметрами, имитирующего работу переносных приемопередатчиков, стационарных радио- и телевизионных передатчиков. Испытательное электромагнитное поле создают с использованием синусоидального колебания с частотой, изменяющейся в диапазоне 26-1000 МГц, модулированного по амплитуде сигналом частотой 1кГц при глубине модуляции 80% (по IEC 61000-4-3).

Значения напряженности электромагнитного поля для различных ТС, в зависимости от их условий эксплуатации, приведены в таблице 8.

Нормативные значения напряженности электромагнитного поля для различных степеней жесткости ТС

Степень жесткости	Напряженность электромагнитного поля, В/м
1	1
2	3
3	10
4	20
5	По согласованию между потребителем и производителем

Выбор степени жесткости испытаний производится с учетом рекомендаций, приведенных в Приложении Д.

### **3.2.8. Требования в части устойчивости технических средств к воздействию высокочастотных электромагнитных полей от цифровых радиотелефонов**

Технические средства должны быть устойчивыми к возникновению отказов и сбоев во время и после воздействия высокочастотного электромагнитного поля с нормируемыми параметрами, имитирующего работу цифровых радиотелефонов. Значения напряженности электромагнитного поля для различных ТС, в зависимости от их условий эксплуатации, приведены в таблице 9.

Таблица 9

Нормативные значения напряженности электромагнитного поля для различных степеней жесткости ТС

Степень жесткости	Напряженность электромагнитного поля, В/м
1	1
2	3
3	10
4	20
5	По согласованию между потребителем и производителем

Испытательный сигнал представляет собой сигнал несущей частоты на частотах 900 +/- 5 МГц и 1,89 ГГц +/- 10 МГц с тактовой частотой 200 Гц +/- 1 % и рабочим циклом 50 % (2,5 мс включение и 2,5 мс выключение).

Выбор степени жесткости испытаний производится с учетом рекомендаций, приведенных в Приложении Д.

### **3.2.9. Требования в части устойчивости технических средств к возникновению в них опасных состояний при воздействии электромагнитных помех в сочетании с другими дестабилизирующими факторами**

Технические средства должны быть устойчивыми к возникновению опасных

отказов и сбоев во время и после воздействия на них помех с нормируемыми параметрами, указанными в разделе 3.2 выше:

- в сочетании с одиночными и многократными отказами помехозащитных средств, а также при изменениях их параметров. Перечень отказов и изменений параметров помехозащитных средств устанавливается в методиках испытаний ТС на безопасность;

- при отказах ТС, перечень которых устанавливается в методиках испытаний ТС на безопасность;

- при изменении их структуры (например, при изъятии или отключении питания модулей ТС, реконфигурации резервированных ТС). Перечень соответствующих состояний и конфигураций структуры ТС устанавливается в методиках испытаний ТС на безопасность;

- при допустимом изменении активного и индуктивного сопротивления в цепи заземления ТС, а также при обрыве цепи заземления.

- при отказах элементов, сопряженных с ними устройств (например, при коротких замыканиях изолирующих стыков в рельсовых линиях). Перечень таких отказов устанавливается в соответствующих методиках испытаний ТС на безопасность.

- в сочетании со значениями температуры, исходя из наихудших условий. Перечень видов помех и значений температуры, моделируемых при испытаниях, устанавливаются в методиках испытаний ТС на безопасность.

### **3.3. Рекомендации по повышению устойчивости технических средств к воздействию электромагнитных помех**

3.3.1. Основными средствами защиты от электромагнитных помех из сети питания являются: использование сетевых помехоподавляющих фильтров и трансформаторов с малыми паразитными (проходными) емкостями; использование элементов поглощения высокочастотной электромагнитной энергии; использование индивидуальной системы электропитания, заземления, а также применение источников бесперебойного питания. Для защиты от электромагнитных помех должны быть предусмотрены в ТС специальные элементы, например, разрядники, варисторы, ограничительные диоды, конденсаторы, индуктивные дроссели.

3.3.2. Эффективными мерами по снижению влияния несимметричных помех являются: снижение проходной емкости элементов гальванической развязки (путем выбора оптоэлектронных приборов с минимальной проходной емкостью; использования трансформаторов с секционированными обмотками и их специальным размещением); применение помехоподавляющих фильтров, диодной и резисторной защиты; пространственное разделение внешних и внутренних линий связи ТС и минимизация паразитных емкостей связи между ними.

3.3.3. Защита от симметричных помех обеспечивается во многих случаях путем использования временной селекции сигналов и помех. Это объясняется тем, что рабочие сигналы в ТС имеют относительно большие длительности по сравнению с длительностями импульсов помех, значения которых в линиях связи чаще всего не превышают десятков микросекунд. Такие временные селекторы выполняются при

помощи: элементов задержек; индуктивных и RC-фильтров; элементов емкостной отрицательной обратной связи, которые подключаются к логическим элементам, оптронам и т.п.

3.3.4. Влияние электромагнитных помех на ТС уменьшается при:

- уменьшении индуктивного и активного сопротивления цепи заземления;
- исключении или минимизации количества электротехнического оборудования, подключаемого к заземлению ТС;
- уменьшении паразитной емкости между общим контуром заземления и внутренними линиями связи, а также между внутренними и внешними линиями связи ТС.

3.3.5. Существенным фактором повышения устойчивости ТС к электростатическим разрядам является: пространственное разнесение внутренних и внешних его цепей, а также внутренних линий связи от проводящих поверхностей корпуса; уменьшение индуктивности цепи заземления; изоляция корпусов отдельных модулей от общего заземления (при условии обеспечения требований электробезопасности); рациональная схема металлизации и заземления; покрытие поверхности корпусов ТС специальными лакокрасочными материалами; уменьшение переходного сопротивления между металлическими частями ТС; использование непроводящих материалов для изготовления частей ТС, к которым возможно касание человека при эксплуатации, и уменьшения их количества; использование покрытий полов с антистатическим покрытием (с большой проводимостью); повышение влажности в месте эксплуатации ТС.

## **4. Эмиссия гармонических составляющих, колебания напряжения и фликер в устройствах СЦБ**

### **4.1. Общие положения**

В сетях низкого напряжения необходимо учитывать следующие явления:

- длительно (более 10 мин) существующие отклонения эффективного напряжения от номинального –  $\pm 10\%$ ;
- искажения формы кривой напряжения за счет высших гармоник – 5-7 %;
- периодические снижения напряжения (вызванные, например, управляемыми выпрямителями) – 20 % максимального напряжения сети, несколько раз в течение периода колебаний;
- непериодические перенапряжения, вызванные коммутациями – от 200 В до 2 кВ (скорость нарастания 50 В/нс, энергия 300 мДж, длительность от 1-100 мкс до миллисекунд);
- периодические перенапряжения (с частотой повторения 50 Гц и выше, возникающие при работе коллекторных двигателей или управляемых полупроводниковых вентилей) – 300 В (время нарастания 0,05-1 мкс, частота от 0,1 до нескольких мегагерц, длительность – десятки микросекунд).

Нормы качества электроэнергии, устанавливаемые ГОСТ 32144, являются уровнями электромагнитной совместимости для кондуктивных электромагнитных

помех в системах электроснабжения общего назначения. При соблюдении указанных норм обеспечивается электромагнитная совместимость электрических сетей систем электроснабжения общего назначения и электрических сетей потребителей электрической энергии (приемников электрической энергии).

Нормы качества электроэнергии в электрических сетях, в том числе и железнодорожного транспорта, находящихся в собственности потребителей электрической энергии, регламентируемые отраслевыми стандартами и иными нормативными документами, не должны быть ниже норм качества электроэнергии, установленных ГОСТ 32144 в точках общего присоединения. При этом эмиссия гармонических составляющих, колебания напряжения и фликер, как следствие этих колебаний, относятся к показателям качества электроэнергии.

Нормы устанавливаются на отдельные технические средства, чтобы избежать дорогостоящих и зачастую невыполнимых испытаний системы в целом.

Требования к излучению помех на железных дорогах должны быть выбраны с учетом гарантии, что возмущающие воздействия от приборов, вызванные определенным режимом их работы, не превысят уровень, при котором может быть нарушено предусмотренное функционирование других устройств.

Уровень помехоустойчивости и предельные значения помех сами по себе не обеспечивают возможности совместного подключения устройств, но контрольного уровня достаточно, чтобы в большинстве случаев достичь удовлетворительной электромагнитной совместимости.

В настоящей памятке используются следующие показатели качества электрической энергии в сетях энергоснабжения:

- установившееся отклонение напряжения  $\Delta U_y$ ;
- размах изменения напряжения  $\Delta U_t$ ;
- доза фликера  $P_t$ ;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения  $K_u$ ;
- коэффициент  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения  $K_u(n)$ ;
- коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности  $K_{2u}$ ;
- коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности  $K_{0u}$ ;
- отклонение частоты  $\Delta f$ ;
- длительность провала напряжения  $\Delta t_p$ ;
- импульсное напряжение  $U_{имп}$ ;
- коэффициент временного перенапряжения  $K_{пер}$ .

Отклонение напряжения характеризуется показателем установившегося отклонения напряжения, для которого установлены следующие нормы: нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения  $\Delta U_y$  на выводах приемников электрической энергии равны соответственно  $\pm 5$  и  $\pm 10$  % от номинального напряжения электрической сети.

Колебания напряжения характеризуются следующими показателями:

- размахом изменения напряжения;
- дозой фликера.

Несинусоидальность напряжения характеризуется следующими показателями:

- коэффициентом искажения синусоидальности напряжения;
- коэффициентом  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения.

Несимметрия напряжений характеризуется следующими показателями:

- коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности;
- коэффициентом несимметрии напряжений по нулевой последовательности.

Нормально допустимые и предельно допустимые значения коэффициента несимметрии напряжений по нулевой (по обратной) последовательности в точках общего присоединения к электрическим сетям с номинальным напряжением 0,38 кВ равны 2,0 и 4,0 % соответственно.

Отклонение частоты напряжения переменного тока в электрических сетях характеризуется показателем отклонения частоты, для которого установлены следующие нормы: нормально допустимые и предельно допустимые значения отклонения частоты равны  $\pm 0,2$  и  $\pm 0,4$  Гц.

Провал напряжения, рисунок А.1, характеризуется показателем длительности провала напряжения, для которого установлена следующая норма: предельно допустимое значение длительности провала напряжения в электрических сетях напряжением до 20 кВ включительно равно 30 с.

Импульс напряжения, рисунок А.3, характеризуется показателем импульсного напряжения.

Временное перенапряжение, рисунок А.1, характеризуется показателем коэффициента временного перенапряжения.

Электромагнитная совместимость обеспечивается при соблюдении норм качества электрической энергии (к которым относятся также и эмиссия гармонических составляющих, колебания напряжения и фликер). Поэтому для отдельных устройств СЦБ, при соблюдении норм качества электроэнергии нет необходимости устанавливать отдельные нормы на фликер, колебания напряжения и эмиссию гармонических составляющих.

В таблице 10 приведены свойства электрической энергии, показатели и наиболее вероятные виновники ухудшения качества электрической энергии

Свойства электрической энергии, показатели и наиболее вероятные виновники ухудшения качества электрической энергии

Свойства электрической энергии	Показатели качества электроэнергии	Наиболее вероятные виновники ухудшения качества электроэнергии
Отклонение напряжения (рисунок А.1)	Установившееся отклонение напряжения $\delta U_y$	Электроснабжающая организация
Колебания напряжения (рисунок А.1)	Размах изменения напряжения $\delta U_t$ Доза фликера $P_t$	Потребитель с переменной нагрузкой
Несинусоидальность напряжения (рисунок А.2)	Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u$ Коэффициент n-ой гармонической составляющей $K_u(n)$	Потребитель с нелинейной нагрузкой
Несимметрия трехфазной системы напряжений	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности $K_{2u}$ Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности $K_{0u}$	Потребитель с несимметричной нагрузкой
Отклонение частоты	Отклонение частоты $\Delta f$	Электроснабжающая организация
Провал напряжения (рисунок А.1)	Длительность провала напряжения $\Delta t_p$	Электроснабжающая организация
Импульс напряжения (рисунок А.3)	Импульсное напряжение $U_{имп}$	Электроснабжающая организация
Временное перенапряжение (рисунок А.1)	Коэффициент временного перенапряжения $K_{пери}$	Электроснабжающая организация
<p><i>Примечание:</i> Вероятными источниками колебаний напряжения, гармонических составляющих и фликера от устройств СЦБ являются потребители с нелинейной нагрузкой (электродвигатели, компрессорные станции, электродвигатели стрелочных приводов, переездов, электропневматические клапаны вагонных замедлителей и др.).</p>		

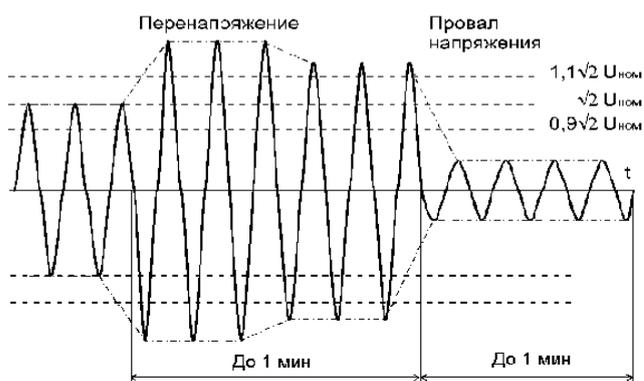
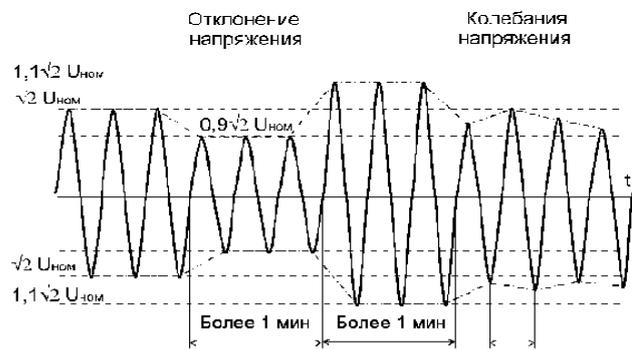


Рисунок А.1

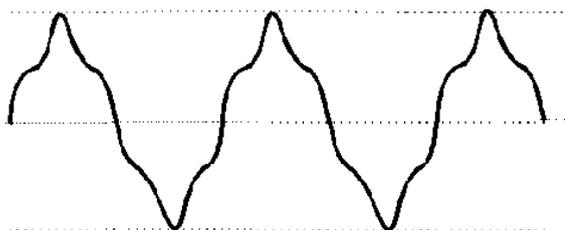


Рисунок А.2 - Несинусоидальность напряжения

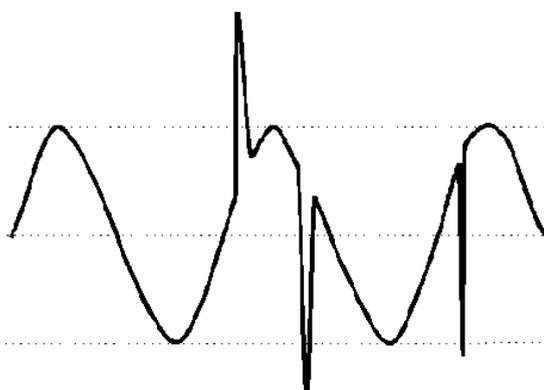


Рисунок А.3 - Импульсы напряжения

## 4.2. Эмиссия гармонических составляющих

Требования и нормы, установленные в настоящем разделе, применяют к входным зажимам электропитания ТС, предназначенных для подключения к системам электроснабжения напряжением 220/380 и 240/415 В частотой 50 или 60 Гц.

Следующие методы управления потребляемой мощностью ТС нельзя использовать в нормальных условиях эксплуатации, так как это скорее всего приводит к большой эмиссии гармонических составляющих:

- метод несимметричного управления, за исключением случаев, когда применение указанного метода является единственным практическим решением для обеспечения условий безопасности;

- метод однополупериодного выпрямления, потребляемого из электрической сети тока непосредственно на входных зажимах ТС, за исключением случаев, когда применение указанного метода является единственным практическим решением для обеспечения условий безопасности или когда управляемая активная мощность ТС не превышает 100 Вт, или когда ТС представляют собой переносные устройства, используемые кратковременно (не более нескольких минут), подключаемые к электрической сети двухпроводным гибким шнуром.

Допускается использовать методы симметричного управления, при которых возникают симметричные составляющие потребляемого тока низкого порядка ( $n \leq 40$ ), для управления мощностью нагревательных элементов, если мощность указанных элементов при синусоидальном потребляемом токе не превышает 200 Вт, или если нормы, установленные в таблице 2 не превышены.

ТС, использующие при указанных в настоящей памятке ограничениях методы несимметричного управления мощностью и однополупериодное управление тока, потребляемого из сети, должны удовлетворять нормам, установленным в п. 4.2.

Нормы эмиссии гармонических составляющих потребляемого тока, установленные в п.4.2, применяют к линейным токам для всех видов присоединений ТС к электрической сети (звезда, треугольник и др.).

Для гармонических составляющих тока порядка выше 19 допускается проводить обзор спектра. Если указанный обзор показывает монотонное уменьшение огибающей спектра при увеличении порядка гармонической составляющей, измерения ограничивают гармоническими составляющими, порядок которых не превышает 19.

При измерениях не учитывают гармонические составляющие тока, потребляемого ТС, уровень которых не превышает большего из двух значений: 0,6 % от величины потребляемого тока при измерении в соответствии с методами, установленными в настоящей памятке; 0,5 мА.

Если нормы гармонических составляющих тока установлены в зависимости от тока основной частоты или активной мощности ТС, ток основной частоты и активную мощность измеряют при тех условиях, что и уровни гармонических составляющих тока.

Нормы, установленные в настоящей памятке, применяют к гармоническим

составляющим тока в установившемся режиме работы ТС.

Для гармонических составляющих тока ТС в переходном режиме, применяют следующие требования:

- гармонические составляющие тока длительностью не более 10 с, возникающие при ручном и автоматическом включении и выключении ТС, не учитывают;

- нормы, установленные в таблицах 12 - 14, применяют ко всем гармоническим составляющим тока переходного режима длительностью более 10 с, возникающим при испытаниях ТС. При этом для каждой гармонической составляющей тока переходного режима четного порядка от 2 до 10 и нечетного порядка от 3 до 19 допускаются значения, превышающие в 1,5 раза нормы, установленные в таблицах 12 - 14, в течение не более 10 % времени любого периода наблюдений, равного 2,5 мин.

Если отдельные ТС установлены в стойках или шкафах, они считаются индивидуально подключенными к сети электропитания. Стойки и шкафы как целое испытаниям не подлежат.

Для целей ограничения гармонических составляющих тока ТС классифицируют следующим образом:

- класс А – симметричные трехфазные ТС и ТС других видов, исключая относящиеся к классам В, С и D;

- класс В – переносные электрические инструменты;

- класс С – световые приборы, включая устройства регулирования;

- класс D – ТС с потребляемым током, характеризующимся «специальной формой кривой» и активной мощностью, не превышающей 600 Вт.

Вне зависимости от формы кривой потребляемого тока, ТС классов В и С, а также ТС, оснащенные электродвигателями с управлением фазой не относят к ТС класса D.

Нормы эмиссии гармонических составляющих тока для ТС классов А, В, С приведены в таблицах 12, 13, 14.

Таблица 12

## Нормы для ТС класса А

Порядок гармонической составляющей	Максимально допустимое значение гармонической составляющей тока,
Нечетные гармонические составляющие:	
3	2,30
5	1,14
7	0,77
9	0,40
11	0,33
13	0,21
$15 \leq n \leq 39$	$0,15 \cdot (15/n)$
Четные гармонические составляющие:	
2	1,08
4	0,43
6	0,30
$8 \leq n \leq 40$	$0,23(15/n)$

Для ТС класса В гармонические составляющие потребляемого тока не должны превышать значений, приведенных в таблице 2, умноженных на коэффициент 1,5.

Для светового оборудования с активной потребляемой мощностью, составляющей более 25 Вт, гармонические составляющие тока не должны превышать относительных значений, приведенных в таблице 13.

Таблица 13

## Нормы для ТС класса С

Порядок гармонической составляющей	Максимальное допустимое значение гармонической составляющей тока, % от гармонической составляющей тока на основной частоте
2	2
3	$30 \cdot \lambda^*$
5	10
7	7
9	5
$11 \leq n \leq 39$ (только для нечетных гармоник)	3
* $\lambda$ - коэффициент мощности цепи	

Световое оборудование с активной потребляемой мощностью, не превышающей 25 Вт, должно удовлетворять одной из приведенных ниже групп требований:

Значения гармонических составляющих тока на 1 Вт мощности ТС не должны превышать норм, установленных в таблице 14.

## Нормы для ТС класса D

Порядок гармонической составляющей, n	Максимально допустимое значение гармонической составляющей тока на 1 Вт мощности ТС, мА/Вт	Максимально допустимое значение гармонической составляющей тока, А
3	3,4	2,30
5	1,9	1,14
7	1,0	0,77
9	0,5	0,40
11	0,35	0,33
$13 \leq n \leq 39$	$3,85/n$	В соответствии с таблицей 12

Значение гармонической составляющей тока третьего порядка, выраженное в процентах от гармонической составляющей тока на основной частоте, не должно превышать 86 %, соответствующее значение гармонической составляющей пятого порядка не должно превышать 61 % и, кроме того, форма кривой потребляемого тока должна указывать, что прохождение тока начинается при 60 град или ранее, ток достигает последнего пикового значения (при наличии нескольких пиковых значений в течение полупериода) при 65 град или ранее, и прохождение тока не прекращается до 90 град (за 0 град принято значение фазового угла, соответствующего прохождению напряжения основной частоты через нуль).

Устройства регулирования силы света (автономные или встраиваемые в лампы или световые приборы) должны соответствовать следующим требованиям:

- гармонические составляющие тока автономных регулирующих устройств не должны превышать значений, приведенных в таблице 12. При использовании фазового управления потребляемой мощностью ламп накаливания угол задержки не должен превышать 145 град.

- для световых приборов с лампами накаливания гармонические составляющие тока встраиваемых регулирующих устройств не должны превышать значений, приведенных в таблице 12. При использовании фазового управления угол задержки не должен превышать 145 град.

- для световых приборов с газоразрядными лампами значения гармонических составляющих тока встраиваемых регулирующих устройств при условии максимальной нагрузки не должны превышать норм, приведенных в таблице 12. При любом положении управляющих элементов регулирующих устройств значения гармонических токов не должны превышать значений при максимальной нагрузке.

Нормы гармонических составляющих потребляемого тока ТС класса D устанавливаются для номинальных условий нагрузки. Гармонические составляющие тока и гармонические составляющие тока на 1Вт мощности ТС не должны превышать значений, установленных в таблице 14.

Нормы, приведенные в таблице 14, применяют для ТС всех видов с активной мощностью, составляющей более 75 Вт. Для ТС активной мощностью, не превышающей 75 Вт, нормы не устанавливают.

Отбор образцов ТС при испытаниях на соответствие нормам, установленным в настоящем стандарте, осуществляют в соответствии с требованиями, указанными ниже:

- при испытаниях опытных ТС отбирают не менее трех образцов, если изготовлено более трех изделий, и все образцы, если изготовлено три и менее изделий;

- для сертификационных испытаний отбирают один образец. В обоснованных случаях по решению органа по сертификации число образцов может быть увеличено. ТС единичного выпуска (импорта) испытывают каждое в отдельности.

Нормы гармонических составляющих тока, потребляемого ТС из сети электропитания, считают выполненными, если все испытанные образцы удовлетворяют нормам настоящей памятки.

### 4.3. Колебания напряжения и фликер

Установленные в настоящей памятке нормы применяют к колебаниям напряжения и фликеру на сетевых зажимах ИТС.

Настоящая памятка устанавливает следующие нормы:

- кратковременная доза фликера  $P_{st}$  не должна превышать 1,38;
- длительная доза фликера  $P_{lt}$  не должна превышать 1,0;
- установившееся относительное изменение напряжения  $d_c$  не должно превышать 3 %;
- максимальное относительное изменение напряжения  $d_{max}$  не должно превышать 4 %;
- характеристика относительного изменения напряжения  $d(t)$  не должна превышать 3 % для интервала времени изменения напряжения, большего 200 мс.

Если изменения напряжения вызваны ручными переключениями или частота их повторения меньше 1/ч, нормы  $P_{st}$  и  $P_{lt}$  не устанавливают. В указанных случаях применяют нормы, относящиеся к  $d_c$ ,  $d_{max}$  и  $d(t)$ , умноженные на 1,33.

Установленные в настоящей памятке нормы не применяют при отключениях ТС и прерываниях напряжения, связанных с аварийными условиями.

Отбор образцов ТС при испытаниях на соответствие нормам, установленным в настоящей памятке, осуществляют в соответствии с требованиями, указанными ниже:

- при испытаниях опытных ТС отбирают не менее трех образцов, если изготовлено более трех изделий, и все образцы, если изготовлено три и менее изделий;

- для сертификационных испытаний отбирают один образец. В обоснованных случаях по решению органа по сертификации число образцов может быть увеличено. ТС единичного выпуска (импорта) испытывают каждое в отдельности.

Нормы колебаний напряжения и фликера, вызываемых ТС, считают выполненными, если все испытанные образцы удовлетворяют нормам настоящей памятки.

Период наблюдения  $T_p$  для оценки доз фликера при измерениях с использованием фликерметра и применении метода моделирования и

аналитического метода должен составлять:

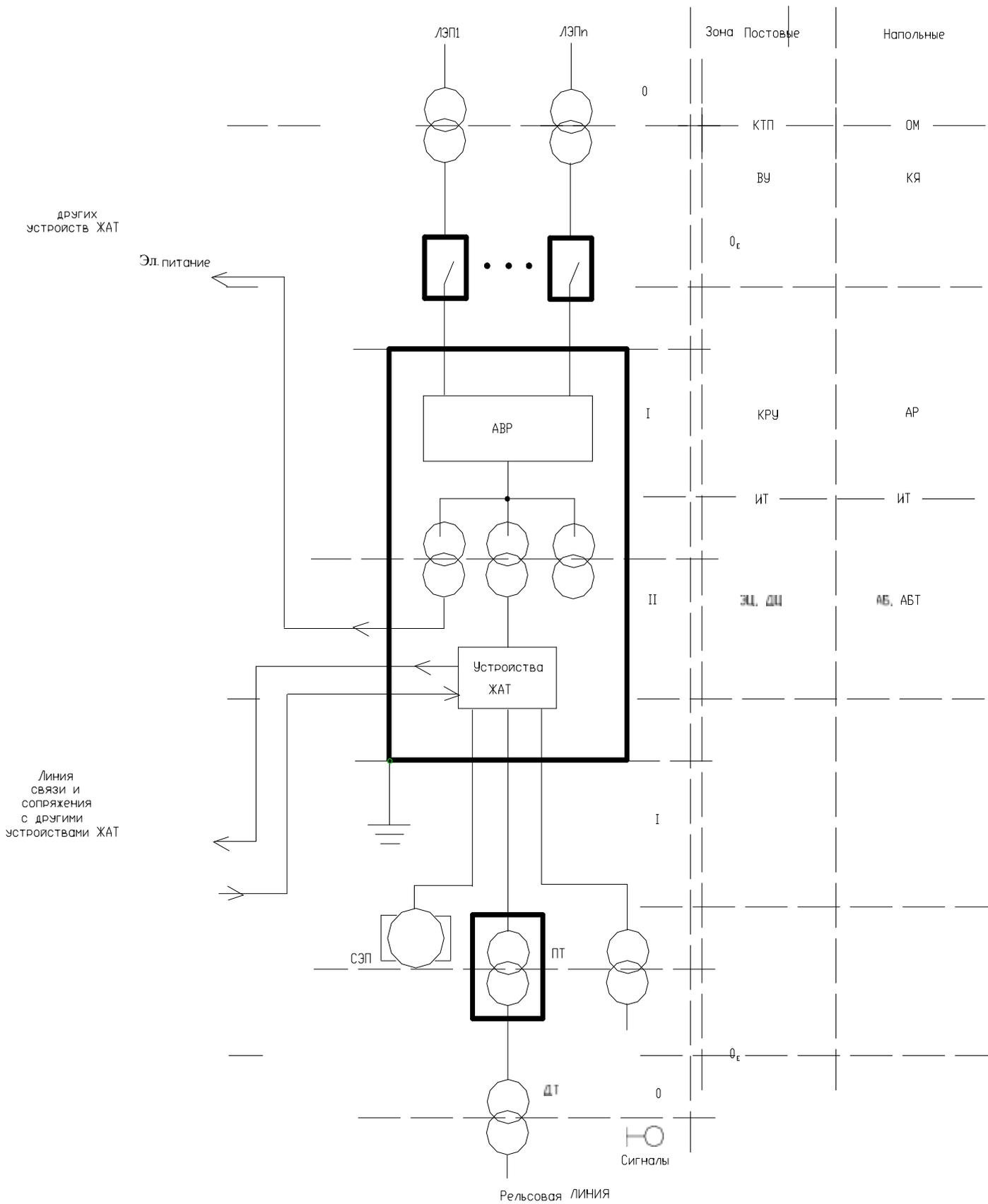
- для  $P_{st}$   $T_p = 10$  мин;
- для  $P_{lt}$   $T_p = 2$  ч.

Период наблюдения должен включать ту часть полного рабочего цикла, в течение которой ИТС производит наиболее неблагоприятную последовательность изменений напряжения.

При определении кратковременной дозы фликера  $P_{st}$  рабочий цикл повторяют периодически. Минимально необходимое время повторного включения (перезапуска) ИТС включают в период наблюдения, если ИТС прекращает работу автоматически в конце рабочего цикла, продолжительность которого меньше, чем период наблюдения.

При определении длительной дозы фликера  $P_{lt}$  рабочий цикл не повторяют в том случае, когда ИТС имеет длительность рабочего цикла меньше 2ч и в нормальных условиях не предназначено для продолжительного функционирования.

*Примечание:* Например, если ИТС имеет рабочий цикл продолжительностью 45 мин, измеряют пять последовательных значений  $P_{st}$  в течение 50 мин, и оставшиеся для периода наблюдения 2ч семь значений  $P_{st}$  принимают равными нулю.



## **Б. Обоснование видов помех, применяемых при испытаниях технических средств**

### **Б.1. Источники электромагнитных помех для микроэлектронных устройств сигнализации, централизации и блокировки**

Воздействие электромагнитных помех может приводить к нарушению функциональной безопасности и безотказности ТС СЦБ. Примерами сбоев и отказов ТС из-за воздействий электромагнитных помех являются: несанкционированное включение или выключение объектов управления; недостоверная информация об объектах контроля; остановка рабочей программы функционирования, запуск программы с произвольного адреса, пропуск частей программы, стирание в оперативной памяти фрагментов программы функционирования; несанкционированный запуск от помех; кратковременное выключение источника питания из-за срабатывания защиты от перегрузки; искажение символов на устройствах отображения информации; увеличение систематической погрешности измерения контролируемых параметров сигналов. Для обеспечения надежной работы ТС СЦБ должны быть проведены их испытания на ЭМС, в основе которых лежит воспроизведение источников помех и их параметров в искусственном виде - при помощи имитаторов помех. Поэтому для испытаний ТС, связанных с обеспечением безопасности движения поездов, важным является изучение источников электромагнитных помех и их параметров с целью их моделирования.

Технические средства СЦБ предназначены для эксплуатации в различной электромагнитной обстановке, поэтому источники помех могут быть самыми разнообразными. Среди множества источников помех можно выделить наиболее характерные источники, которые в основном определяют электромагнитную обстановку на большинстве объектов железнодорожного транспорта и влияют на электромагнитную совместимость ТС с внешней средой.

Экспериментальные исследования показывают, что помехи, возникающие при размыкании цепей с индуктивной нагрузкой, являются одним из основных источников помех для цифровых технических средств. Это обусловлено переходными процессами, при которых возникают серии импульсных помех с амплитудой несколько сотен вольт и даже единиц киловольт, высокой крутизной фронтов импульсов, широким диапазоном частот следования импульсов при большом их числе. Параметры помех, возникающие при коммутации цепей питания индуктивных элементов, зависят от величины их индуктивности и протекающего тока, скорости размыкания коммутирующих контактов, емкости межконтактного промежутка и межвитковой емкости индуктивного элемента.

Наиболее массовыми индуктивными элементами на железнодорожном транспорте являются электромагнитные реле, трансформаторы, электродвигатели.

Длительность импульсов в каждой пачке помех, возникающей при коммутации электромагнитных реле, изменяется от десятков наносекунд до сотен микросекунд при частоте следования от единиц килогерц до единиц мегагерц, а крутизна одного из фронтов импульсов составляет десятки наносекунд. Вследствие

этого, проникающая способность таких коммутационных помех в ТС очень высока и повышается при увеличении входного сопротивления ТС, паразитной емкости связи между влияющими и подверженными влиянию цепями.

Существенными источниками помех для ТС могут быть также стрелочные электродвигатели постоянного тока. Помехи возникают в них при коммутациях обмоток якоря, когда входное сопротивление переключаемой цепи изменяется в широких пределах. В коллекторных двигателях при прохождении щеток через каждую пару пластин образуются серии помех в течение всего периода работы двигателя с частотой следования пачек, увеличивающейся при повышении частоты вращения якоря двигателя, увеличении пар полюсов и числа секций ротора. Наиболее опасными помехами являются переходные процессы, возникающие при коммутации тока стрелочного двигателя, когда он работает на фрикцию (при попадании посторонних предметов между острым и рамным рельсом стрелочного перевода, при проверке плотности прижатия острого к рамному рельсу).

В электродвигателях и генераторах переменного тока возникновение импульсных помех значительно меньше, чем у электродвигателей постоянного тока, так как у них отсутствуют помехи, связанные с коммутацией обмоток. Помехи, возникающие при скольжении щеток по кольцам, имеют малые уровни, поскольку в этих машинах используются неподвижные обмотки и вращающееся магнитное поле, получение которого не требует подведения к ротору значительной мощности.

Для искусственного моделирования импульсных помех в настоящее время широко используют имитаторы наносекундных импульсных помех (EN 61000.4.4; EN 50121.3.2; ENV 50121.4; ГОСТ 30804.4.4; ГОСТ Р 55176.4.1).

Высоковольтные линии электропередачи напряжением до 1150 кВ в местах их пересечения или сближения с железными дорогами могут также быть источниками помех для ТС и воздействовать на них через сеть питания переменного тока, линии сигнализации и связи. Основными импульсными помехами от линий электропередачи являются серии помех амплитудой до нескольких сотен вольт, длительностью пачек до 20-30 мс, с числом импульсов в пачке более 200 за 1,0 мс. Исследования показывают, что с уменьшением угла пересечения линий электропередачи с электрифицированной железной дорогой зона влияния и уровни наведенных помех на ТС уменьшаются. Импульсные помехи, создаваемые высоковольтными линиями электропередачи, моделируют при помощи описанных выше имитаторов наносекундных импульсов и коммутационных помех малой энергии.

Источниками мощных импульсных помех для ТС являются грозовые разряды, коммутационные перенапряжения, короткие замыкания контактных сетей железных дорог и электроподвижной состав. Характерными для них являются высокие уровни импульсов напряжения и тока, имеющих пологие фронты, ограниченный частотный спектр и малую интенсивность воздействий по сравнению с импульсными помехами, возникающими при размыкании цепей питания электромагнитных реле и трансформаторов. Так, при коммутационных перенапряжениях и коротких замыканиях в электротяговой сети крутизна фронтов импульсов достигает величины 1,0-1000,0 кВ/с, частота затухающих колебаний напряжения и тока 50-200 Гц, в то время как крутизна фронтов импульсов при размыкании электромагнитных реле СЦБ достигает величины 1000-10000 МВ/с, а средний диапазон частот импульсов в пачке помех равен

2 кГц- 20,0 МГц. Поэтому проникающая способность от источников помех этой группы к ТС относительно невысока и, в основном, влияет на прочность элементов. Исследования показывают, что интенсивность следования таких помех, по сравнению с коммутационными помехами, на несколько порядков меньше, но, учитывая большую вероятность повреждения элементов ТС, особенно связанных с кабельными и воздушными линиями связи и электропитания, рельсовыми цепями и т.п., необходимо проводить испытания таких ТС на устойчивость к воздействию мощных импульсных помех. Параметры мощных импульсных помех, имитация которых необходима при испытаниях ТС различного назначения, регламентированы в различных международных, европейских и межгосударственных стандартах, например, в EN 61000-4-5, ГОСТ 30804.4.5, ГОСТ Р 51317.4.5. Использование имитаторов мощных импульсных помех длительностью импульсов 50 мкс (при их амплитуде до 2,0 кВ) регламентировано также железнодорожными стандартами по ЭМС: EN 50121-3-2; EN 50121-4; EN 50155; ГОСТ Р 55176.4.1.

Существенное значение могут оказывать на ТС помехи, возникающие при включении емкостных нагрузок, электродвигателей постоянного тока и асинхронных, нагрузок с большим потреблением тока, особенно в начальный момент времени, а также грозовые разряды. При этом возникают провалы и выбросы напряжения в сети электропитания ТС. Основной причиной перерывов напряжения в сети электропитания является: работа автоматических выключателей или прерывателей при перегрузках или коротких замыканиях, перегорание плавких вставок и предохранителей, переключение фидеров питания. Одной из причин кратковременных перерывов питания ТС является некорректно спроектированная система защиты вторичного источника питания от перегрузок, которая срабатывает от наносекундных, коммутационных и микросекундных импульсных помех и отключает на доли секунд электропитание ТС. Колебания напряжения возникают в сети электропитания при последовательных или повторяющихся включениях и выключениях различных электрических нагрузок, например, при последовательном включении и выключении стрелочных электродвигателей при установке маршрутов большой протяженности или параллельных маршрутов, многократном включении и выключении путевого электрооборудования, электрических дрелей, станков и т.п. Особенно опасны колебания напряжения питания в устройствах сопряжения микроэлектронных систем с исполнительными объектами. В этом случае колебания напряжения могут вызвать импульсную работу электронных ключей и, как следствие, несанкционированное включение стрелочных электродвигателей, светофоров, кодирующих устройств и других ответственных объектов управления. Колебания напряжения могут быть вызваны отказами элементов сглаживания пульсаций, либо некачественным питанием постоянного тока. Для моделирования колебаний напряжения электропитания устанавливают такой период повторения динамических изменений напряжения электропитания, который является наиболее опасным для ТС. В настоящем документе учитываются рекомендации нормативных документов по устойчивости изделий к динамическим изменениям напряжения электропитания, например, применяемые в межгосударственном стандарте ГОСТ 30804.4.11, российском стандарте ГОСТ Р 55176.4.1.

Одним из источников помех для ТС являются разряды электростатических зарядов на их проводящие части. Электростатические заряды накапливаются на обслуживающем и оперативном персонале, на бумажных и других диэлектрических носителях информации. Максимально зарегистрированное

значение потенциала человека при хождении по ковру - 39 кВ, обычное значение 5-12 кВ (при относительной влажности 15- 36 %. Если человек касается или приближается, например, рукой к электропроводящему ТС, то происходит разряд, в результате которого возникает помеха, способная привести к сбою и даже тепловому пробую микроэлектронных элементов. Существенно уменьшается накопление зарядов при повышении влажности или при использовании антистатических покрытий. В наибольшей степени происходит накопление зарядов статического электричества при хождении по ковровым и синтетическим покрытиям, при расположении оперативного персонала на кожаных креслах или сидениях, особенно при большом удельном сопротивлении обуви человека. Электростатический заряд накапливается на человеке также при расчесывании волос человека (до 5 - 6 кВ). Этого напряжения достаточно, чтобы повредить многие микроэлектронные компоненты ТС. Например, допустимый электростатический потенциал многих интегральных микросхем составляет всего 30 – 100 В.

Эквивалентная модель тела человека с точки зрения накопления статического электричества состоит из последовательно включенных конденсатора и резистора, которые разряжаются на проводящие заземленные части корпусов ТС. Согласно различным исследованиям эквивалентная емкость тела человека составляет от 50 до 1600пФ, эквивалентное сопротивление - 100 -5000 Ом. Емкость человека зависит от геометрических параметров его тела, а также среды, в которой он находится. В момент разряда формируется импульс тока большой величины (до 30А) и малой длительности (несколько десятков наносекунд). Амплитуда импульсов напряжения для большинства случаев эксплуатации ТС составляет 2-15 кВ. Высокое быстродействие современных интегральных микросхем, используемых в ТС (единицы и даже доли наносекунд), приводит к большой вероятности их ложного срабатывания и повреждения из-за низкой пороговой энергии переключения и повреждения.

Устойчивость ТС к электростатическим разрядам существенно меняется при изменении значений эквивалентных емкости и сопротивления человека, используемых в имитаторе электростатических разрядов, поэтому при испытаниях ТС на функциональную безопасность целесообразно моделирование более широкого диапазона значений эквивалентных емкости и сопротивления человека, которые регламентированы стандартами IEC 61000-4-1; EN 61000-4-2; EN 50121-3-2; EN 50121-4; ГОСТ 30804.4.2; ГОСТ Р 55176.4.1.

Еще одним источником помех для микроэлектронных устройств СЦБ являются переносные и стационарные радиостанции, цифровые микроэлектронные средства, излучающие радиочастотное электромагнитное поле в диапазоне 26-1000 МГц, а также мобильные радиотелефоны, которые работают на частотах 900 МГц и 1,89 ГГц и могут приводить к нарушению безопасности функционирования ТС. Испытания на устойчивость к указанным видам помех введены в межгосударственном стандарте ГОСТ 30804.4.3; российском стандарте ГОСТ Р 51317.4.3; европейских железнодорожных стандартах EN 50121-3-2; EN 50121-4.

## **Б.2. Пути проникновения электромагнитных помех к элементам технических средств**

Электромагнитные помехи проникают в ТС через: провода электропитания; провода ввода, вывода и передачи информации; цепи заземления; проводящие части корпусов ТС; электромагнитное поле.

Проникновение помех в ТС происходит по несимметричному каналу (между проводами и "землей") и симметричному каналу (между прямым и обратным проводами ввода, вывода и передачи информации). Помехи могут быть вызваны как внешними, так и внутренними источниками. Характерными источниками внутренних помех являются помехи, возникающие из-за паразитных емкостей и взаимоиндуктивностей проводников ТС, наличия общего сопротивления в цепи протекания импульсного рабочего тока.

При воздействии по несимметричному каналу помеха от источника через паразитные емкости связи проникает в цепи питания, заземления, ввода, вывода и передачи информации ТС, далее через паразитные емкости элементов внутренней структуры (например, через общие проходные емкости оптронов и трансформаторов, распределенные емкости между проводниками, проводниками и корпусом) замыкается на общий контур заземления. Вследствие этого, помеха попадает на входы логических элементов внутренней структуры ТС, либо выделяется на шинах питания, что приводит к сбоям или отказам элементов. Эквивалентная схема замещения имеет вид последовательного или смешанного включения  $R$ ,  $L$ ,  $C$  - элементов, поэтому степень воздействия существенно зависит от: амплитудных и частотных характеристик источника помехи (длительности импульсов и их фронтов, частоты следования импульсов, количества импульсов в пачке, длительности серии импульсов); величин паразитных емкостей связи и проходных емкостей оптронов (или других элементов гальванической развязки); входного сопротивления логических элементов, индуктивности проводов линий связи и шин питания. Симметричные помехи прикладываются между прямым и обратным проводами цепей питания и входных цепей ТС. При наводке во входных цепях ТС они могут влиять на достоверность принимаемой информации и исказить ответственную информацию, например, информацию о состоянии путевых участков, состоянии реле 1 класса надежности и др.

Эквивалентная схема воздействия помех на ТС по цепям заземления аналогична схеме воздействия несимметричных помех. Необходимо отметить только, что выделяемая энергия помехи (в области высоких частот) на полном сопротивлении цепи заземления прикладывается ко входу логических элементов или к выходу источника вторичного питания ТС через общий контур заземления или землю, емкости связи между внешними проводами ТС и "землей", а также проходными емкостями источников питания и устройств ввода-вывода информации.

Воздействие импульсных электромагнитных помех на ТС через сеть питания определяется наличием проходной емкости питающих трансформаторов, паразитной связи элементов внутренней структуры ТС с внешними цепями ввода-вывода информации и заземления (при влиянии несимметричных помех), электромагнитной связи между первичными и вторичными обмотками питающих трансформаторов в частотном диапазоне помех (при влиянии симметричных помех), а также монтажных распределенных паразитных емкостей и взаимоиндуктивностей между проводами сети питания и внутренними линиями связи ТС.

**В. Рекомендации по выбору степеней жесткости при испытаниях технических средств на устойчивость к наносекундным и микросекундным импульсным помехам**

Выбор степеней жесткости испытаний для конкретных ТС зависит кроме прочих факторов от условий эксплуатации и может основываться на результатах измерения помех в местах установки ТС.

Уровень коммутационных и наносекундных импульсных помех зависит от наличия источников помех на месте эксплуатации ТС, а также от таких условий установки ТС на месте эксплуатации, как экранирование, заземление.

**В.1. Степень жесткости 1**

Устанавливают для очень хорошей электромагнитной обстановки, характеризующейся следующими признаками:

- в коммутируемых цепях применены средства подавления импульсных помех, исправность которых контролируется, цепи электропитания переменного и постоянного тока отделены от цепей ввода-вывода;

- кабели силового электропитания снабжены экранами, заземленными на обоих концах, осуществлена фильтрация системы силового электропитания.

Примером условий, соответствующих степени жесткости 1 может служить электромагнитная обстановка в специальных залах для ЭВМ.

**В.2. Степень жесткости 2**

Устанавливают для хорошей электромагнитной обстановки, характеризующейся следующими признаками:

- в цепях управления, коммутируемых только при помощи реле (не контакторами), применены частично средства подавления импульсных помех, контроль исправности элементов помехоподавления отсутствует;

- цепи данного ТС отделены от других цепей, связанных с более жесткими условиями электромагнитной обстановки;

- неэкранированные кабели электропитания и управления отделены от кабелей ввода-вывода;

Примером условий, соответствующих степени жесткости 2, может служить электромагнитная обстановка на постах диспетчерской централизации и диспетчерского контроля.

### **В.3. Степень жесткости 3**

Устанавливают для жесткой электромагнитной обстановки, характеризующейся следующими признаками:

- цепи управления коммутируются только при помощи реле (не контакторами), отсутствуют средства подавления импульсных помех, контроль исправности элементов помехоподавления отсутствует;

- цепи ТС недостаточно отделены от других цепей, связанных с более жесткими условиями электромагнитной обстановки;

- электропитание ТС производится от воздушных или кабельных линий электропитания, подверженных воздействию молниевых разрядов (при наличии средств защиты от перенапряжений);

- кабели электропитания, управления, ввода-вывода недостаточно разделены;

- система заземления ТС использует проводники, соединенные с системой заземления другого электрооборудования или защитного заземления, в системе заземления имеют место замкнутые контуры.

Примером условий, соответствующих степени жесткости 3, может служить электромагнитная обстановка в релейных помещениях постов электрической и горочной централизации, в релейных шкафах автоблокировки и переездной сигнализации; в кабине машиниста, если цепи ввода-вывода ТС не располагаются в непосредственной близости с цепями управления тяговыми агрегатами и не имеют с ними общего электропитания.

### **В.4. Степень жесткости 4**

Устанавливают для очень жесткой электромагнитной обстановки, характеризующейся следующими признаками:

- в цепях управления, коммутируемых при помощи реле и контакторов, отсутствуют средства подавления импульсных помех;

- цепи электропитания, управления, ввода-вывода не разделены;

- электропитание ТС производится от воздушных или кабельных линий электропитания, подверженных воздействию молниевых разрядов;

- цепи управления, ввода-вывода информации имеют связь с воздушными или кабельными линиями связи, подверженными грозовым воздействиям и коммутационным перенапряжениям в электротяговой сети, а также с цепями управления тяговыми агрегатами.

Примером условий, соответствующих степени жесткости 4, может служить электромагнитная обстановка на электровозах, если внешние цепи ТС располагаются вблизи цепей управления тяговыми двигателями.

## Г. Выбор рекомендуемых степеней жесткости испытаний технических средств на устойчивость к воздействию разрядов статического электричества и точек их приложения

### Г.1. Причины возникновения импульсных разрядов статического электричества в местах эксплуатации технических средств

Основной причиной электростатических разрядов является накопление статического электричества на различных объектах. В наибольшей степени оно зависит от двух основных факторов: использовании синтетических покрытий и низкой относительной влажности в помещениях. Существенное значение оказывает и вид ткани, из которой изготовлена одежда человека, имеющего доступ в помещение, где эксплуатируется ТС. В наибольшей степени накопление статического электричества происходит при трении одежды человека из синтетической ткани, несколько менее - из шерсти, в наименьшей степени - из антистатического материала. Технические средства могут подвергаться воздействию электростатических разрядов, которые могут возникать между предметами, способными накапливать статическое электричество, или этими предметами и заземленными частями ТС.

### Г.2. Выбор степеней жесткости испытаний

Степени жесткости эксплуатации ТС должны быть выбраны исходя из условий эксплуатации и категории ТС по безопасности функционирования. Рекомендации по выбору степеней жесткости испытаний в зависимости от условий эксплуатации ТС приведены в таблице Г1 (воздушный разряд).

Таблица Г1

Характеристика степеней жесткости испытаний ТС в зависимости от условий его эксплуатации

Степень жесткости	Испытательное напряжение, кВ	Относительная влажность (нижний предел), %	Антистатический материал	Синтетический материал
1	2,0	35	X	
2	4,0	10	X	
3	8,0	50		X
4	15,0	10		X

*Примечание.* Для других материалов, например, дерева, цемента, керамики, винила и металлов, выбирают степень жесткости испытаний не выше второй.

### **Г.3. Выбор точек приложения разрядов статического электричества**

Точки приложения разрядов рекомендуется выбирать:

- на токопроводящих частях корпусов ТС;
- на пультах управления, кнопках, переключателях, клавиатурах и других органах управления;
- на частях ТС, к которым возможно касание человека при его эксплуатации.

**Д. Рекомендации по выбору степеней жесткости при испытаниях технических средств на устойчивость к высокочастотным электромагнитным полям**

Степень жесткости испытаний выбирают в зависимости от ожидаемого электромагнитного поля в месте эксплуатации ТС и мощности источников высокочастотных помех, а также на основании расчетов и измерений напряженности электромагнитного поля.

**Д.1. Степень жесткости 1**

Устанавливают для электромагнитной обстановки, характеризующейся низким уровнем напряженности электромагнитного поля и расположении источников высокочастотных помех от ТС:

- радио и телевизионных станций на расстоянии более 1 км;
- цифровых радиотелефонов на расстоянии более 10 м.

**Д.2. Степень жесткости 2**

Устанавливают для электромагнитной обстановки, характеризующейся средним уровнем напряженности электромагнитного поля, создаваемыми маломощными переносными приемопередатчиками с излучаемой мощностью менее 1 Вт.

**Д.3. Степень жесткости 3**

Устанавливают для электромагнитной обстановки, характеризующейся следующими признаками:

- высоким уровнем напряженности электромагнитного поля, создаваемый переносными приемопередатчиками с излучаемой мощностью 2 Вт и более, используемыми на расстоянии более 1 м от ТС;
- наличием радиопередатчиков, промышленных высокочастотных установок, расположенных вблизи ТС.

**Д.4. Степень жесткости 4**

Устанавливают для электромагнитной обстановки, характеризующейся следующими признаками:

- очень высоким уровнем напряженности электромагнитного поля, создаваемый переносными приемопередатчиками с излучаемой мощностью 2 Вт и более, используемыми на расстоянии менее 1 м от ТС;
- наличием радиопередатчиков большой мощности;
- при расположении промышленных высокочастотных установок большой мощности в одном помещении с ТС.