
МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СВОД ПРАВИЛ

СП
*(проект,
первая редакция)*

**ТЯГОВОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ
ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ**

Правила проектирования и строительства

*Настоящий проект свода правил не подлежит применению до его
утверждения*

Содержание

1 Область применения	4
2 Нормативные ссылки	4
3 Термины и определения	8
4 Выбор системы и технических параметров тягового электроснабжения железной дороги	10
4.1 Общие положения	10
4.2 Выбор основных параметров	13
5 Проектирование тяговых подстанций	17
5.1 Внешнее электроснабжение	17
5.2 Требования к расположению тяговых подстанций и площадкам для их строительства	20
5.3 Требования к территории и строительной части тяговых подстанций	22
5.4 Требования к компоновке и конструктивному исполнению распределительных устройств	26
5.5 Требования к способам оперативного обслуживания тяговых подстанций	33
5.6 Требования к заземлению и защите от перенапряжений	33
5.7 Требования к количеству силовых трансформаторов	34
5.8 Требования к схемотехническим решениям распределительных устройств	35
5.9 Требования к сети собственных нужд, сети оперативного тока и кабельному хозяйству	39
6 Проектирование тяговой сети	39
6.1 Требования к контактной сети	39
6.2 Требования к токоприемникам	66
6.3 Требования к качеству токоъема	66
6.4 Требования к питающим, шунтирующим и отсасывающим линиям	69
6.5 Требования к обратной тяговой сети	69
7 Проектирование линейных устройств тягового электроснабжения	71
7.1 Общие требования к линейным устройствам тягового электроснабжения	71
7.2 Требования к постам секционирования	78

Тяговое электроснабжение высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства

7.3 Требования к пунктам параллельного соединения	79
7.4 Требования к автотрансформаторным пунктам.....	79
8 Правила строительства	80
Приложение А (обязательное)	85
Библиография.....	88

СВОД ПРАВИЛ

ТЯГОВОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ

Правила проектирования и строительства

Traction power supply of high-speed railway.
Rules for design and construction

Дата введения – _____

1 Область применения

Настоящий свод правил распространяется на тяговое электроснабжение высокоскоростных железнодорожных линий со скоростью движения высокоскоростных пассажирских поездов до 400 км/ч и устанавливает правила их проектирования и строительства.

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 54130-2010 Качество электрической энергии. Термины и определения

ГОСТ Р 55648 (проект, актуализированная редакция с учетом применения изоляторов на высокоскоростных железнодорожных магистралях) Изоляторы для контактной сети железных дорог. Общие технические условия

ГОСТ Р 51559–2000 Трансформаторы силовые масляные классов напряжения 110 и 220 кВ и автотрансформаторы напряжением 27,5 кВ для электрических железных дорог переменного тока. Общие технические условия

ГОСТ Р 52002–2003 Электротехника. Термины и определения основных понятий

«Тяговое электроснабжение высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства»

ГОСТ Р 52565-2006 Выключатели переменного тока на напряжения от 3 до 750 кВ. Общие технические условия

ГОСТ Р 52719-2007 Трансформаторы силовые. Общие технические условия

ГОСТ Р 52725-2007 Ограничители перенапряжений нелинейные для электроустановок переменного тока напряжением от 3 до 750 кВ. Общие технические условия

ГОСТ Р 52726-2007 Разъединители и заземлители переменного тока на напряжение свыше 1 кВ и приводы к ним. Общие технические условия

ГОСТ 32895-2014 Электрификация и электроснабжение железных дорог. Термины и определения

ГОСТ 19330-2013 Стойки для опор контактной сети железных дорог. Технические условия

ГОСТ Р 54271-2010 Анкеры для контактной сети железных дорог. Технические условия

ГОСТ 32209-2013 Фундаменты для опор контактной сети железных дорог. Технические условия

ГОСТ Р 54984-2012 Освещение наружное объектов железнодорожного транспорта. Нормы и методы контроля

ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

ГОСТ 32697 (проект, актуализированная редакция с учетом применения проводов на высокоскоростных железнодорожных магистралях) Тросы контактной сети железной дороги несущие. Технические условия

ГОСТ Р МЭК 60050-195–2005 Заземление и защита от поражения электрическим током. Термины и определения

ГОСТ Р 55602-2013 Аппараты коммутационные для цепи заземления тяговой сети и тяговых подстанций железных дорог. Общие технические условия

ГОСТ Р 55649-2013 Изоляторы секционные для контактной сети железных дорог. Общие технические условия

ГОСТ Р 55167-2012 Ограничители перенапряжений нелинейные для тяговой сети железных дорог. Общие технические условия

СП

(проект, первая редакция)

Тяговое электроснабжение высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.2.007.4-96 Система стандартов безопасности труда. Шкафы негерметизированных комплектных распределительных устройств и комплектных трансформаторных подстанций. Требования безопасности

ГОСТ 7746-2001 Трансформаторы тока. Общие технические условия

ГОСТ 839-80 Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия

ГОСТ 1983-2001 Трансформаторы напряжения. Общие технические условия

ГОСТ 4775-91 Провода неизолированные биметаллические сталемедные. Технические условия

ГОСТ 9238-2013 Габариты железнодорожного подвижного состава и приближения строений

ГОСТ 11677-85 Трансформаторы силовые. Общие технические условия

ГОСТ Р 52719-2007 Трансформаторы силовые. Общие технические условия

ГОСТ Р 55647 (проект, актуализированная редакция с учетом применения проводов на высокоскоростных железнодорожных магистралях) Провода контактные из меди и ее сплавов для электрифицированных железных дорог. Технические условия

ГОСТ Р (проект) Контактная сеть для высокоскоростных железнодорожных линий. Технические требования и методы контроля

ГОСТ 12393 (проект, актуализированная редакция с учетом применения арматуры на высокоскоростных железнодорожных магистралях) Арматура контактной сети железной дороги линейная. Общие технические условия

ГОСТ 12670-99 Изоляторы фарфоровые тарельчатые для контактной сети электрифицированных железных дорог. Общие технические требования

ГОСТ 13276–79 Арматура линейная. Общие технические условия

ГОСТ 16350–80 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей

«Тяговое электроснабжение высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства»

ГОСТ 16772–77 Трансформаторы и реакторы преобразовательные.

Общие технические условия

ГОСТ 17703–72 Аппараты электрические коммутационные.

Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 18311–80 Изделия электротехнические. Термины и определения основных понятий

ГОСТ 23414-84 Преобразователи электроэнергии полупроводниковые. Термины и определения

ГОСТ 24291–90 Электрическая часть электростанции и электрической сети. Термины и определения

ГОСТ 27661-88 Изоляторы линейные подвесные тарельчатые. Типы, параметры и размеры

ГОСТ 32204-2013 Токоприемники железнодорожного электроподвижного состава. Общие технические условия

ГОСТ 6490-93 Изоляторы линейные подвесные тарельчатые. Общие технические условия

СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия

СП 30.13330.2012 СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий

СП 31.13330.2012 СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения

СП 32.13330.2012 СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения

СП 60.13330.2012 СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха

СП 131.13330.2012 СНиП 23-01-99* Строительная климатология. Актуализированная редакция

СП 14.13330.2014 СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция

СП 16.13330.2011 СНиП II-23-81 Стальные конструкции.

СП 128.13330.2012 СНиП 2.03.06-85 Алюминиевые конструкции.

СП 63.13330.2011 СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция

СП 28.13330.2012 СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии

СТУ №1 «Проектирование участка Москва – Казань

высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч»

3 Термины и определения

В настоящем своде правил применены термины по ГОСТ Р 54130, ГОСТ Р 52002, ГОСТ 32895, ГОСТ Р МЭК 60050-195, ГОСТ 17703, ГОСТ 18311, ГОСТ 23414, ГОСТ 24291, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **тяговое электроснабжение ВСМ**: составляет подсистему железнодорожного электроснабжения высокоскоростной магистрали, включающей тяговые подстанции, электротяговую сеть и линейные пункты электроснабжения.

3.2 **высокоскоростное движение пассажирских поездов**: движение пассажирских поездов со скоростями 250 км/ч и выше..

3.3 **высокоскоростная железнодорожная магистраль (ВСМ)**: железнодорожная линия, на которой на всей ее длине или на отдельных участках обращаются пассажирские поезда со скоростями 250 км/ч и выше до 400 км/ч.

3.4 **железнодорожное электроснабжение ВСМ (ЖЭВСМ)**: электроэнергетический комплекс передачи электрической энергии национальной энергетической системы с шин высшего уровня напряжения тяговых подстанций, преобразования ее к виду, приемлемому для принятого типа электроподвижного состава и передачи преобразованной электроэнергии мощностью до 3МВА на один километр железнодорожной линии по электротяговой сети в зону электропотребления подвижным составом, движущимся со скоростью 250 км/ч и выше, а также питания электрических железнодорожных потребителей нетягового назначения, расположенных вдоль ВСМ.

3.5 **внешнее электроснабжение ВСМ**: генерирующие источники электроэнергии, национальная электрическая сеть Российской Федерации и сети региональных энергосистем, обеспечивающие для потребителей первой категории надежности подведение электрической энергии к тяговым подстанциям высокоскоростной магистрали на уровне высшего напряжения не ниже 220 кВ в объеме, удовлетворяющем

движение поездов со скоростью до 400 км/ч и мощностью электропотребления до 3 МВА на один километр ВСМ.

3.6 габарит С400: предельные поперечные (перпендикулярные оси пути) очертания на участках со скоростями движения 250км/ч и выше до 400 км/ч, внутрь которых помимо подвижного состава не должны заходить никакие части сооружений и устройств, а также находящееся около пути оборудование, за исключением частей устройств, предназначенных для непосредственного взаимодействия с подвижным составом, при условии, что положение этих устройств во внутригабаритном пространстве увязано с частями подвижного состава, с которыми они могут соприкасаться, и что они не могут вызвать соприкосновения с другими элементами подвижного состава.

3.7 габарит С400Т: предельные поперечные (перпендикулярные оси пути) очертания тоннеля на участках со скоростями движения 200 км/ч и выше до 400 км/ч, внутрь которых помимо подвижного состава не должны заходить никакие части сооружений и устройств, а также находящееся около пути оборудование, за исключением частей устройств, предназначенных для непосредственного взаимодействия с подвижным составом, при условии, что положение этих устройств во внутригабаритном пространстве увязано с частями подвижного состава, с которыми они могут соприкасаться, и что они не могут вызвать соприкосновения с другими элементами подвижного состава.

3.8 габарит контактной сети: очертание, в которое вписываются все находящиеся под напряжением элементы воздушной контактной сети с учетом изоляционного расстояния и вне которого должны размещаться все другие стационарные устройства.

3.9 контактные провода ЖЭВСМ: специальные контактные провода, обеспечивающие требуемые электрические и механические свойства контактной подвески при скорости движения электроподвижного состава до 400 км/ч и удельной мощности устройств электроснабжения до 3 МВА на один километр ВСМ.

3.10 координация (гармонизация) нормативных документов в области высокоскоростного движения пассажирских поездов: согласование технических регламентов, правил и отраслевых стандартов в области российского железнодорожного транспорта с международными нормами и стандартами по ВСМ.

3.11 обратная электротяговая сеть: комплекс электросетевых устройств тягового электроснабжения, предназначенный для обеспечения надежной обратной электрической связи ЭПС со сборными шинами тяговых подстанций и автотрансформаторных пунктов через точки касания колесных пар с тяговыми рельсами.

3.12 обратный провод (обратной электротяговой сети): провод, подвешиваемый на опорах контактной сети и выполняющий функцию пропуска обратного тягового тока параллельно с рельсовой электротяговой сетью, организации контура заземления опор контактной сети, снижения электрических потенциалов рельсов относительно земли, а также создания условий электромагнитной совместимости с другими техническими устройствами железной дороги.

3.13 параметры устройств тягового электроснабжения: данные по основным электрическим, тяговым, механическим и другим свойствам, устанавливающие предельно допустимые и характеризующие значения величин – расстояние между подстанциями, уровень напряжения в контактной сети, мощность и количество силовых трансформаторов (или преобразовательных агрегатов), номинальные токи коммутационных аппаратов, сечение и количество проводов контактной сети, мощность и количество линейных пунктов электроснабжения.

4 Выбор системы и технических параметров тягового электроснабжения железной дороги

4.1 Общие положения

4.1.1 На вновь сооружаемых ВСМ, как правило, следует применять систему тягового электроснабжения железной дороги переменного тока 2×25 кВ 50 Гц. Исключения допускаются:

– для участков прохождения высокоскоростной магистралью крупных городов с существующей системой тягового электроснабжения постоянного тока. На таких участках для ВСМ возможно применение системы тягового электроснабжения постоянного тока при соответствующем технико-экономическом обосновании с ограничением скорости движения железнодорожного подвижного состава до 250 км/ч;

– для тупиковых участков (конечные станции, депо, примыкания к

существующим железным дорогам и т.п.). На таких участках возможно применение системы тягового электроснабжения переменного тока 25 кВ.

4.1.2 В перспективе не исключается использование для ВСМ систем тягового электроснабжения с повышенной нагрузочной способностью (постоянного тока с напряжением в электротяговой сети 24 кВ, переменного тока 94 кВ и др.) при наличии результатов опытной эксплуатации, подтверждающих эффективность внедрения таких систем на железных дорогах со скоростями движения до 250 км/ч. Применение таких систем тягового электроснабжения для ВСМ потребует переработки настоящих Сводов правил.

4.1.3 При наличии на ВСМ участков, оснащаемых системами тягового электроснабжения постоянного и переменного тока, в технико-экономических расчетах следует учитывать необходимость стыкования участков постоянного и переменного тока в пунктах смены рода тока и применения электроподвижного состава двойного питания.

4.1.4 Схема внешнего электроснабжения электрифицированной ВСМ должна обеспечивать питание тяговых подстанций от энергосистемы на условиях, предусмотренных для потребителей с электроприемниками первой категории, чтобы выход из работы одной из подстанций (секции шин) энергосистемы или питающей линии не приводил к отключению тяговой подстанции. С этой целью тяговые подстанции должны иметь, как правило, двухстороннее питание от двух подстанций энергосистемы или по двум радиальным линиям от разных систем шин одной подстанции энергосистемы, имеющей не менее двух источников питания.

4.1.5 Уровень высшего напряжения для тяговых подстанций ВСМ должен быть не ниже 220 кВ, за исключением случаев прохождения высокоскоростной магистрали крупных городов с существующей системой тягового электроснабжения постоянного тока. Уровень высшего напряжения в таких случаях должен быть не ниже 110 кВ.

4.1.6 Конкретное значение уровня высшего напряжения должно определяться по результатам тяговых и электрических расчётов при условии надёжного энергообеспечения перевозочного процесса с установленными скоростями движения, минимизации капитальных затрат на сооружение устройств тягового электроснабжения и затрат на оплату технологического присоединения к сетям территориальных

сетевых и (или) иных энергоснабжающих организаций.

4.1.8 В системе внешнего электроснабжения мощность трёхфазного короткого замыкания на вводах в систему тягового электроснабжения ВСМ должна быть не менее 2000 МВА при использовании сети с уровнем напряжения 220 кВ и выше и не менее 1500 МВА при использовании сети с уровнем напряжения 110 кВ.

4.1.9 При проектировании и строительстве на участках ВСМ системы тягового электроснабжения постоянного тока, а также стыковых подстанций следует руководствоваться действующими нормативными документами для железных дорог со скоростями движения до 250 км/ч.

4.1.10 При выборе схем подключения тяговых подстанций ВСМ к электрическим сетям системы внешнего электроснабжения и оборудования тяговых подстанций необходимо обеспечивать минимизацию несимметрии и несинусоидальности токов в трёхфазных сетях внешнего электроснабжения для обеспечения качества электроэнергии в соответствии с требованиями ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

4.1.10 В нормальном режиме работы системы тягового электроснабжения ВСМ уровень напряжения на токоприемнике электроподвижного состава и в любой точке тяговой сети должен быть не менее 21 кВ и не более 29 кВ.

4.1.11 Система тягового электроснабжения ВСМ должна обеспечивать питание электротяговых нагрузок как электроприемников первой категории от двух независимых источников и предусматривать в нормальном режиме, как правило, двухстороннюю узловую схему питания каждой из межподстанционных зон.

4.1.12 Система тягового электроснабжения ВСМ должна предусматривать возможность перехода от двухсторонней узловой схемы к следующим схемам питания каждой из межподстанционных зон: кольцевой, двухсторонней параллельной (раздельной).

4.1.13 Односторонняя схема питания межподстанционных зон допускается как исключение:

- а) в конце электрифицированной ВСМ;
- б) на межподстанционных зонах, ограниченных тяговыми

подстанциями, подключенными к разным энергосистемам системы внешнего электроснабжения.

4.1.14 Для обратной электротяговой сети системы тягового электроснабжения ВСМ предусматривают обратный провод, прокладываемый по опорам контактной сети и подключаемый к тяговым рельсам с помощью дроссель-трансформаторов.

4.1.15 От силовых понижающих трансформаторов тяговых подстанций, обеспечивающих питание электротяговой сети, не допускается питание нетяговых железнодорожных потребителей ВСМ. Для питания нетяговых железнодорожных потребителей ВСМ на тяговых подстанциях должно быть предусмотрено не менее двух силовых понижающих трехфазных двухобмоточных трансформаторов (один основной, один резервный) с первичным (высшим) напряжением, указанным в п. 4.1.5 и вторичным (низшим) напряжением, как правило, 20 кВ.

4.1.16 На тяговых подстанциях для питания электротяговой сети применяют, как правило, силовые однофазные понижающие трансформаторы. При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается применение на тяговых подстанциях трехфазных симметрирующих трансформаторов.

4.1.17 Система тягового электроснабжения ВСМ должна обеспечивать возможность применения рекуперативного торможения электроподвижным составом.

4.1.18 Система тягового электроснабжения ВСМ должна обеспечивать возможность электрической плавки гололеда или профилактического подогрева проводов контактной сети главных путей станций и перегонов.

4.2 Выбор основных параметров

4.2.1 При проектировании устройств системы тягового электроснабжения ВСМ должны определяться следующие основные параметры:

- расстояния между смежными тяговыми подстанциями;
- мощность и количество силовых понижающих трансформаторов тяговых подстанций;
- номинальный ток коммутационных аппаратов и трансформаторов тока;

- мощность и количество автотрансформаторных пунктов (АТП) на межподстанционных зонах;
- виды и мощность устройств тяговых подстанций, обеспечивающих повышение качества электроэнергии в системе внешнего электроснабжения и в тяговой сети;
- количество постов секционирования и пунктов параллельного соединения на межподстанционных зонах;
- марка, сечение и количество проводов контактной сети, тяговой рельсовой сети, проводов и кабелей питающих и отсасывающих линий, питающего провода системы тягового электроснабжения переменного тока 2×25 кВ, обратного провода;
- марка, сечение и количество проводов сборных и соединительных шин тяговых подстанций и линейных устройств системы тягового электроснабжения.

4.2.2 Выбор основных параметров осуществляют по результатам тяговых и электрических расчетов при пакетном графике движения поездов с наименьшим интервалом попутного следования. Выбор основных параметров осуществляют без учёта режима рекуперации.

4.2.3 При выполнении тяговых и электрических расчетов должно быть учтено изменение уровня напряжения на токоприемниках электроподвижного состава.

4.2.4 В качестве исходных данных для выполнения тяговых и электрических расчетов принимают:

- план и продольный профиль ВСМ;
- тягово-энергетические характеристики электроподвижного состава;
- наименьший интервал попутного следования поездов;
- количество поездов в час интенсивных перевозок.

4.2.5 Значения основных параметров устройств системы тягового электроснабжения ВСМ должны выбираться из номинальных рядов, установленных стандартами на соответствующую продукцию. При этом в нормальном режиме работы системы тягового электроснабжения при размерах движения поездов, соответствующих часу интенсивных перевозок, и без ввода в работу резервирующих трансформаторов должно быть обеспечено одновременное выполнение следующих

условий:

– напряжение у токоприемников электроподвижного состава и в любой точке тяговой сети должно находиться в пределах, указанных в 4.1.10;

– ток каждого из элементов системы тягового электроснабжения не должен превышать допустимое значение для данного элемента с учетом установленных допустимых значений перегрузки по току и времени усреднения;

– температура нагрева проводов не должна превышать допустимые значения, указанные в табл. 4.1;

– должно быть исключено наличие «мертвых зон» защиты тяговой сети;

– не должны приниматься избыточные значения основных параметров устройств системы тягового электроснабжения ВСМ.

4.2.6 Для перечисленных в п.4.2.3 условий должны соблюдаться следующие правила проведения измерений:

– для продукции, в отношении которой стандарты не разработаны, допустимые значения перегрузки по току и времени усреднения принимают по техническим условиям;

– при проверке уровня напряжения на токоприемнике не должны учитываться провалы напряжения, вызванные аварийными режимами работы системы тягового электроснабжения (режимами коротких замыканий), а также импульсы перенапряжения, обусловленные переходными коммутационными процессами и атмосферными явлениями;

– допустимый ток определяют при температуре окружающей среды 50°С и скорости ветра 1 м/с;

– проверка температуры нагрева проводов контактной сети должна проводиться для всех возможных схем питания межподстанционных зон.

4.2.7 Технические параметры сооружений и устройств системы тягового электроснабжения ВСМ должны быть выбраны на следующие расчетные сроки без необходимости переустройства:

– 10 лет – для служебно-технических зданий и опорных конструкций контактной сети, питающих, отсасывающих и шунтирующих линий;

СП

(проект, первая редакция)

Тяговое электроснабжение высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства

– 5 лет – для сечения проводов контактной сети, обратной тяговой сети, питающих и отсасывающих линий, количества и мощности оборудования тяговых подстанций и линейных устройств тягового электроснабжения.

Т а б л и ц а 4.1 – Наибольшая допустимая температура нагрева проводов электротяговой сети

В градусах Цельсия

Провод		Допустимая температура нагрева провода при длительности протекания тока		
Применение	Конструкция и материал	до 1 с (режим КЗ)	до 10 мин.	длительно
Контактный провод	Фасонный из бронзы			
Несущий или рессорный трос контактной подвески, тросы средней анкеровки	Многопроволочный из бронзы	170	130	100
Питающий провод, обратный провод, питающие и отсасывающие линии	Многопроволочный алюминиевый, сталеалюминиевый	130	100	90
Электрические соединители контактной подвески, шлейфы разъединителей	Многопроволочный медный			
	Многопроволочный медный	170	120	100
Токопроводящие струны контактной подвески	Мелкожильный многопроволочный из бронзы	Не нормируется	130	100

4.2.8 Для выбранных параметров системы тягового электроснабжения в нормальном режиме работы должны быть также определены минимальные межпоездные интервалы и наибольшие скорости движения поездов в вынужденных режимах работы при отключении каждой (одной) тяговой подстанции или каждого из автотрансформаторных пунктов (по одному), с вводом в работу резервирующих трансформаторов на неотключенных тяговых подстанциях.

5 Проектирование тяговых подстанций

5.1 Внешнее электроснабжение

5.1.1 Требования к надёжности электроснабжения

5.1.1.1 Каждая тяговая подстанция должна быть подключена к электрическим сетям территориальных сетевых и (или) иных энергоснабжающих организаций по одному из способов, приведённых в таблице 5.1.

Способ подключения выбирают из нескольких допустимых (см. таблицу 5.1) по условию минимизации капитальных затрат на сооружение тяговой подстанции и затрат на оплату технологического присоединения к сетям территориальных сетевых и (или) иных энергоснабжающих организаций.

5.1.1.2 Линии электропередачи и ответвления от них, подлежащие сооружению при реализации установленных в 5.1.1.1 способов подключения тяговых подстанций к электрическим сетям территориальных сетевых и (или) иных энергоснабжающих организаций, следует выполнять:

а) воздушные в лавиноопасных районах и районах по толщине стенки гололёда V по СП 20.13330 – одноцепными;

б) воздушные в районах, не удовлетворяющих указанным в перечислении а) критериям – двухцепными;

в) кабельные – проложенными в разных траншеях, не пересекающимися между собой и не сближающимися друг с другом на расстояние менее 1 м.

Т а б л и ц а 5.1 – Описание и область применения способов подключения тяговых подстанций к электрическим сетям территориальных сетевых и (или) иных энергоснабжающих организаций

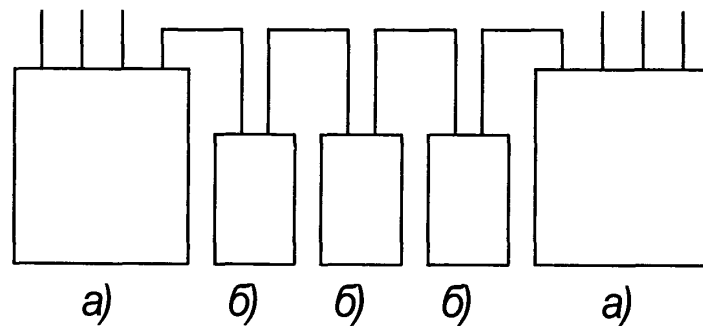
Описание способов подключения тяговых подстанций	Схема
1 С помощью двух линий электропередачи к разным подстанциям территориальных сетевых и (или) иных энергоснабжающих организаций ¹⁾	–
2 С помощью двух линий электропередачи к разным системам (секциям) сборных шин одной и той же подстанции территориальной сетевой и (или) иной энергоснабжающей организации ²⁾	–
3 В рассечку одноцепной линии электропередачи между двумя опорными подстанциями территориальных сетевых и (или) иных энергоснабжающих организаций ³⁾	Рисунок 5.1
4 В рассечку двухцепной линии электропередачи между двумя опорными подстанциями территориальных сетевых и (или) иных энергоснабжающих организаций ⁴⁾	Рисунок 5.2
<p>¹⁾ Только если одна из двух подстанций территориальных сетевых и(или) иных энергоснабжающих организаций является опорной.</p> <p>²⁾ Только если подстанция территориальной сетевой и(или) иной энергоснабжающей организации является опорной.</p> <p>³⁾ Только если после подключения тяговой подстанции (тяговых подстанций) общее количество подстанций⁵⁾, подключённых к данной линии электропередачи, будет не более трёх.</p> <p>⁴⁾ Только если после подключения тяговой подстанции (тяговых подстанций) общее количество подстанций⁵⁾, подключённых к данной линии электропередачи, будет не более пяти.</p> <p>⁵⁾ В том числе и подстанций, не являющихся тяговыми и не принадлежащих владельцу железнодорожной инфраструктуры.</p>	

При использовании способа, указанного в строке 4 таблицы 5.1, следует обеспечивать чередование между подстанциями,

подключаемыми в рассечку разных цепей линии, как показано на рисунке 5.2.

5.1.2 Дополнительные требования к подключению к электрическим сетям территориальных сетевых и (или) иных энергоснабжающих организаций тяговых подстанций

При использовании указанных в 5.1.1.1 (таблица 5.1, строки 3, 4) способов подключения тяговых подстанций к электрическим сетям территориальных сетевых и(или) иных энергоснабжающих организаций предусматривают циклическое чередование подключения наиболее загруженных фаз тяговых подстанций к фазам линий электропередачи.



- а) опорные подстанции;
б) транзитные подстанции

Рисунок 5.1– Способ подключения тяговых подстанций в рассечку одноцепной линии электропередачи между двумя опорными подстанциями территориальных сетевых и(или) иных энергоснабжающих организаций (таблица 5.1, строка 3)

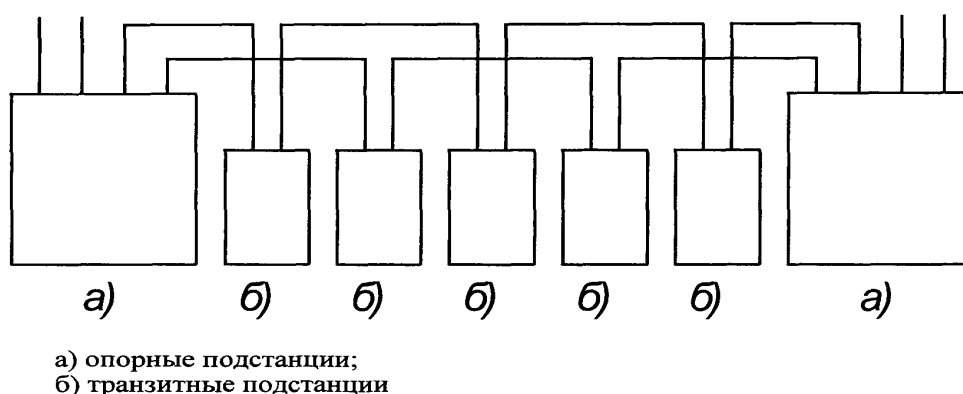


Рисунок 2 – Способ подключения тяговых подстанций в рассечку или на ответвлениях от двухцепной линии электропередачи между двумя опорными подстанциями территориальных сетевых и(или) иных энергоснабжающих организаций (таблица 5, строка 5)

Рисунок 5.2 – Способ подключения тяговых подстанций в рассечку двухцепной линии электропередачи между двумя опорными подстанциями территориальных сетевых и(или) иных энергоснабжающих организаций (таблица 5, строка 4)

5.2 Требования к расположению тяговых подстанций и площадкам для их строительства

5.2.1 Тяговые подстанции располагают, как правило, на станциях, закрытие (консервация) которых не планируется, или на перегонах не далее 1 км от границы станции. В исключительных случаях с разрешения владельца инфраструктуры допускается сооружение тяговых подстанций далее 1 км от границы станции.

5.2.2 Расстояния между тяговыми подстанциями выбирают при проектировании исходя из необходимости выполнения требований, установленных в разделе 4.

5.2.3 При выборе площадки для строительства тяговой подстанции (далее - площадки) следует учитывать следующие требования:

- площадка должна по возможности быть расположена вблизи центра электрических нагрузок и в местах, обеспечивающих удобный заход всех проектируемых линий электропередачи, а также питающих и отсасывающих линий;

- должна быть обеспечена возможность сооружения автомобильной дороги, а для тяговых подстанций, указанных в 5.3.3.1, еще и подъездного железнодорожного пути;

«Тяговое электроснабжение высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства»

- расстояние от внешней границы площадки для строительства тяговой подстанции до территорий жилой застройки не должно превышать установленного в [3];

- должна быть обеспечена возможность подключения с минимальными затратами к существующим сетям водопровода, канализации и теплоснабжения (только для тяговых подстанций, на которых применяют способы оперативного обслуживания, указанные в 5.5.1, перечисления б) и в));

- должна быть обеспечена возможность совмещения строительной площадки подстанции со строительными площадками других объектов, в частности, дежурного пункта контактной сети;

- должны быть соблюдены минимально допустимые расстояниям между внешними границами площадки и инженерными коммуникациями;

- площадка, кроме того, должна располагаться:

1) вне зон природных и техногенных загрязнений;

2) вне зон активного карста, оползней, оседания или обрушения поверхности под влиянием горных разработок, селевых потоков и снежных лавин, которые могут угрожать работоспособности подстанции;

3) вне зон, подлежащих промышленной разработке (торфяники и др.), а также вне радиационно-зараженных мест;

4) на незатопляемых местах и, как правило, на местах с уровнем грунтовых вод ниже заложения фундаментов и инженерных коммуникаций;

5) на территориях, не подверженных размывам в результате русловых процессов при расположении площадок у рек или водоемов, а также, как правило, вне мест, где могут быть потоки дождевых и других вод, а также выше отметок складов с нефтепродуктами и другими горючими жидкостями;

6) на площадках, рельеф которых, как правило, не требует производства трудоемких и дорогостоящих планировочных работ;

7) на грунтах, не требующих устройства дорогостоящих оснований и фундаментов под здания и сооружения;

8) на территориях, на которых отсутствуют строения или коммуникации, подлежащие сносу или переносу в связи с сооружением подстанции.

В исключительных случаях, с разрешения владельца

инфраструктуры, допускается сооружение тяговой подстанции на площадках с грунтами I или II категории по сейсмическим свойствам, на торфах или свалках. При этом должны быть предусмотрены дополнительные мероприятия по обеспечению устойчивого функционирования тяговой подстанции.

5.3 Требования к территории и строительной части тяговых подстанций

5.3.1 Требования к территории тяговых подстанций

5.3.1.1 Территория тяговой подстанции должна быть спланирована с обеспечением отвода атмосферных, паводковых, талых вод и селей и устройством, в необходимых случаях, специальных водостоков.

При расположении тяговой подстанции на косогоре допускается размещение отдельных зданий и распределительных устройств подстанции на разных уровнях (террасами) с разностью высот смежных террас, как правило, не более 1,5 м.

5.3.1.2 При расположении тяговой подстанции на сильнозаносимых участках, где количество снега, приносимого за зиму, составляет от 301 до 600 м³ на 1 м пути, открытые участки территории тяговой подстанции должны иметь защиту от снежных заносов.

5.3.1.3 Требования к инженерно-технической укрепленности тяговых подстанций - в соответствии с [2] для класса защиты 3.

5.3.1.4 Силовые и контрольные кабели по территории тяговой подстанции прокладывают:

- в грунте при количестве параллельно прокладываемых на данном участке кабелей до 7 включительно;

- в наземных лотках при количестве параллельно прокладываемых на данном участке кабелей свыше 7.

Лотки, предназначенные для прокладки кабелей, как правило, устанавливаются на железобетонные прокладки, укладываемые на щебеночное основание.

5.3.1.5 На территории тяговой подстанции предусматривают:

- проезды для автотранспорта шириной не менее 3,5 м с щебеночным покрытием толщиной не менее 150 мм на песчаной подушке толщиной не менее 150 мм;

- пешеходные дорожки для прохода между всеми распределительными устройствами и открыто расположенным

оборудованием.

5.3.1.6 Территория тяговой подстанции должна быть оборудована электрическим освещением. Требования к уровню освещенности территории - по ГОСТ Р 54984. Для размещения светильников наружного освещения могут быть использованы строительные конструкции при условии выполнения требований к минимально допустимым расстояниям до находящихся под напряжением токоведущих частей при техническом обслуживании светильников и замене ламп в них. Если возможность расположить светильники наружного освещения на строительных конструкциях отсутствует, то следует предусматривать прожекторные мачты или высокомачтовые осветительные установки.

5.3.1.7 Пожарную безопасность на территории тяговой подстанции необходимо обеспечить в соответствии с действующими нормативными правовыми и нормативными техническими документами в области пожарной безопасности.

5.3.2 Требования к зданиям

5.3.2.1 На тяговых подстанциях здания капитального типа предусматривают в следующих случаях:

- при необходимости размещения комплектных распределительных устройств с элегазовой изоляцией в соответствии с 5.4.2.1, перечисление в);

- в случаях, указанных в перечислении б) 5.4.3.2;

- когда тяговая подстанция, в соответствии с 5.5, имеет постоянное дежурство персонала.

5.3.2.2 Объем и количество вновь сооружаемых зданий выбирают минимально возможными исходя из:

- необходимости размещения всего основного и вспомогательного оборудования;

- необходимости обеспечения необходимых изоляционных расстояний и проходов между оборудованием размерами в свету не менее установленных в 5.4.1.1;

- недопустимости образования опасных мест;

- необходимости выполнения требований настоящего свода правил.

5.3.2.3 На тяговых подстанциях, расположенных вблизи водопропускных сооружений и вдоль водотоков в пределах разлива паводковых вод, отметку пола зданий подстанции следует назначать не

ниже отметки головки рельса главного пути в этом месте.

5.3.2.4 Окна в зданиях тяговых подстанций, как правило, не предусматривают. Исключения допускаются только для помещений, предназначенных для длительного пребывания дежурного персонала (когда подстанция, в соответствии с 5.5, имеет постоянное дежурство персонала). Окна и воздухозаборные отверстия должны быть оборудованы решетками. Решетки на окнах помещений, предназначенных для длительного пребывания дежурного персонала, должны иметь возможность открывания изнутри с помощью ключа.

Входные наружные двери зданий тяговых подстанций и всех закрытых распределительных устройств должны быть металлическими, открывающимися наружу и оборудованными врезными замками, открывающимися изнутри без ключа, и приспособлением для фиксации створок дверей в открытом положении.

5.3.2.5 Здания тяговых подстанций следует выполнять без внутреннего противопожарного водопровода.

При расстоянии от внешней границы территории тяговой подстанции до систем централизованного водоснабжения до 500 м следует предусматривать наружное пожаротушение зданий, сооружений и оборудования подстанций с трансформаторами единичной мощностью 63 МВА и более из этих систем или из емкостей (резервуаров, водоемов), пополняющихся из водопровода. Расчетный пожарный расход воды принимают наибольший из необходимых для тушения пожара зданий подстанций или масляных трансформаторов.

В остальных случаях устройства наружного пожаротушения зданий, сооружений и оборудования подстанций допускается не предусматривать.

5.3.2.6 Отопление зданий и отдельных помещений тяговой подстанции выполняют таким образом, чтобы обеспечивалось соблюдение требований к воздуху рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005. Кроме того, должна быть обеспечена возможность автоматического поддержания температуры воздуха рабочей зоны на уровне:

- в помещениях закрытых распределительных устройств - от 5°С до 10°С;

- в помещениях, предназначенных для длительного пребывания дежурного персонала - от 16°С до 22°С;

- в помещениях, в которых расположены аккумуляторные батареи - не ниже температуры, установленной изготовителем аккумуляторов, а при отсутствии указаний изготовителя аккумуляторов - не ниже 5°C.

В помещениях закрытых распределительных устройств должна, кроме того, быть предусмотрена возможность доведения температуры воздуха рабочей зоны на время ремонтных работ до 17°C.

5.3.2.7 Помещения подстанций должны быть оборудованы рабочим и аварийным электрическим освещением. Требования к уровню освещенности помещений - по ГОСТ Р 54984. В помещениях распределительных устройств светильники следует размещать таким образом, чтобы при техническом обслуживании светильников и замене ламп в них обеспечивалось выполнение требований к минимально допустимым расстояниям до находящихся под напряжением токоведущих частей.

5.3.3 Требования к железнодорожным подъездным путям тяговых подстанций

5.3.3.1 Если на тяговой подстанции предполагается размещение силовых трансформаторов массой 60 000 кг и более, то железнодорожный подъездной путь тяговой подстанции должен иметь примыкание к путям станции, а при расположении подстанции на перегоне – к одному из главных путей перегона. У входа на территорию подстанции железнодорожный подъездной путь тяговой подстанции должен разветвляться на два параллельных тупиковых пути. В остальных случаях железнодорожный подъездной путь подстанции может примыкать к путям станции или перегона под произвольным углом без стрелочного перевода. Разность отметок уровня головки рельса между путями станции или перегона и подъездного пути подстанции в этом случае не должна превышать 2 м.

5.3.3.2 Если железнодорожный подъездной путь тяговой подстанции имеет примыкание к путям станции или перегона со стрелочным переводом, то на тяговой подстанции следует предусматривать места для установки и подключения передвижных тяговых подстанций. В остальных случаях места для установки и подключения резервных передвижных тяговых подстанций следует предусматривать вне территории подстанции.

5.3.4 Требования к фундаментам силовых трансформаторов

Для установки силовых трансформаторов с высшим напряжением 20 кВ и выше предусматривают фундаменты без кареток (катков) и рельсов.

5.3.5 Требования к масляному хозяйству

5.3.5.1 На тяговых подстанциях с маслонаполненным оборудованием, не имеющих железнодорожного подъездного пути, примыкающего к путям станции или перегона, предусматривают:

- металлические резервуары для хранения трансформаторного масла - один для чистого масла емкостью 100% объема наибольшего трансформатора, второй - емкостью 5 м³ для слива масла;
- как правило, переносные насосы для перекачки масла и щитки для их подключения.

На всех остальных тяговых подстанциях масляное хозяйство не предусматривают.

5.3.5.2 На всех тяговых подстанциях для каждой единицы маслонаполненного оборудования с массой масла 1 000 кг и более должна быть предусмотрена система стока масла, не допускающая растекания масла и проникновения его в почву, в соответствии с приложением А.

5.4 Требования к компоновке и конструктивному исполнению распределительных устройств

5.4.1 Общие требования

5.4.1.1 Компоновка и конструктивное исполнение распределительных устройств тяговых подстанций должны быть выполнены таким образом, чтобы:

- вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или другие сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т.п.), не приводили к повреждению оборудования или возникновению короткого замыкания, а также не причиняли вреда обслуживающему персоналу;

- обеспечивалась возможность удобной транспортировки оборудования;

- при снятии рабочего напряжения с какого-либо присоединения (какой-либо цепи) обеспечивалась возможность безопасного выполнения осмотров, замены и ремонтов, относящихся к этому присоединению (цепи) аппаратов, токоведущих частей и конструкций без нарушения

нормальной работы соседних присоединений;

- расстояния между токоведущими частями разных фаз и между токоведущими и заземленными частями составляли не менее:

1) указанных в таблице 5.2 - для ошиновки напряжением 25 и 2х25 кВ;

2) установленных правилами [3] - для всех остальных категорий распределительных устройств;

- ширина проходов между оборудованием составляла не менее установленных правилами [3].

5.4.1.2 Распределительные устройства всех видов конструктивного исполнения должны быть оборудованы оперативной блокировкой неправильных действий при переключениях в электроустановках (сокращенно - оперативной блокировкой) в соответствии с ГОСТ 12.2.007.4, а также иными видами оперативной блокировки, препятствующими выполнению операций одними коммутационными аппаратами при определенных положениях других коммутационных аппаратов.

5.4.1.3 Для соединения выводов обмоток силовых трансформаторов с соответствующими шкафами распределительных устройств рекомендуется применять кабельные линии или комплектные изолированные токопроводы.

5.4.1.4 Распределительные устройства напряжением выше 1000 В должны быть оборудованы стационарными заземляющими ножами, обеспечивающими заземление аппаратов и ошиновки.

5.4.1.5 При сооружении распределительных устройств применяют, как правило, комплектные шкафы заводского изготовления. Исключения допускаются для тех элементов и оборудования распределительных устройств, для которых комплектные шкафы не выпускаются промышленностью.

Таблица 5.2 - Требования к минимально допустимым расстояниям между токоведущими частями разных фаз и между токоведущими и заземленными частями для напряжения 25 и 2х25 кВ

Наименование расстояния	Минимально допустимое расстояние, мм, для напряжения, кВ			
	25	35,4 ¹⁾	43,3 ²⁾	50 ³⁾
От токоведущих частей или от элементов оборудования и изоляции, находящихся под напряжением, до заземленных конструкций или постоянных внутренних ограждений высотой не менее 2 м	330	330	330	330
Между проводами разных фаз	350	450	500	600
От токоведущих частей или от элементов оборудования и изоляции, находящихся под напряжением, до постоянных внутренних ограждений высотой 1,6 м и до габаритов транспортируемого оборудования	1100	1100	1100	1100
Между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях при обслуживаемой нижней цепи и не отключенной верхней	1100	1200	1250	1300
От неогражденных токоведущих частей до земли или до кровли зданий при наибольшем провисании проводов	3100	3100	3100	3100
Между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях, а также между токоведущими частями разных цепей по горизонтали при обслуживании одной цепи и неотключенной другой, от токоведущих частей до верхней кромки внешнего забора, между токоведущими частями и зданиями или сооружениями	2350	2450	2450	2500
От контакта разъединителя в отключенном положении до ошиновки, присоединенной ко второму контакту	485	485	485	485
¹⁾ 35,4 кВ - напряжение между шинами двух плеч питания при использовании симметрирующих трансформаторов ($25 \text{ кВ} \times \sqrt{2}$). ²⁾ 43,3 кВ - напряжение между шинами двух плеч питания в системах 25 кВ и 2 х 25 кВ ($25 \text{ кВ} \times \sqrt{3}$). ³⁾ 50 кВ - напряжение между шинами питающего и контактного проводов одного плеча питания в системе тягового электроснабжения 2 х 25 кВ				

5.4.2 Требования к компоновке и конструктивному исполнению распределительных устройств напряжением 220кВ и выше

5.4.2.1 Для тяговых подстанций допускается применение следующих вариантов конструктивного исполнения распределительных устройств напряжением 220 кВ и выше:

а) отдельные элементы элегазового оборудования - элегазовые выключатели и измерительные трансформаторы с полимерной либо фарфоровой внешней и элегазовой внутренней изоляцией;

б) комбинированные устройства, представляющие собой выключатель, разъединитель, заземляющие ножи, трансформаторы тока и напряжения, заключенные в общую оболочку, заполненную элегазом;

в) комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией по ГОСТ Р 54828.

5.4.2.2 Вариант, указанный в 5.4.2.1, перечисление а), является основным. Его применяют при отсутствии ограничений на площадь, занимаемую распределительным устройством.

Вариант, указанный в 5.4.2.1, перечисление б), применяют с разрешения владельца инфраструктуры в стесненных или геологически сложных условиях, когда высокая стоимость устройства компенсируется сокращением расходов на отвод или подготовку площадки для сооружения подстанции.

Вариант, указанный в 5.4.2.1, перечисление в), применяют в исключительных случаях с разрешения владельца инфраструктуры при сооружении тяговых подстанций в границах перспективного развития крупных городов, заповедников, национальных парков. Техничко-экономическая эффективность применения данного варианта на стадии проектирования подлежит обоснованию в сравнении с вариантом, указанным в 5.4.2.1, перечисление б).

5.4.2.4 Сборные и соединительные шины распределительных устройств напряжением 220 кВ и выше следует, как правило, выполнять жесткими из труб из алюминия или сплавов на его основе. Исключения допускаются на тяговых подстанциях, расположенных вблизи морских побережий, соленых озер, химических предприятий и т.п. местах, где следует применять гибкую ошиновку, выполненную специальными защищенными от коррозии алюминиевыми или сталеалюминевыми проводниками в соответствии с установленной ГОСТ 839 областью

применения этих проводов.

5.4.2.5 Для подвески гибкой и крепления жесткой ошиновки следует применять полимерные изоляторы.

5.4.2.6 Ответвления от проводов и шин, а также присоединения их к аппаратным зажимам следует, как правило, производить опрессовкой, в том числе методом взрыва, или сваркой. Исключения допускаются только для ответвлений к разрядникам, ограничителям перенапряжений, конденсаторам связи и трансформаторам напряжения, а также для мест соединения ошиновки с выводами аппаратов, которые могут быть болтовыми.

Механический расчет ошиновки для определения максимальных усилий в ошиновке, стрел провеса и отклонений выполняют в соответствии с правилами [3].

5.4.2.7 На тяговых подстанциях следует применять:

- разъединители по ГОСТ Р 52726;
- вводы силовых трансформаторов, коммутационных аппаратов и комплектных распределительных устройств с твердой изоляцией;
- выключатели по ГОСТ Р 52565 с пружинным приводом;
- трансформаторы тока по ГОСТ 7746;
- трансформаторы напряжения в антирезонансном исполнении по ГОСТ 1983.

5.4.2.8 Применение отдельно стоящих трансформаторов тока допускается только в тех случаях, когда для целей измерения или обеспечения работоспособности защит нет возможности использовать трансформаторы тока, встроенные в силовые трансформаторы или выключатели.

В случаях, когда необходимо измерение тока и напряжения в одной и той же цепи, применяют комбинированные устройства, содержащие трансформаторы тока и напряжения в одном корпусе.

5.4.2.9 Компоновка распределительных устройств, выполненных по вариантам, указанным в 5.4.2.1, перечисления а) и б), должна обеспечивать возможность проведения технического обслуживания и ремонта выключателей и измерительных трансформаторов с применением автокранов, гидроподъемников или телескопических вышек преимущественно без снятия напряжения с соседних присоединений, а также возможность подъезда к оборудованию передвижных

лабораторий.

5.4.3 Требования к компоновке и конструктивному исполнению распределительных устройств напряжением от 10 до 35кВ (включая 2х25 кВ)

5.4.3.1 Для тяговых подстанций применяют следующие варианты конструктивного исполнения распределительных устройств переменного тока напряжением от 10 до 35кВ (включая 2х25 кВ):

а) комплектные распределительные устройства с воздушной изоляцией, размещаемые в зданиях капитального типа;

б) комплектные распределительные устройства с воздушной изоляцией, размещаемые в мобильных зданиях.

5.4.3.2 Вариант, указанный в 5.4.3.1 перечисление а), следует применять при сооружении тяговых подстанций в холодном макроклиматическом районе по ГОСТ 16350, а также независимо от климата в границах перспективного развития крупных городов, в черте заповедников и национальных парков. Вариант, указанный в 5.4.3.1, перечисление б), следует применять во всех остальных случаях.

5.4.3.3 На тяговых подстанциях в составе конструкции комплектных распределительных устройств, указанных в 5.4.3.1, следует применять комплектные шкафы заводского исполнения с медными сборными и соединительными шинами, не требующие при техническом обслуживании и ремонте двустороннего подхода, с выкатными и (или) подъемно-опускными элементами, на которых расположены выключатели и измерительные трансформаторы. Допускается фиксация выкатных и (или) подъемно-опускных элементов внутри шкафов и подключение токопроводящих шин к выключателям и (или) измерительным трансформаторам болтовыми соединениями.

5.4.3.4 Площадь помещения, в котором расположено распределительное устройство, должна быть достаточной для хранения одного запасного выкатного и (или) подъемно-опускного элемента с выключателем вне зависимости от количества присоединений.

5.4.3.5 На тяговых подстанциях следует применять:

- вакуумные или элегазовые выключатели переменного тока без масляной изоляции по ГОСТ Р 52565:

1) напряжением выше 20кВ - с пружинным приводом;

2) напряжением до 20 кВ включительно - либо с электромагнитным

приводом, потребляющим при подготовке к включению и включении выключателя мощность не более 90 Вт или 120 В А, либо с пружинным приводом;

- трансформаторы тока по ГОСТ 7746 с литой изоляцией;
- трансформаторы напряжения в антирезонансном исполнении по ГОСТ 1983 с литой изоляцией.

5.4.3.6 При подключении отходящих линий кабелем в распределительных устройствах следует предусматривать систему диагностирования прочности изоляции отходящих кабельных линий.

5.4.3.7 На тяговых подстанциях не следует предусматривать распределительные устройства переменного тока напряжением от 10 до 35 кВ, не относящиеся к электроснабжению железной дороги.

5.4.4 Требования к компоновке и конструктивному исполнению распределительных устройств напряжением до 1000 В

Для тяговых подстанций требования к компоновке и конструктивному исполнению распределительных устройств собственных нужд - в соответствии с требованиями владельца инфраструктуры. На тяговых подстанциях с высшим напряжением 220кВ и выше не следует предусматривать распределительные устройства напряжением до 1000 В переменного тока, не относящиеся к электроснабжению собственных нужд подстанции.

5.4.5 Требования к силовым трансформаторам

5.4.5.1 На тяговых подстанциях, как правило, следует применять силовые трансформаторы или автотрансформаторы по ГОСТ 11677, ГОСТ Р 51559 или ГОСТ Р 52719:

- с высшим напряжением 220 кВ и выше - масляные с устройствами регулирования напряжения под нагрузкой;
- с высшим напряжением от 20 до 35 кВ - масляные с устройствами переключения ответвлений без возбуждения;
- с высшим напряжением до 20кВ включительно - сухие с устройствами переключения ответвлений без возбуждения.

Исключения допускаются по согласованию с владельцем инфраструктуры.

Примечание - В тексте настоящего пункта по отношению к силовым трансформаторам и автотрансформаторам, если не требуется специального разделения, применяется термин "трансформатор".

5.4.5.2 Выводы нейтрали обмоток напряжением 220 кВ и выше силовых трансформаторов должны быть глухо заземлены.

5.4.5.3 Размещение силовых трансформаторов следует выполнять в соответствии с правилами [3].

5.4.5.4 Резервирующие друг друга силовые трансформаторы должны иметь параметры, допускающие возможность параллельной работы этих трансформаторов:

- одинаковые группы соединений обмоток, соотношение номинальных мощностей не превышает 1:3;
- коэффициенты трансформации различаются не более чем на $\pm 0,5\%$;
- напряжения короткого замыкания различаются не более чем на $\pm 10\%$ среднего арифметического значения;
- произведена фазировка трансформаторов.

5.5 Требования к способам оперативного обслуживания тяговых подстанций

5.5.1 Способ оперативного обслуживания для каждой тяговой подстанции выбирают из числа следующих:

- а) без дежурного персонала;
- б) с постоянным дежурством на подстанции персонала в одно лицо и правом отдыха в специально оборудованной комнате;
- в) с постоянным дежурством на подстанции персонала в одно лицо.

5.5.2 Способы оперативного обслуживания, указанные в 5.5.1, перечисления б) и в), применяют на тяговых подстанциях с высшим напряжением 220 и выше, относящихся по схеме внешнего электроснабжения к опорным.

На всех остальных тяговых подстанциях применяют способы оперативного обслуживания, указанные в 5.5.1, перечисление а).

5.6 Требования к заземлению и защите от перенапряжений

5.6.1 Основные требования к заземлению

5.6.1.1 Заземляющие устройства тяговых подстанций выполняют с соблюдением требований правил [3] и инструкции [4].

5.6.2 Требования к защите от перенапряжений

5.6.2.1 Для защиты распределительных устройств и оборудования от перенапряжений следует применять ограничители перенапряжений:

- в распределительных устройствах переменного тока напряжением 2х25 кВ - по ГОСТ Р 55167;

- во всех остальных распределительных устройствах - по ГОСТ Р 52725.

5.6.2.2 Требования к месту размещения ограничителей перенапряжений в распределительных устройствах трехфазного переменного тока и на отходящих от них линиях электропередачи - в соответствии с правилами [3]. К распределительным устройствам напряжением 2х25 кВ и отходящим от них питающим линиям следует применять те требования правил [3], которые установлены для трехфазных электроустановок напряжением 35 кВ.

5.7 Требования к количеству силовых трансформаторов

5.7.1 При выборе количества и мощности силовых трансформаторов следует соблюдать следующие общие требования:

- количество трансформаций электроэнергии должно быть минимально возможным;

- не следует применять трех- и четырехобмоточные трансформаторы в тех случаях, когда их третья (четвертая) обмотка не будет использоваться.

5.7.2 Для питания нетяговых железнодорожных потребителей межподстанционных зон на тяговых подстанциях должно быть предусмотрено не меньше двух дополнительных силовых трехфазных двухобмоточных трансформаторов с первичным (высшим) напряжением согласно п. 4.1 и вторичным (низшим) напряжением до 20 кВ, мощность которых определяется расчетным путем.

5.7.3 На тяговых подстанциях, с учетом оценки риска, проводимой в соответствии с ГОСТ Р 54505, предусматривают три однофазных трансформатора (два основных и один резервный, который должен иметь возможность включения взамен любого из основных), мощность каждого из которых удовлетворяет условиям, изложенным в разделе 4. Допускается применение трёхфазных трансформаторов, включая трансформаторы с симметрирующим эффектом, при этом устанавливаются, как правило, два трёхфазных трансформатора (один основной и один резервный, который должен иметь возможность включения взамен основного), мощность каждого из которых удовлетворяет условиям, установленным в разделе 4.

Исключения допускаются в случаях, когда единичной мощности серийно выпускаемых трансформаторов недостаточно для выполнения условий, установленных в разделе 4. В этих случаях должны вместо одного или обоих основных трансформаторов следует предусматривать соответственно один или два трансформатора, соединенных параллельно, и один резервный, который должен иметь возможность включения взамен любого из основных.

5.8 Требования к схемотехническим решениям распределительных устройств

5.8.1 Общие требования к схемотехническим решениям распределительных устройств

5.8.1.1 Схемы распределительных устройств выбирают в зависимости от количества силовых трансформаторов с обмотками соответствующего напряжения и количества присоединений. Кроме того, в обоснованных случаях и по согласованию с владельцем инфраструктуры схема распределительного устройства должна учитывать возможность его поэтапного развития.

5.8.1.2 При выборе схем распределительных устройств питающего напряжения следует учитывать требования территориальных сетевых или иных энергоснабжающих организаций. При этом выбранная схема должна исключать потерю питания любого из понижающих трансформаторов при отключении одной из питающих линий.

5.8.1.3 Разъединители в распределительных устройствах напряжением выше 1000 В применяют в следующих случаях:

а) с обеих сторон от выключателей (за исключением распределительных устройств напряжением до 35 кВ включительно (включая 2х25 кВ), в которых выключатели размещены на выкатных и (или) подъемно-опускных элементах) следующих присоединений:

1) выключателей отходящих линий электропередачи и питающих линий электротяговой сети;

2) секционных и шиносоединительных выключателей;

3) выключателей силовых трансформаторов с числом обмоток 3 и более;

б) между сборными шинами и выключателями присоединений двухобмоточных силовых трансформаторов, в т.ч. трансформаторов собственных нужд (за исключением распределительных устройств, в

которых выключатели размещены на выкатных(или) подъемно-опускных элементах);

в) для секционирования сборных шин распределительных устройств (кроме исключений, указанных в перечислениях а) и б));

г) между сборными шинами и предохранителями трансформаторов напряжения в распределительных устройствах напряжением до 35 кВ включительно (включая 2х25 кВ) за исключением следующих случаев:

1) когда трансформаторы напряжения подключены к линиям электропередачи;

2) когда трансформаторы напряжения размещены на выкатных и (или) подъемно-опускных элементах комплектных распределительных устройств;

д) между сборными шинами и выводами обмоток трансформаторов напряжения в распределительных устройствах напряжением 220 кВ и выше (за исключением случаев, когда трансформаторы напряжения подключены к линиям электропередачи);

е) в случаях, когда необходимо образование развилки из разъединителей в цепях, полностью или частично резервирующих друг друга.

5.8.1.4 Распределительные устройства напряжением до 1000 В должны иметь в каждой из своих цепей коммутационные аппараты, позволяющие обеспечить видимый разрыв при отключении основного оборудования данного присоединения (обмотки силового или измерительного трансформатора, выключателя, предохранителя, преобразователя) от сборных шин и (или) отходящих линий. Исключения допускаются для тех присоединений, где имеются предохранители и видимый разрыв может быть обеспечен их снятием.

5.8.1.5 Применяют следующие варианты секционирования сборных шин распределительных устройств:

а) секционирование на две секции выключателем - для распределительных устройств напряжением выше 1000 В трехфазного переменного тока, получающих питание не менее, чем от двух силовых трансформаторов и имеющих присоединения трансформаторов собственных нужд либо взаиморезервирующих отходящих линий электропередачи;

б) секционирование на две секции двумя последовательно

включенными разъединителями или одной перемычкой, размещаемой на выкатном и(или) подъемно-опускном элементе - для распределительных устройств напряжением выше 1000 В трехфазного переменного тока, не удовлетворяющих установленным в перечислении а) условиям;

в) секционирование сборных шин на одну соединительную и две рабочие секции двумя последовательно включенными разъединителями или одной перемычкой, размещаемой на выкатном(или) подъемно-опускном элементе - для распределительных устройств напряжением 2х25 кВ;

г) без секционирования - для распределительных устройств, не удовлетворяющих условиям, установленным в перечислениях а) - в).

5.8.1.6 Распределение питающих линий по секциям сборных шин распределительных устройств 2х25 кВ переменного тока должно быть таким, чтобы питание всех секций контактной сети главных путей (при необходимости - через продольные разъединители) обеспечивалось при снятии напряжения с одной из секций сборных шин. Питание всех секций контактной сети одной и той же межподстанционной зоны должно обеспечиваться напряжением одной фазы.

5.8.1.7 Распределительные устройства напряжением 2х25 кВ тяговых подстанций должны иметь обходную шину и по одному запасному выключателю на каждую из секций сборных шин. Каждая из питающих линий должна быть соединена с обходной шиной через разъединитель.

5.8.1.8 Каждая из отходящих от тяговой подстанции питающих линий и линий электропередачи должна, как правило, иметь линейный разъединитель, расположенный следующим образом:

а) для питающих линий, выполненных кабелем по всей длине - на опоре в месте подключения питающей линии к контактной сети;

б) для питающих линий и линий электропередачи, имеющих кабельную вставку на выходе из распределительного устройства - на опоре в месте перехода кабельного участка в воздушный;

в) для питающих линий, не имеющих кабельных вставок - на концевой опоре питающей линии со стороны подстанции;

г) для линий электропередачи, не имеющих кабельных вставок напряжением до 20кВ включительно - на концевой опоре линии электропередачи;

д) для линий электропередачи, не имеющих кабельных вставок напряжением выше 20кВ - на концевой опоре либо на общей или самостоятельной конструкции.

Исключением являются линии электропередачи, выполненные кабелем по всей своей длине, на которых линейный разъединитель не предусматривают.

5.8.1.9 На тяговых подстанциях, кроме расположенных в районах по толщине стенки гололёда I по СП 20.13330, должна быть предусмотрена возможность сборки схемы для плавки гололёда на проводах воздушных линий электропередачи напряжением 220 кВ и выше, а также плавки гололёда и профилактического подогрева проводов контактной сети.

5.8.1.10 На тяговых подстанциях двигателем приводом должны быть оборудованы следующие разъединители:

- линейные отходящих линий электропередачи, предназначенных для основного или резервного питания СЦБ, а также линий электропередачи напряжением 220 кВ и выше;

- линейные и дублирующие линейные питающих линий;

- указанные в 5.8.1.7.

5.8.1.11 По согласованию с владельцем инфраструктуры для повышения качества потребления электроэнергии на тягу поездов, повышения коэффициента мощности и стабилизации уровня напряжения в электротяговой сети на тяговых подстанциях могут применяться установки компенсации, либо другие устройства оптимизации качества электроэнергии.

5.8.2 Дополнительные требования к схмотехническим решениям распределительных устройств напряжением выше 1000 В переменного тока, специализированных для подключения линий электропередачи автоблокировки

5.8.2.1 Количество распределительных устройств напряжением выше 1000 В переменного тока, специализированных для подключения линий электропередачи автоблокировки, на каждой тяговой подстанции должно быть выбрано таким образом, чтобы от одного распределительного устройства отходило не более двух линий электропередачи автоблокировки. При необходимости подключения к одной и той же тяговой подстанции трёх и более линий электропередачи автоблокировки следует предусматривать второе, и, при необходимости,

третье распределительное устройство.

5.8.2.2 Сборные шины распределительных устройств напряжением выше 1000 В переменного тока, специализированных для подключения линий электропередачи автоблокировки, не секционируют.

5.9 Требования к сети собственных нужд, сети оперативного тока и кабельному хозяйству

5.9.1 На тяговых подстанциях следует предусматривать трёхфазную сеть собственных нужд напряжением 0,4 кВ и сеть постоянного оперативного тока напряжением 230 В в соответствии с требованиями, устанавливаемыми владельцем инфраструктуры.

5.9.2 Резервирующие друг друга силовые и контрольные кабели сети собственных нужд и сети оперативного тока следует прокладывать по разным трассам.

5.9.3 Требования к прокладке кабелей по территории тяговой подстанции - в соответствии с 5.3.1.4.

6 Проектирование тяговой сети

6.1 Требования к контактной сети

6.1.1 Требования к габаритным расстояниям и зазорам

6.1.1.1 Расстояния от нижней точки проводов тяговой сети при наибольшей стреле провеса до поверхности земли и сооружений, а также расстояния между проводами различных линий при их взаимном пересечении или сближении должны быть не менее приведенных в таблице 6.1.

6.1.1.2 Все элементы контактной сети, за исключением контактной подвески, консолей и фиксаторов, должны быть расположены за пределами габарита приближения строений:

- С400 на участках пропуска высокоскоростных поездов, движущихся со скоростью от 200 до 400 км/ч;
- С400Т – в железнодорожных тоннелях;
- С по ГОСТ 9238 – на путях, не предусматривающих движение поездов со скоростью более 200 км/ч.

6.1.1.3 Высота подвеса рабочего контактного провода должна быть не менее 5620 мм и не более 6200 мм от уровня головок рельсов (УГР). Указанная высота должна быть выдержана с учетом всех возможных климатических и механических воздействий на контактную сеть, износа

контактного провода, а также погрешностей сооружения пути и контактной подвески.

6.1.1.4 Номинальная высота рабочего контактного провода у опор контактной сети на перегонах должна составлять 5900 мм от УГР.

В исключительных случаях при проходе линии через существующие железнодорожные сооружения при скоростях движения до 200 км/ч допускается понижение высоты с уклонами в соответствии с таблицей 6.6.

6.1.1.5 Габарит опор контактной сети (расстояние от оси пути до ближайшей грани стоек опор на уровне головки рельса) должен составлять не менее:

- 3500 мм на главных путях участков пропуска высокоскоростных поездов, движущихся со скоростью от 200 до 400 км/ч;
- 3300 мм на главных путях участков, не предусматривающих движение поездов со скоростью более 200 км/ч;
- 3100 мм на второстепенных путях станций.

6.1.1.6 Расстояние от фундаментов опор до кабельных лотков должно составлять не менее 50 мм с учетом допуска на габарит фундамента.

Таблица 6.1

Наименование объектов пересечения или сближения		Наименьшее расстояние от проводов (кабелей), м:		
		отсасывающих, обратных, группового заземления	питающих и усиливающих проводов напряжением 3 кВ	питающих проводов и питающих линий напряжением 25 кВ
Поверхность земли в:	населенной местности	6,0	7,0	7,0
	ненаселенной местности	5,0	6,0	6,0
	пределах искусственных сооружений и трудно-доступных местах	4,0	5,0	5,0
	недоступных местах	1,0	2,5	3,0
Головки рельсов неэлектрифицированного пути		7,5	7,5	7,5
Поверхность автомобильной дороги		7,0	7,0	7,0
Провод троллейбусных и трамвайных линий		1,5	3,0	3,0

Окончание таблицы 6.1

Наименование объектов пересечения или сближения	Наименьшее расстояние от проводов (кабелей), м:		
	отсасывающих, обратных, группового заземления	питающих и усиливающих проводов напряжением 3 кВ	питающих проводов и питающих линий напряжением 25 кВ
Настил пешеходных мостов (при устройстве над мостом предохранительного щита)	4,0	4,5	5,0
Поверхность пассажирских платформ (при двойном креплении проводов), по которым не осуществляется проезд транспортных средств	4,5	7,0	7,0
Крыши производственных зданий	3,0	3,0	3,0
Кроны деревьев	1,0	2,0	3,0
Примечания			
1 Населенная местность – городская черта с перспективой развития на 10 лет, курорты, поселки, населенные пункты, железнодорожные станции.			
2 Ненаселенная местность – незастроенная местность, редко стоящие строения, перегоны, включая остановочные пункты.			
3 Труднодоступные места – недоступные для транспорта и машин, откосы насыпей и выемок; территория железнодорожных путей высокоскоростной магистрали в пределах ограждения от несанкционированного проникновения посторонних людей и животных.			
4 Недоступные места - склоны гор, скал, утесов.			

6.1.1.7 Минимальные допускаемые расстояния между элементами контактной сети и частями токоприемника, находящимися под напряжением, до заземленных частей сооружений и подвижного состава (электрические зазоры) приведены в табл. 6.2.

Указанные расстояния должны соблюдаться на протяжении всего срока эксплуатации контактной сети с учетом возможных климатических и механических воздействий.

6.1.1.8 Расстояния между проводами контактной сети в местах их подвешивания на опорах и в пределах пролетов должны быть не менее приведенных в таблице 6.3.

6.1.19 Расстояние от проводов, находящихся под напряжением, до ближайших заземленных частей стоек опор должно составлять не менее 800 мм.

6.1.1.10 Расстояние от проводов контактной сети до шумозащитного экрана должно составлять не менее 800 мм.

Таблица 6.2

Расстояние	Относительное номинальное напряжение, кВ	Минимально допускаемые электрические зазоры, мм	
		статические	динамические
Между элементами контактной сети постоянного тока напряжением 3 кВ и заземленными частями сооружений или подвижного состава	3,0	150	50
Между элементами контактной сети переменного тока напряжением 25 кВ и заземленными частями сооружений или подвижного состава	25,0	270	150
Между элементами контактной сети переменного тока различных электрических секций при напряжении 25 кВ и разности фаз 120 эл. градусов	43,3	400	230
Между элементами контактной подвески переменного тока напряжением 25 кВ и элементами питающих проводов системы 2х25 кВ	50,0	540	300

Таблица 6.3

Расстояние	Относительное номинальное напряжение, кВ	Наименьшее расстояние, м:	
		В местах подвешивания на опорах	В пролете (при наиболее неблагоприятных условиях)
Между проводами контактной сети переменного тока различных электрических секций (питающие провода, питающие линии, несущие тросы, обратные провода и др.)	50,0	2,2	1,0
	43,3	2,0	0,8
	25,0	1,7	0,6
Между проводами контактной сети постоянного тока различных электрических секций (питающие линии, несущие тросы, усиливающие провода и др.)	3,0	1,5	0,6
Между различными проводами контактной сети, находящимися в одной электрической секции	0	0,5	0,1

6.1.2 Климатические условия. Нагрузки и воздействия

6.1.2.1 При проектировании контактной сети климатические условия принимаются в зависимости от условий местности в соответствии с СП 131.13330.2012 и СП 20.13330.2011, а также по данным многолетних наблюдений метеостанций, расположенных вблизи проектируемой трассы.

6.1.2.2 Нагрузки и воздействия на провода и конструкции контактной сети должны приниматься в соответствии с «Нормами проектирования контактной сети» СТН ЦЭ 141-99. При этом коэффициент надежности по ответственности на высокоскоростном участке должен приниматься равным 1,2.

6.1.2.3 Максимальная расчетная температура проводов контактной

сети должна приниматься с учетом дополнительного нагрева солнечной радиацией и тяговым током по результатам тяговых и электрических расчетов.

6.1.3 Провода и тросы контактной сети

6.1.3.1 В контактной подвеске должны применяться бронзовые контактные провода сечением 120 или 150 мм². Контактные провода должны соответствовать ГОСТ Р 55647 «Провода контактные из меди и ее сплавов для электрифицированных железных дорог. Технические условия» *(проект, актуализированная редакция с учетом применения проводов на высокоскоростных железнодорожных магистралях)*.

6.1.3.2 Несущие тросы контактной подвески должны выполняться из бронзовых многопроволочных проводов. Несущие тросы контактной сети должны соответствовать ГОСТ 32697 «Тросы контактной сети железной дороги несущие. Технические условия» *(проект, актуализированная редакция с учетом применения проводов на высокоскоростных железнодорожных магистралях)*.

6.1.3.3 Максимально допустимый местный износ контактного провода принимается равным 20% площади поперечного сечения.

6.1.3.4 Стыковки контактных проводов и несущих тросов в пределах анкерного участка контактной подвески не допускаются.

6.1.3.5 Максимально допустимое натяжение контактного провода K определяется на основе метода предельных состояний по формуле:

$$K = S \cdot \sigma_{\min} \cdot 0,65 \cdot k_{\text{temp}} \cdot k_{\text{wear}} \cdot k_{\text{icewind}} \cdot k_{\text{eff}} \cdot k_{\text{clamp}} \cdot k_{\text{joint}},$$

где S – площадь поперечного сечения контактного провода;

σ_{\min} – минимальное временное сопротивление при растяжении провода;

k_{temp} – коэффициент, учитывающий максимальную температуру нагрева контактного провода;

k_{wear} – коэффициент, учитывающий максимально допустимый местный износ контактного провода;

k_{icewind} – коэффициент, учитывающий внешние воздействия на контактный провод (нагрузка от гололеда и ветра);

«Тяговое электроснабжение высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства»

k_{eff} – коэффициент, учитывающий эффективность и точность задания натяжения провода компенсирующими устройствами;

k_{clamp} – коэффициент, учитывающий воздействие арматуры на контактный провод;

k_{joint} – коэффициент, учитывающий наличие сварных и паяных швов;

Рекомендуемые значения коэффициентов приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4

Коэффициент	Значение	Примечание
k_{temp}	1,00	Для бронзовых проводов при длительной температуре нагрева не более 100 °С
k_{wear}	0,80	При максимально допустимом местном износе провода 20%
k_{icewind}	0,95	Для компенсированной контактной подвески с учетом воздействия нагрузок от гололеда и ветра
k_{eff}	0,95...0,98	В зависимости от фактических характеристик компенсирующих устройств (значение должно быть подтверждено результатами испытаний)
k_{clamp}	1,00	При применении натяжной арматуры с разрушающей нагрузкой не менее разрывного усилия соединяемых проводов
k_{joint}	1,00	При отсутствии сварных и паяных швов

6.1.3.6 Максимально допустимое натяжение несущего троса T определяется на основе метода предельных состояний по формуле:

$$T = F_{\text{Pmin}} \cdot 0,65 \cdot k_{\text{temp}} \cdot k_{\text{wind}} \cdot k_{\text{ice}} \cdot k_{\text{eff}} \cdot k_{\text{clamp}} \cdot k_{\text{load}},$$

где F_{Pmin} – минимальное разрывное усилие несущего троса;

k_{temp} – коэффициент, учитывающий максимальную температуру нагрева несущего троса;

k_{wind} – коэффициент, учитывающий воздействие ветровой нагрузки;

k_{ice} – коэффициент, учитывающий воздействие гололедной

нагрузки;

k_{eff} – коэффициент, учитывающий эффективность и точность задания натяжения несущего троса компенсирующими устройствами;

k_{clamp} – коэффициент, учитывающий воздействие арматуры;

k_{load} – коэффициент, учитывающий дополнительную нагрузку на несущий трос от контактного провода.

Рекомендуемые значения коэффициентов приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.5

Коэффициент	Значение	Примечание
k_{temp}	1,00	Для бронзовых тросов при длительной температуре нагрева не более 100 °С
k_{wind}	0,95	Для компенсированной контактной подвески при максимальной скорости ветра более 27,7 м/с
k_{ice}	1,00	Для компенсированной контактной подвески
k_{eff}	0,95...0,98	В зависимости от фактических характеристик компенсирующих устройств (значение должно быть подтверждено результатами испытаний)
k_{clamp}	1,00	При применении натяжной арматуры с разрушающей нагрузкой не менее разрывного усилия соединяемых проводов
k_{load}	0,10	Для цепной контактной подвески с передачей нагрузки от контактного провода на несущий трос через струны

6.1.3.7 При выборе номинальных натяжений контактных проводов и несущих тросов дополнительно должны учитываться изменения натяжений в пределах анкерного участка вследствие реакций поворотных консолей и фиксаторов.

6.1.4 Требования к контактной подвеске

6.1.4.1 На ВСМ должна применяться одинарная цепная компенсированная вертикальная контактная подвеска. Необходимость применения рессорного троса в конструкции контактной подвески определяется по результатам математического моделирования взаимодействия токоприемников ЭПС с контактной подвеской.

6.1.4.2 Максимальная скорость движения электроподвижного состава должна составлять не более 70% от скорости распространения поперечной волны по контактной подвеске.

Скорость распространения поперечной волны V_C по контактной подвеске определяется по формуле:

$$V_C = \sqrt{\frac{T + K}{m_{HT} + m_{КП}}},$$

где T – натяжение несущего троса; K – натяжение контактного провода;

m_{HT} – распределенная масса несущего троса; $m_{КП}$ – распределенная масса контактного провода.

6.1.4.3 Максимальная эластичность контактной подвески, предназначенной для скоростей движения свыше 200 км/ч, не должна превышать 0,5 мм/Н.

6.1.4.4 Контактные провода на прямом участке пути должны быть расположены зигзагообразно относительно оси токоприемника с чередованием смещения зигзага у смежных опор. Величина зигзага при средней температуре должна быть не более ± 320 мм (номинальное значение ± 300 мм, допуск на регулировку ± 20 мм).

6.1.4.5 Односторонние зигзаги с одинаковыми значениями на прямых участках пути не допускаются. На изолирующих сопряжениях, воздушных стрелках и в других обоснованных случаях допускаются односторонние зигзаги с отличающимися не менее чем на 50 мм значениями на смежных опорах.

6.1.4.6 В обоснованных случаях (например, для согласования зигзагов контактного провода подвесок соседних путей) допускается установка на одной из опор зигзага, приближенного к нулю. При этом следует принимать меры по обеспечению минимального усилия от излома контактного провода в месте фиксации для того, чтобы дополнительный фиксатор гарантированно работал на растяжение. Для этого вместо нулевого значения зигзага рекомендуется использовать уменьшенное до $\pm 50 \dots \pm 100$ мм значение.

6.1.4.7 На кривых участках пути величину зигзага контактного провода устанавливают в зависимости от радиуса кривой и длины

пролета расчетным путем, но не более 400 мм. На кривых участках пути радиусом 10 000 м и более зигзаги контактного провода проектируются такими же как на прямых.

6.1.4.8 При экстремальных значениях температур зигзаг контактного провода не должен превышать 500 мм.

6.1.4.9 Сдвоенные контактные провода на участках постоянного тока в точках фиксации располагают на расстоянии от 40 до 60 мм друг от друга. Значения зигзагов для сдвоенных контактных проводов относятся к наружному от оси токоприемника проводу.

6.1.4.10 Зигзаги несущего троса должны соответствовать зигзагам контактного провода (контактная подвеска выполняется вертикальной).

6.1.4.11 Зигзаги контактного провода подвесок соседних путей должны быть согласованы, чтобы на опорах соседних путей, расположенных в створе, два обратных фиксатора не были направлены навстречу друг другу, сближаясь на расстояние менее 2,0 м в нормальных условиях или 0,8 м в стесненных условиях. Для выполнения этого условия опоры соседних путей могут быть смещены друг относительно друга на 2 м вдоль пути.

6.1.4.12 Ветровое отклонение контактного провода от оси токоприемника в пролете не должно превышать:

- 500 мм на прямых участках пути;
- 450 мм на кривых участках пути.

6.1.4.13 Длины пролетов контактной подвески при проектировании должны ограничиваться по критериям надежного токосъема, ветроустойчивости при максимальной скорости ветра и в режиме гололеда с ветром, соблюдения вертикального габарита контактного провода в режиме гололеда. При этом длины пролетов не должны превышать 70 м.

6.1.4.14 Максимально допускаемые длины пролетов со средней анкерровкой принимаются такими же как для промежуточных пролетов.

6.1.4.15 Максимально допускаемые длины переходных пролетов на неизолирующих и изолирующих сопряжениях определяются расчетным путем с учетом фактических значений зигзагов контактного провода и плана пути.

6.1.4.16 Длины промежуточных пролетов на высокоскоростных участках рекомендуется чередовать от пролета к пролету случайным

образом с разницей 1-5 м с целью снижения нежелательных резонансных явлений при взаимодействии контактной подвески с токоприемниками, а также для снижения склонности контактной подвески к автоколебаниям.

6.1.4.17 Длины двух смежных пролетов как правило не должны отличаться более чем на:

- 25% при скорости движения до 120 км/ч;
- 15% при скорости движения выше 120 км/ч.

6.1.4.18 Оптимальное значение стрелы провеса контактного провода в середине пролета определяется при проектировании по условию обеспечения наилучшего качества токосъема, но не более 0,0005 от длины пролета.

6.1.4.19 Расстояние между струнами рабочей контактной подвески как правило не должно превышать 10 м.

6.1.4.20 Конструктивная высота контактной подвески в обычных условиях должна составлять не менее 1,4 м, при проходе искусственных сооружений – не менее 0,8 м.

6.1.4.21 Контактная подвеска должна быть разделена на анкерные участки.

6.1.4.22 Изменение натяжений контактных проводов и несущих тросов в пределах анкерного участка вследствие реакций поворотных консолей и фиксаторов не должно превышать 5% от их номинальных натяжений.

6.1.4.23 При проектировании длины анкерных участков следует ограничивать по критериям соблюдения допускаемых механических и электрических расстояний при температурных перемещениях проводов и конструкций контактной сети, обеспечения допустимого приращения натяжения контактных проводов и несущих тросов в пределах анкерного участка не более 5% и обеспечения допустимых значений зигзагов контактного провода.

6.1.4.24 Расстояние от компенсированной до средней или жесткой анкеровки контактной подвески не должно превышать 800 м.

6.1.4.25 Положение средней анкеровки контактной подвески на анкерном участке должно определяться расчетом по условию примерного равенства приращения натяжений проводов с обеих сторон от средней анкеровки при изменении температуры. Разница между натяжениями контактных проводов и несущих тросов с двух сторон от

средней анкеровки, обусловленная реакциями поворотных консолей и фиксаторов, не должна превышать 1%.

6.1.4.26 Угол излома контактных проводов и несущих тросов контактной подвески, предназначенной для скоростей движения от 200 до 400 км/ч, во всех случаях не должен превышать 5°.

6.1.4.27 Натяжение струн контактной подвески в статическом состоянии должно быть не менее 15 Н.

6.1.4.28 Длина струн контактной подвески во всех случаях должна составлять не менее 300 мм (при измерении между центром несущего троса и контактного провода в месте установки струны.)

6.1.4.29 У анкерных участков со средней анкеровкой обе анкеровки контактной подвески должны быть компенсированными. У коротких анкерных участках без средней анкеровки с одной стороны выполняется компенсированная анкеровка контактной подвески, с другой – жесткая.

6.1.5 Требования к узлам анкеровки контактной подвески

6.1.5.1 Компенсированные анкеровки контактной подвески должны обеспечивать поддержание проектного натяжения проводов и компенсацию изменения их длины в расчетном интервале температур с учетом нагрева проводов солнечной радиацией и тяговым током.

6.1.5.2 Компенсаторы температурных перемещений проводов контактной подвески могут быть пружинного или грузового типа (грузокомпенсаторы).

В случае применения грузокомпенсаторов конструкция гирлянд грузов должна обеспечивать надежную защиту от колебаний при аэродинамическом воздействии от ЭПС.

6.1.5.3 Анкеровки несущего троса и контактного провода следует выполнять раздельными в разных уровнях.

6.1.5.4 Разрушающая нагрузка компенсаторов и других изделий в цепи натяжения должна быть не менее разрушающей нагрузки компенсируемых проводов.

6.1.5.5 Конструкция компенсированных анкеровок должна обеспечивать проектное номинальное натяжение проводов с погрешностью не более 3% в любых климатических условиях на протяжении всего срока службы контактной сети. В случае применения грузокомпенсаторов масса гирлянд грузов должна соответствовать проектной массе гирлянд грузов с погрешностью не более 1,0%. Потери

на трение в подшипниках подвижных блоков компенсаторов не должны превышать 3,0%.

6.1.5.6 Гирлянды грузов грузокомпенсаторов должны иметь антивандальную конструкцию.

6.1.6 Требования к сопряжениям анкерных участков контактной подвески

6.1.6.1 Между анкерными участками должны быть устроены изолирующие или неизолирующие сопряжения.

6.1.6.2 Сопряжения анкерных участков цепной контактной подвески должны обеспечивать взаимное продольное перемещение образующих эти сопряжения проводов, а также плавный переход ползцов токоприемников с контактного провода одного анкерного участка на контактный провод другого без существенного ухудшения токосъема.

6.1.6.3 Сопряжения анкерных участков контактной подвески могут быть выполнены с 1, 2 или 3-мя переходными пролетами в зависимости от типа сопряжения (неизолирующее или изолирующее) и длин переходных пролетов.

6.1.6.4 Возвышение нерабочего контактного провода над рабочим на крайних переходных опорах неизолирующих сопряжениях должно составлять не менее 300 мм.

Расстояние по вертикали от уровня рабочего контактного провода до ближайших частей врезных изоляторов на изолирующих сопряжениях должно составлять не менее 300 мм.

Возвышение точки пересечения контактных проводов сопрягающихся подвесок над уровнем рабочего контактного провода в переходном пролете не должно превышать 40 мм.

6.1.6.5 Подъем проводов, отводимых на анкеровку в переходных пролетах сопряжений, должен осуществляется плавно, по параболическому закону. Угол, под которым токоприемник встречает ниспадающий на него контактный провод, должен быть минимально возможным по конструктивным решениям сопряжения.

6.1.6.6 Расстояние между контактными проводами сопрягающихся анкерных участков в плане на неизолирующих сопряжениях должно составлять не менее 100 мм, на изолирующих сопряжениях – не менее 400 мм.

6.1.6.7 На переходных опорах сопряжений анкерных участков контактную подвеску каждой ветви подвешивают и фиксируют на отдельной консоли.

6.1.6.8 Угол излома контактных проводов при отводе на анкеровку не должен превышать 5° .

6.1.6.9 На участках с плавкой гололеда или профилактического подогрева проводов схемы электрических соединений на сопряжениях должны обеспечивать равномерный прогрев проводов рабочих участков сопрягающихся контактных подвесок.

6.1.7 Требования к контактной сети на станциях и воздушным стрелкам

6.1.7.1 На станциях должно предусматриваться механическое отделение контактных подвесок и узлов контактной сети по главным путям от узлов второстепенных путей (за исключением зон примыкания второстепенных путей к главным, где данное требование выполнить невозможно конструктивно). Для подвешивания контактной сети главных путей должны проектироваться преимущественно консольные опоры.

6.1.7.2 На станционных путях высокоскоростных магистралей применяются компенсированные контактные подвески.

6.1.7.3 Воздушная стрелка контактной сети должна обеспечивать беспрепятственное перемещение проводов контактной подвески при их температурном удлинении.

6.1.7.4 Воздушные стрелки на стрелочных переводах с маркой крестовины 1/22 и более пологих по направлению движения высокоскоростного ЭПС должны быть выполнены без пересечения контактных проводов с дополнительной (третьей) подвеской. При этом подхват контактного провода в зоне воздушной стрелки должен происходить без бокового удара по полозу движущегося токоприемника. При движении ЭПС по любому направлению стрелочного перевода токоприемник должен одновременно взаимодействовать не более чем с двумя контактными подвесками.

На стрелочных переводах, менее пологих, чем с маркой крестовины 1/22, воздушные стрелки могут быть выполнены без пересечения контактных проводов с двумя или тремя контактными подвесками, либо с пересечением контактных проводов.

6.1.7.5 Контактные провода контактной сети главных железнодорожных путей или железнодорожных путей преимущественного направления движения поездов на воздушных стрелках с пересечением должны быть расположены снизу.

6.1.7.6 В зоне скоростных съездов между главными путями секционирование контактной подвески может выполняться секционным изолятором, допускающим проход подвижного состава с установленной по съезду скоростью движения, либо изолирующим сопряжением.

6.1.7.7 На воздушных стрелках с пересечением проводов или без пересечения с двумя подвесками зона подхвата ползком токоприемника контактного провода примыкающего или пересекающего пути должна располагаться на расстоянии 650-1050 мм по горизонтали от оси пути, по которому следует электроподвижной состав. В пределах зоны подхвата установка зажимов на контактных проводах не допускается, кроме зажимов крепления ограничительной накладки.

6.1.7.8 На воздушных стрелках без пересечения с дополнительной (третьей) подвеской в зоне подхвата, расположенной на расстоянии 650-1050 мм по горизонтали от оси пути, по которому следует электроподвижной состав, и на расстоянии до 150 мм по вертикали от уровня рабочего контактного провода, не допускается установка зажимов на контактных проводах, кроме зажимов для струн.

6.1.7.9 Расстояния от воздушных стрелок до жестких или средних анкерровок сопрягающихся контактных подвесок должны быть ограничены с учетом взаимных температурных перемещений проводов.

6.1.7.10 На участках с плавкой гололеда или профилактического подогрева проводов схемы электрических соединений в зоне воздушных стрелок по главным путям должны обеспечивать равномерный прогрев проводов рабочих участков сопрягающихся контактных подвесок, с которыми взаимодействует токоприемник при движении по главным путям.

6.1.8 Секционирование контактной сети

6.1.8.1 Контактная сеть должна быть секционирована таким образом, чтобы в отдельную секцию были выделены:

- а) каждый главный путь станции;
- б) каждый путь отстоя электроподвижного состава;
- в) каждый погрузочно-выгрузочный путь;

г) каждый путь, предназначенный для отстоя неисправного подвижного состава с опасными грузами;

д) каждая группа приемо-отправочных путей парка станции;

е) пути электродепо;

ж) пути тоннелей;

з) пути мостов длиной более 300 м и разводных вне зависимости от длины.

Кроме того, в разные секции должна быть выделена контактная сеть разных межподстанционных зон.

6.1.8.2 Контактную сеть всех приемо-отправочных путей парка станции (кроме станций стыкования и станций, на которых осуществляют таможенный осмотр грузов), секционируют таким образом, чтобы в каждой секции было не более пяти путей.

6.1.8.3 Изолирующие сопряжения или секционные изоляторы, разделяющие контактную сеть станций и перегонов, должны быть расположены между входными светофорами и ближайшим стрелочным переводом станции. Расстояние между центром стрелочного перевода и ближайшей опорой переходного пролета изолирующего сопряжения должно быть не менее 80 м.

6.1.8.4 Секционирование контактной сети осуществляют посредством:

– на участках постоянного тока:

1) нейтральной вставки – при питании смежных секций контактной сети от подстанций, присоединенных к разным энергосистемам внешнего электроснабжения;

2) изолирующего сопряжения или секционного изолятора – во всех остальных случаях;

– на участках переменного тока:

1) нейтральной вставки:

а) при питании смежных секций контактной сети от разных фаз напряжения переменного тока;

б) при питании смежных секций контактной сети от подстанций, присоединенных к разным энергосистемам внешнего электроснабжения;

в) при питании смежных секций контактной сети от разных систем тягового электроснабжения, при одном и том же номинальном напряжении в контактной сети;

2) изолирующего сопряжения или секционного изолятора во всех остальных случаях;

– на границах участков постоянного и переменного тока – с помощью нейтральных вставок.

6.1.8.5 Длину нейтральной вставки выбирают с учетом эксплуатируемых серий электровозов и электропоездов.

6.1.8.6 Секционирование на границах одного или группы станционных путей одного и того же назначения, на границах электродепо выполняют с применением изолирующего сопряжения или секционного изолятора.

6.1.8.7 Секционирование на съездах станций должно быть выполнено с помощью секционных изоляторов, обеспечивающих проход подвижного состава со скоростью, установленной для данного типа стрелочного перевода, или посредством изолирующего сопряжения.

6.1.8.8 Секции контактной сети, разделенные изолирующими сопряжениями или секционными изоляторами (кроме переключаемых секций), должны быть соединены разъединителями.

6.1.8.9 Нейтральные вставки должны быть соединены разъединителями с обеими смежными секциями контактной сети.

6.1.8.10 На станциях, расположенных на двухпутных и многопутных участках, между секциями главных путей должен предусматриваться поперечный разъединитель.

6.1.8.11 Взаимное расположение секционных изоляторов, светофоров и изолирующих стыков рельсовой цепи должно исключать заезд ползком токоприемника электровоза на секцию с другим напряжением при передвижении с любым (передним или задним) поднятым токоприемником.

6.1.8.12 Схемы питания и секционирования должны предусматривать возможность электрической плавки гололеда или профилактического подогрева проводов контактной сети главных путей станций и перегонов. В районах по толщине стенки гололеда I и II по СП 20.13330 допускается не организовывать схемы борьбы с гололедом.

6.1.9 Требования к контактной сети при проходе искусственных сооружений

6.1.9.1 Проход контактной подвески под новыми искусственными сооружениями (ИССО), пересекающими железнодорожные пути, по ходу

высокоскоростного движения со скоростью ЭПС свыше 200 и до 400 км/ч должен осуществляться насквозь без снижения высоты подвешивания контактного провода, без разанкеровок несущего троса, а также без изменения типа опорных узлов контактной подвески. Для этого высота низа пролетных строений ИССО должна составлять не менее 7,5 м от УГР.

6.1.9.2 Уклон контактного провода при проходе ИССО не должен превышать значений, приведенных в таблице 6.6.

Таблица 6.6

Скорость движения, км/ч	Уклон контактного провода, не более	
	основной	переходный
120 и менее	0,004	–
от 121 до 160	0,002	0,001
от 161 до 200	0,001	0,0005
от 201 и более	0	0

6.1.9.3 Расстояние от контактного провода или несущего троса до расположенных над ними заземленных частей искусственных сооружений и поддерживающих устройств (мостов, путепроводов, тоннелей, сигнальных мостков) должно быть при двух контактных проводах не менее 500 мм, при одном – не менее 650 мм. Меньшее расстояние допускается при установке изолированных отбойников или ограничителей подъема, исключающих возможность приближения контактных проводов и токоприемников к расположенным над ними заземленным частям на расстояние менее указанного в таблице 6.2. Отбойники должны иметь форму, исключающую удар по ним полоза токоприемника при поджатии контактного провода.

6.1.9.4 Контактная подвеска в тоннелях выполняется цепной одинарной компенсированной со смещенными опорными струнами (без рессорного троса) и уменьшенной конструктивной высотой. Длины пролетов контактной подвески в тоннелях не должны превышать 40 м.

6.1.9.5 В тоннелях длиной до 1200 м проход контактной подвески, как правило, должен выполняться одним анкерным участком. Проход контактной подвески в протяженных тоннелях (более 1200 м) должен осуществляться с устройством в тоннелях неизолирующих сопряжений.

Компенсация температурных перемещений проводов осуществляется с помощью малогабаритных пружинных или грузовых компенсаторов.

6.1.10 Требования к поддерживающим и фиксирующим конструкциям

6.1.10.1 В качестве поддерживающих конструкций контактной подвески должны использоваться поворотные горизонтальные изолированные консоли из алюминиевых сплавов.

Консоли должны обеспечивать надежное крепление несущего троса контактной подвески в требуемом положении по высоте и зигзагу, свободное температурное перемещение несущего троса вдоль пути, возможность регулировки высоты и зигзага несущего троса.

6.1.10.2 Фиксаторы рабочего контактного провода должны быть выполнены сочлененными, из легких сплавов. Дополнительный стержень фиксатора должен иметь длину не менее 900 мм и работать только на растяжение.

Фиксаторы должны обеспечивать надежное крепление контактного провода в требуемом положении поперек пути (по зигзагу), возможность регулировки зигзага контактного провода, свободное вертикальное перемещение контактного провода при нажатии токоприемника до 300 мм, свободное продольное перемещение контактного провода до 300 мм.

6.1.10.3 Несущая способность поддерживающих и фиксирующих конструкций должна быть ограничена критериями прочности, устойчивости и жесткости:

- максимальные механические напряжения в элементах конструкций не должны превышать расчетного сопротивления материала;

- коэффициенты запаса по механической прочности изоляторов должны соответствовать указанным в п. 6.1.13.3 ;

- устойчивость сжатых и сжато-изогнутых элементов конструкций должна быть обеспечена с коэффициентом запаса не менее 1,8;

- гибкость сжато-изогнутых элементов не должна превышать 500;

- прогиб стержневых элементов конструкций не должен превышать 1/150 от их длины, при этом абсолютная величина прогиба не должна превышать 30 мм.

Расчеты несущей способности поддерживающих и фиксирующих

конструкций и их привязка при проектировании должны выполняться на расчетные значения нагрузок по наихудшему сочетанию в соответствии с «Нормами проектирования контактной сети» СТН ЦЭ 141-99 с учетом коэффициента надежности по ответственности 1,2.

6.1.10.4 Дополнительные фиксаторы не должны работать на сжатие.

6.1.10.5 На отходящих на анкеровку ветвях должны быть установлены специальные фиксаторы, работающие на сжатие.

6.1.10.6 Крепежные изделия, применяемые в поддерживающих и фиксирующих конструкциях, должны быть выполнены из коррозионностойкой стали.

6.1.11 Требования к строительным конструкциям

6.1.11.1 Строительные конструкции контактной сети (стойки и фундаменты опор, анкеры, жесткие поперечины) должны отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать прочность и жесткость в течение всего срока эксплуатации: не менее 50 лет;
- быть малообслуживаемыми и ремонтпригодными;
- отвечать особенностям характеристик грунтов, в которых закрепляются фундаменты;
- быть эстетичными;
- не оказывать вредного воздействия на окружающую среду и земляное полотно ВСМ.

6.1.11.2 Материал для строительных конструкций контактной сети следует выбирать в зависимости от климатических условий района строительства (температуры воздуха, агрессивности окружающей среды).

6.1.11.3 Все строительные конструкции, поставляемые на объекты ВСМ, должны иметь сертификаты качества и декларацию на соответствие применения. Все материалы, используемые при производстве конструкций, должны иметь паспорта или сертификаты качества.

6.1.11.4 Для опор контактной сети должны применяться металлические стойки с отдельной установкой на фундаменты.

6.1.11.5 Несущая способность стоек опор должна быть ограничена критериям прочности, устойчивости и жесткости. При нагружении стойки

максимально допустимым моментом (в плоскости поперек оси пути), соответствующим ее проектной несущей способности, прогиб на уровне контактного провода не должен превышать 40 мм. Несущая способность стоек опор в направлении вдоль оси пути должна составлять не менее 60% несущей способности в направлении поперек оси пути. Коэффициент безопасности для стоек должен составлять не менее 1,6.

6.1.11.6 База размещения отверстий для крепления к фундаментам с помощью анкерных болтов должна составлять 400×500 мм в соответствии с ГОСТ Р 19330-2013.

6.1.11.7 Стойки опор должны иметь исполнения по длине от 8,5 до 12 м с шагом 0,5 м.

6.1.11.8 Узлы крепления поддерживающих конструкций (консолей, кронштейнов и др.) на опорах контактной сети должны быть выполнены с помощью закладных деталей, устанавливаемых в специальные отверстия стоек. Схема расположения отверстий в стойках опор должна соответствовать применяемым поддерживающим конструкциям.

6.1.12 Требования к фундаментам опор контактной сети

6.1.12.1 В качестве фундаментов (в зависимости от конструкции пути и характеристики грунтов) могут быть использованы следующие строительные конструкции:

- буронабивные сваи;
- вибропогружаемые железобетонные фундаменты;
- винтовые сваи или вибропогружаемые фундаменты из металлических труб;
- полые цилиндрические железобетонные сваи;
- малозаглубленные железобетонные (фибробетонные) фундаменты и анкеры.

6.1.12.2 Фундаменты опор контактной сети должны обеспечивать прочность заделки в грунте не менее несущей способности стоек опор.

6.1.12.3 Ригели жестких поперечин должны соответствовать ГОСТ Р 55186.

6.1.12.4 Подбор строительных конструкций при проектировании по несущей способности следует проводить по расчетным нагрузкам при наиболее неблагоприятном режиме с учетом коэффициента надежности по ответственности 1,2, а также дополнительных аэродинамических воздействий от проходящего высокоскоростного подвижного состава.

6.1.12.5 Взаимное расположение опор и сигналов должно обеспечивать видимость последних на расстоянии, необходимом по условиям безопасности движения поездов.

6.1.13 Требования к изоляторам

6.1.13.1 Изоляторы в узлах контактной сети конструктивно должны быть полимерными стержневыми с цельнолитой кремнийорганической оболочкой. Изоляторы должны иметь защиту от птиц.

6.1.13.2 Полимерные изоляторы должны соответствовать ГОСТ Р 55648 *(проект, актуализированная редакция с учетом применения изоляторов на высокоскоростных железнодорожных магистралях)*.

6.1.13.3 Коэффициенты запаса механической прочности изоляторов по отношению к их нормированным разрушающим нагрузкам должны быть не менее 5 при средней эксплуатационной нагрузке и 2,7 при наибольшей рабочей нагрузке.

6.1.13.4 Длина пути тока утечки консольных, фиксаторных и подвесных изоляторов переменного тока должна составлять не менее 1300 мм, натяжных – не менее 1500 мм.

6.1.13.5 Узлы жесткого соединения консольных и фиксаторных изоляторов со стержнями консолей и фиксаторов должны быть рассчитаны на разрушающие нагрузки не менее чем у изоляторов.

6.1.13.6 Секционные изоляторы должны выдерживать без остаточной или временной деформации нагрузку в 1,33 раза превышающую проектное натяжение проводов. При установленной максимальной скорости движения секционные изоляторы не должны вызывать динамическое нажатие токоприемника более 350 Н. Короткое замыкание, вызванное проходом токоприемника на заземленную секцию, не должно приводить к нарушению механической целостности секционного изолятора.

6.1.13.7 Консольные изоляторы, устанавливаемые в сжато-изогнутых стержневых элементах поддерживающих конструкций, должны обеспечивать требования по устойчивости стержневых элементов в соответствии с п. 6.1.10.3.

6.1.14 Требования к арматуре, струнам и электрическим соединителям

6.1.14.1 Соединительные, струновые, фиксирующие и другие зажимы контактной сети должны иметь плашечную конструкцию и быть выполнены из кремнисто-никелевой бронзы (или аналогичной) методом горячей штамповки и комплектоваться крепежом из коррозионностойкой стали. Для электрических соединителей должны применяться прессуемые зажимы из электролитической меди. В качестве концевых зажимов для проводов как правило должны использоваться цанговые зажимы.

6.1.14.2 Материалы изделий арматуры должны приниматься с учетом контактной совместимости и исключать электрохимическую и электрическую коррозию.

6.1.14.3 Антикоррозионное покрытие изделий из чугуна и стали, не имеющих резьбы, должно быть выполнено методом горячего цинкования толщиной 120-150 мкм. Для изделий арматуры, имеющих резьбу диаметром выше 12 мм, антикоррозионное покрытие должно быть выполнено методом термодиффузионного цинкования толщиной 18-20 мкм. Все крепежные изделия с диаметром резьбы до 12 мм включительно должны быть изготовлены из антикоррозионной стали.

6.1.14.4 Изделия арматуры, подвергающиеся вибрации, должны быть спроектированы таким образом, чтобы исключить потерю работоспособности в ходе эксплуатации.

6.1.14.5 Арматура, устанавливаемая на проводах контактной подвески, должна иметь минимально возможную массу. Арматура, устанавливаемая на контактном проводе, должна быть спроектирована с учетом формы сечения провода.

6.1.14.6 Струновые зажимы плашечной конструкции должны изготавливаться индивидуально для установки на контактном проводе, на несущем и на рессорных тросах. Масса струнового зажима должна составлять не более 0,12 кг.

6.1.14.7 Все изделия арматуры должны выдерживать без остаточной деформации, отрицательно влияющей на их функциональность, нагрузку в 1,33 раза превышающую допускаемую.

Изделия арматуры, воспринимающие продольное натяжение проводов контактной подвески, должны обеспечивать прочность заделки не менее разрывного усилия соединяемых проводов.

Зажимы средней анкеровки должны обеспечивать прочность

заделки не менее разрывного усилия троса средней анкеровки.

Поддерживающие зажимы должны иметь допускаемую нагрузку не менее 2,5-кратного значения эксплуатационной нагрузки.

6.1.14.8 Арматура должна обеспечивать протекание тока короткого замыкания при пробое изоляции без отказа контактной сети.

6.1.14.9 Допускаемые моменты затяжки болтовых соединений в изделиях арматуры должны приниматься по таблице 6.7 с учетом материала и диаметров болтов.

Арматура, воспринимающая усилия от затяжки болтов, должна выдерживать без остаточной деформации 1,33 допускаемого момента затяжки, указанного в таблице 6.7.

Таблица 6.7

Диаметр резьбы, мм	Допускаемые моменты затяжки в зависимости от материала болтов, Н·м			
	Углеродистая сталь с защитным покрытием. Класс прочности		Коррозионностойкие стали групп А2 и А4 Класс прочности	
	5.6	8.8	70	80
	Минимальный предел пропорциональности материала болта $\sigma_{0,2 \text{ мин.}}$			
	300 Н/мм ²	640 Н/мм ²	450 Н/мм ²	600 Н/мм ²
М8	-	23	16	22
М10	-	46	32	43
М12	38	80	56	75
М16	90	195	135	180
М20	180	390	280	370

6.1.14.10 По остальным требованиям изделия арматуры контактной сети должны соответствовать ГОСТ 19330-2013.

6.1.14.11 Струны контактной подвески должны быть выполнены из гибких мелкожильных бронзовых проводов. Струны должны обеспечивать подвешивание контактного провода на проектной высоте, ресурс минимум 2 миллиона циклов прохода токоприемников без повреждения, высокую эластичность с целью уменьшения влияния на динамические характеристики контактной подвески, пропуск длительного электрического тока не менее 75 А.

Конструкция струн должна быть проверена ресурсными испытаниями.

6.1.14.12 Продольные и поперечные электрические соединители должны выполняться из медных многопроволочных проводов.

Сечение и количество поперечных электрических соединителей на анкерном участке контактной подвески должно определяться расчетами токораспределения в контактной подвеске.

Суммарное сечение продольных электрических соединителей, а также шлейфов от разъединителей и питающих линий должно быть не меньше суммарного сечения проводов соединяемых контактных подвесок в медном эквиваленте.

6.1.14.13 Конструкция электрических соединителей не должна препятствовать свободным температурным перемещениям соединяемых проводов.

6.1.15 Дополнительные провода на опорах контактной сети

6.1.15.1 На участках переменного тока 2х25 кВ на опорах контактной сети, кроме контактной подвески, подвешиваются питающие и обратные провода. На участках постоянного тока на опорах контактной сети располагаются усиливающие провода. В зоне подключения тяговых подстанций и линейных устройств электроснабжения на опорах контактной сети допускается размещение проводов питающих и отсасывающих линий.

Подвеска других проводов различного назначения, кроме проводов системы тягового электроснабжения, на опорах контактной сети ВСМ, как правило, не допускается.

6.1.15.2 Питающие, усиливающие и обратные провода должны иметь разанкеровку через каждые 3,5 – 4,5 км на отдельно стоящих анкерных опорах. Дополнительная разанкеровка питающих и усиливающих проводов как правило выполняется при проходе искусственных сооружений, пересекающих железнодорожные пути.

6.1.15.3 Натяжение некомпенсированных проводов должно устанавливаться по монтажным таблицам с учетом длины эквивалентного пролета анкерного участка для данной линии, скорости ветра и толщины стенки гололеда, определенных с учетом местных климатических условий.

6.1.15.4 Сечение питающих и обратных проводов должно быть не меньше сечения проводов контактной подвески в медном эквиваленте.

6.1.16 Защита тяговой сети от коротких замыканий,

коммутационных и атмосферных перенапряжений

6.1.16.1 Для защиты контактной сети от токов короткого замыкания, обеспечения электробезопасности обслуживающего персонала и других лиц, пользующихся железнодорожным транспортом, на тяговую обратную сеть должны быть заземлены:

- опоры контактной сети;
- конструкции крепления изоляторов и деталей крепления контактной сети и воздушных линий электропередачи на железобетонных или металлических искусственных сооружениях;
- все металлические конструкции устройств и сооружений (мосты, путепроводы, светофоры, отдельно стоящие опоры, прожекторные мачты, крыши зданий, гидроколонки и т.п.), расположенные от проводов и элементов, находящихся под напряжением свыше 1000 В, на расстоянии, предусмотренном инструкцией по заземлению устройств электроснабжения ЦЭ-191.

6.1.16.2 Заземление устройств контактной сети выполняют:

- на главных путях высокоскоростных участков переменного тока – путем присоединения их к обратному проводу обратной тяговой сети;
- на станционных путях и участках постоянного тока – индивидуальными или групповыми заземляющими проводниками, присоединенными к тяговым рельсам или средним точкам дроссель-трансформаторов (дросселей) в соответствии инструкцией по заземлению устройств электроснабжения ЦЭ-191.

6.1.16.3 Линия обратного провода должна прокладываться по опорам контактной сети (аналогично экранирующему проводу) с подключением к тяговым рельсам с помощью дроссель-трансформаторов, устанавливаемых друг от друга на расстоянии 500-800 м на каждом пути.

6.1.16.4 Заземление элементов искусственных сооружений выполняется в соответствии с инструкцией ЦЭ-191.

6.1.16.5 Заземление приводов разъединителей осуществляется путем соединения их с обратным проводом обратной тяговой сети через металлические стойки опор или на тяговую рельсовую сеть двумя заземляющими спусками наглухо.

6.1.16.6 На участках постоянного тока металлические стойки опор контактной сети должны иметь надежную изоляцию от земли.

«Тяговое электроснабжение высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства»

6.1.16.7 Для защиты контактной сети от атмосферных и коммутационных перенапряжений должны быть предусмотрены ограничители перенапряжений, присоединенные через предохранительные устройства (плавкие вставки).

Присоединение ограничителей перенапряжения к обратной тяговой сети должно быть выполнено:

- на главных путях высокоскоростных участков переменного тока – путем присоединения их к обратному проводу;
- на станционных путях и участках постоянного тока – в соответствии инструкцией по заземлению устройств электроснабжения ЦЭ-191.

6.1.16.8 На участках контактной сети переменного тока ограничители перенапряжений устанавливают:

- не далее двух пролетов от изоляторов в анкеровках проводов контактной подвески (кроме анкеровок троса средней анкеровки несущего троса);
- не далее двух пролетов от изоляторов в анкеровках питающих проводов;
- не далее двух пролетов от изоляторов при секционировании питающих проводов;
- на изолирующих воздушных сопряжениях с нейтральной вставкой с подключением к нейтральной вставке;
- в местах подключений питающих линий от тяговых подстанций АТП и постов секционирования – если соответствующие ОПН не предусмотрены в конструкциях данных линейных устройств.

6.1.16.9 На участках контактной сети постоянного тока ограничители перенапряжений устанавливают:

- не далее двух пролетов от изоляторов в анкеровках проводов контактной подвески (кроме анкеровок троса средней анкеровки несущего троса);
- в середине фидерной зоны между двумя тяговыми подстанциями (при отсутствии поста секционирования) при ее длине более 15 км;
- при консольном питании – в конце консоли.

6.2 Требования к токоприемникам

6.2.1.1 Контактная подвеска и токоприемники при проектировании ВСМ должны рассматриваться с позиций единой электромеханической системы, динамические характеристики и качество скользящего электрического контакта которой обусловлены параметрами, как токоприемника, так и контактной подвески.

6.2.1.2 Форма полоза токоприемников высокоскоростного ЭПС должна соответствовать рис. рис. 6.1.

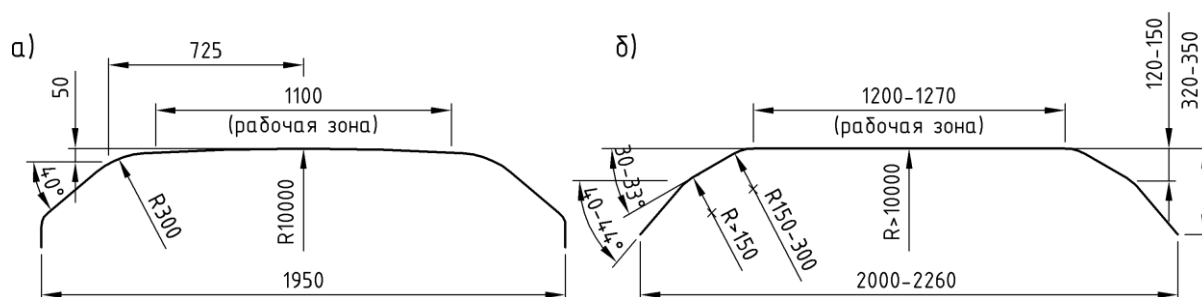


Рисунок 6.1 – Форма полоза токоприемника: а) – высокоскоростного ЭПС в соответствии с рис. В.3 EN 50367, б) – по ГОСТ Р 54334

6.2.1.3 Рабочая высота полоза высокоскоростного токоприемника должна перекрывать диапазон от 5570 мм до 6200 мм от УГР.

6.2.1.4 Статическое нажатие токоприемника F_0 на переменном токе должно составлять 70^{+20}_{-10} Н, на постоянном токе 110 ± 10 Н.

6.2.1.5 Аэродинамическая составляющая контактного нажатия F_A должна быть приближена к целевой зависимости (в ньютонах) $F_A = 0,00097 \cdot V^2$, где V – скорость движения ЭПС, км/ч.

Контактная сеть ВСМ должна быть рассчитана на эксплуатацию ЭПС с одним или с двумя одновременно поднятыми токоприемниками. Расстояние между двумя рабочими токоприемниками должно составлять не менее 150 м и не более 400 м.

6.3 Требования к качеству токосъема

6.3.1 Технические решения по контактной сети и токоприемникам должны быть взаимно согласованы, чтобы обеспечивать надежный токосъем, соответствующий потребляемому из контактной сети току поезда, и требуемые параметры динамического взаимодействия при

движении высокоскоростных поездов во всем диапазоне скоростей движения.

6.3.2 Качество токосъема должно оцениваться техническими показателями контактного нажатия или процентом искрения. Дополнительно должно контролироваться отжатие контактного провода под фиксаторами при проходе токоприемника.

6.3.3 Оценка качества токосъема должна производиться на основе математического моделирования взаимодействия токоприемников и контактной подвески и натурных испытаний на экспериментальном участке.

Для оценки качества токосъема должны быть выбраны участки контактной подвески, состоящие из 5-7 пролетов:

- с промежуточными пролетами;
- в зоне средней анкеровки;
- в зоне изолирующего сопряжения;
- в зоне изолирующего сопряжения;
- в зоне воздушной стрелки.

На выбранном участке при прохождении ЭПС с заданной скоростью движения должно быть выполнено измерение:

- мгновенных значений контактного нажатия каждого токоприемника с частотой не менее 200 Гц при замерах по времени или не реже чем через каждые 0,4 м при замерах по расстоянию;
- искрения в месте контакта токоприемника и контактного провода (при натурных испытаниях);
- отжатия контактного провода токоприемниками под фиксаторами.

6.3.4 Оценка качества токосъема должна производиться на основе статистического анализа выборки мгновенных значений контактного нажатия. Должны быть вычислены следующие показатели:

- среднее значение контактного нажатия F_m ;
- среднеквадратическое отклонение контактного нажатия σ ;
- статистический максимум контактного нажатия $F_m + 3\sigma$;
- статистический минимум контактного нажатия $F_m - 3\sigma$;
- процент искрений NQ .

При натурных испытаниях процент искрений вычисляется по формуле

$$NQ = \frac{T}{T_{\Sigma}} \cdot 100\%,$$

где T – суммарная продолжительность дуги, длящейся более 5 мс;
 T_{Σ} – время измерения.

При моделировании взаимодействия токоприемников и контактной подвески процент искрений вычисляется по формуле

$$NQ = \frac{N_0}{N_{\Sigma}} \cdot 100\%,$$

где N_0 – число изменений контактного нажатия при отсутствии контакта токоприемника с контактным проводом;

N_{Σ} – общее число измерений.

6.3.5 Качество токосъема считается удовлетворительным если выполнены следующие условия:

- статистический минимум $F_m - 3\sigma$ положителен;
- статистический максимум $F_m + 3\sigma$ не превышает значений, приведенных в таблице 3.8;
- стандартное отклонение контактного нажатия σ не превышает $0,3 \cdot F_m$;
- процент искрений NQ не превышает 0,2%;
- максимальное отжатие контактного провода токоприемником под фиксаторами без учета климатического влияния не превышает 150 мм.

Качество токосъема должно оцениваться для каждого впередиидущего и позади идущего рабочего токоприемника поезда.

6.3.6 Математическое моделирование взаимодействия токоприемников и контактной подвески должно быть выполнено:

- для высокоскоростных поездов при скоростях движения от 300 до 420 км/ч с шагом 5 км/ч;
- для специальных контейнерных поездов при скоростях движения от 100 до 220 км/ч с шагом 5 км/ч;

Моделирование должно быть выполнено для всех вариантов исполнений контактной подвески, планируемых для реализации на ВСМ, при длинах пролетов от 30 до 70 м с шагом 5 м, а также для всех вариантов токоприемников и их конфигурации на подвижном составе.

Т а б л и ц а 3 . 8 – Допускаемые значения статистического максимума контактного нажатия

Род тока	Скорость движения V , км/ч	Максимальное допустимое значение статистического максимума контактного нажатия $F_m + 3\sigma$, Н
Переменный	до 200 включительно	300
	свыше 200 до 350	350
	свыше 350 до 400	450
Постоянный	до 200 включительно	300
	свыше 200 до 250	400

6.4 Требования к питающим, шунтирующим и отсасывающим линиям

6.4.1 Питающие, шунтирующие и отсасывающие линии должны быть выполнены:

- воздушными с подвеской на самостоятельных опорах;
- кабельными.

6.4.2 Воздушные и кабельные отсасывающие линии должны иметь изоляцию не менее 0.5 МОм при испытательном напряжении 1 кВ.

Число проводов воздушной отсасывающей линии тяговой подстанций во всех случаях должно быть не менее двух.

6.4.3 Количество и сечение проводов в питающих, шунтирующих и отсасывающих линиях должны быть выбраны по условию допустимого нагрева при отдельном питании путей.

6.4.4 Арматура питающих, шунтирующих и отсасывающих линий должна соответствовать ГОСТ 13276 или ГОСТ 12393.

6.5 Требования к обратной тяговой сети

6.5.1 Обратная тяговая сеть должна обеспечить пропуск тягового тока от всех поездов, находящихся на межподстанционной зоне.

6.5.2 Обратная тяговая сеть должна быть электрически непрерывной на любом участке железнодорожного пути.

6.5.3 Для снижения потенциалов рельсов и уменьшения магнитного влияния по опорам контактной сети контактной сети должен быть проложен обратный провод, соединенный с тяговой рельсовой сетью. Применение обратного провода необходимо только для главных путей перегонов и станций.

6.5.4 Обратный провод подключается к отсасывающей линии

тяговой подстанции и к средним точкам дроссель-трансформаторов. Расстояние между смежными точками подключения обратного провода к рельсовой сети не должно превышать 3 км.

6.5.5 Сечение обратного провода не должно ограничивать нагрузочную способность контактной подвески.

6.5.6 Электрическое соединение рельсов разделенных изолирующими стыками должно быть осуществлено следующим образом:

- на участках с двухниточной рельсовой цепью с помощью дроссель-трансформаторов;
- на участках с однопутной рельсовой цепью с помощью перемычек, поочередно соединяющих противоположные рельсы разных участков рельсовой цепи разделенных изолирующими стыками.

6.5.7 Каждый участок обратной тяговой сети должен быть соединен с двух сторон со смежными участками пути или параллельными путями через междурельсовые и междупутные перемычки обратной тяговой сети.

6.5.8 Выбор типа дроссель-трансформатора должен быть осуществлен исходя из следующих условий:

- температура нагрева обмотки дроссель-трансформатора не должна превышать 120°C при пропуске тягового тока в час интенсивных перевозок;
- коэффициент асимметрии рельсовой цепи не должен превышать 4%.

6.5.9 Температура нагрева перемычек тяговой рельсовой сети не должна превышать 120°C при пропуске тока в час интенсивных перевозок.

7 Проектирование линейных устройств тягового электроснабжения

7.1 Общие требования к линейным устройствам тягового электроснабжения

7.1.1 Требования к расположению линейных устройств тягового электроснабжения и площадкам для их строительства

7.1.1.1 Линейные устройства тягового электроснабжения следует располагать на расстоянии не более 50 м от крайнего железнодорожного пути. Допустимое расстояние до оси крайнего железнодорожного пути определяют, исходя из необходимости соблюдения габарита приближения строений С400 [СТУ №1 «Проектирование участка Москва – Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч»], а также обеспечения видимости сигналов.

7.1.1.2 При выборе площадки для строительства линейных устройств тягового электроснабжения (далее – площадки) следует учитывать следующие требования:

– расстояние от внешней границы площадки до территорий жилой застройки должно быть не менее установленного в [3, глава 4.2];

– должны быть соблюдены требования к минимально допустимым расстояниям между внешними границами площадки и инженерными коммуникациями;

– площадка, кроме того, должна быть расположена:

1) вне зон природных и техногенных загрязнений;

2) вне зон активного карста, оползней, оседания или обрушения поверхности под влиянием горных разработок, селевых потоков и снежных лавин, которые могут угрожать работоспособности линейного устройства тягового электроснабжения;

3) вне зон, подлежащих промышленной разработке (торфяники и др.), а также вне радиационно зараженных мест;

4) на незатопляемых местах и, как правило, на местах с уровнем грунтовых вод ниже заложения фундаментов и инженерных коммуникаций;

5) на территориях, не подверженных размывам в результате русловых процессов при расположении площадок у рек или водоемов, а также, как правило, вне мест, где могут быть потоки дождевых и других вод, а также выше отметок складов с нефтепродуктами и другими горючими жидкостями;

6) на площадках, рельеф которых, как правило, не требует производства трудоемких и дорогостоящих планировочных работ;

7) на грунтах, не требующих устройства дорогостоящих оснований и фундаментов под здания и сооружения;

8) на территориях, на которых отсутствуют строения или коммуникации, подлежащие сносу или переносу в связи с сооружением линейного устройства тягового электроснабжения.

7.1.2 Требования к территории линейных устройств тягового электроснабжения

7.1.2.1 Территория линейного устройства тягового электроснабжения должна быть спланирована с обеспечением отвода атмосферных, паводковых, талых вод и селей и устройством, в необходимых случаях, специальных водостоков.

7.1.2.2 При расположении линейного устройства тягового электроснабжения на сильнозаносимых участках, где количество снега, приносимого за зиму, составляет от 301 до 600 м³ на 1 пог. м пути, открытые участки территории линейного устройства тягового электроснабжения должны иметь защиту от снежных заносов [12].

7.1.2.3 Требования к инженерно-технической укрепленности линейных устройств тягового электроснабжения должны удовлетворять классу защиты 3 в соответствии с [13].

7.1.2.4 Силовые и контрольные кабели по территории линейного устройства тягового электроснабжения прокладывают в грунте.

7.1.2.5 На территории линейных устройств тягового электроснабжения предусматривают пешеходные дорожки для прохода между зданием и открыто расположенным оборудованием.

7.1.2.6 На территории автотрансформаторного пункта предусматривают проезд для автотранспорта шириной не менее 3,5 м с щебеночным покрытием толщиной не менее 150 мм на песчаной подушке толщиной не менее 150 мм. На всех остальных категориях линейных устройств тягового электроснабжения проезд для автотранспорта не

предусматривают.

7.1.2.7 Освещение территории линейного устройства тягового электроснабжения не предусматривают.

7.1.3 Требования к зданиям

7.1.3.1 Для линейных устройств тягового электроснабжения предусматривают здания капитального или мобильного типа. Здания капитального типа предусматривают при расположении линейных устройств тягового электроснабжения в холодном макроклиматическом районе по ГОСТ 16350, а также независимо от климата в границах перспективного развития крупных городов, в черте заповедников и национальных парков.

7.1.3.2 Объем вновь сооружаемых зданий выбирают минимально возможным, исходя из:

- необходимости размещения всего основного и вспомогательного оборудования;

- необходимости обеспечения требуемых изоляционных расстояний и проходов между оборудованием с размерами в свету не менее установленных в таблице 5.2;

- недопустимости образования опасных мест;

- необходимости выполнения требований настоящего свода правил.

7.1.3.3 На линейных устройствах тягового электроснабжения, расположенных вблизи водопропускных сооружений и вдоль водотоков в пределах разлива паводковых вод, отметку пола зданий следует назначать не ниже отметки головки рельса главного пути в этом месте.

7.1.3.4 Окна в зданиях линейных устройств тягового электроснабжения не предусматривают. Входные наружные двери зданий линейных устройств тягового электроснабжения и всех закрытых распределительных устройств должны быть металлическими, открывающимися наружу и оборудованными:

- врезными замками, открывающимися изнутри без ключа;

- приспособлением для фиксации створок дверей в открытом положении.

7.1.3.5 Устройства наружного пожаротушения зданий линейных устройств тягового электроснабжения не предусматривают.

7.1.3.6 Отопление зданий и отдельных помещений линейных

устройств тягового электроснабжения выполняют таким образом, чтобы обеспечить возможность:

- автоматического поддержания температуры воздуха рабочей зоны на уровне от 5°С до 10°С;
- доведения температуры воздуха рабочей зоны на время ремонтных работ до 17°С.

7.1.3.7 Помещения линейных устройств тягового электроснабжения должны быть оборудованы рабочим электрическим освещением. Требования к уровню освещенности помещений должны соответствовать ГОСТ Р 54984. В помещениях распределительных устройств светильники размещают таким образом, чтобы при техническом обслуживании светильников и замене ламп в них обеспечивалось выполнение требований правил [3] к минимально допустимым расстояниям до находящихся под напряжением токоведущих частей.

7.1.4 Требования к компоновке и конструктивному исполнению распределительных устройств

7.1.4.1 Компоновка и конструктивное исполнение распределительных устройств должны быть выполнены таким образом, чтобы:

- вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или другие сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т.п.), не приводили к повреждению оборудования или возникновению короткого замыкания, а также не причиняли вреда обслуживающему персоналу;

- обеспечивалась возможность удобной транспортировки оборудования;

- расстояния между токоведущими частями разных фаз и между токоведущими и заземленными частями составляли не менее указанных в таблице 5.2.

7.1.4.2 Для линейных устройств тягового электроснабжения применяют комплектные распределительные устройства с воздушной изоляцией.

7.1.4.3 На линейных устройствах тягового электроснабжения в составе конструкции комплектных распределительных устройств следует применять комплектные шкафы заводского исполнения с медными сборными и соединительными шинами, не требующие при техническом

обслуживании и ремонте двустороннего подхода.

Выключатели, иные коммутационные аппараты и измерительные трансформаторы распределительных устройств должны, как правило, быть расположены в одном шкафу или камере.

7.1.4.4 На линейных устройствах тягового электроснабжения следует применять:

– вакуумные выключатели переменного тока без масляной изоляции с пружинным приводом в соответствии с требованиями, устанавливаемыми владельцем инфраструктуры;

– разъединители в соответствии с требованиями, устанавливаемыми владельцем инфраструктуры;

– переключатели в соответствии с требованиями, устанавливаемыми владельцем инфраструктуры;

– трансформаторы тока с литой изоляцией по ГОСТ 7746;

– трансформаторы напряжения в антирезонансном исполнении с литой изоляцией по ГОСТ 1983.

7.1.4.5 Для подвески гибкой и крепления жесткой ошиновки следует применять полимерные изоляторы.

7.1.4.6 Ответвления от проводов и шин, а также присоединения их к аппаратным зажимам следует, как правило, производить опрессовкой, в том числе методом взрыва, или сваркой. Исключения допускаются только для ответвлений к разрядникам, ограничителям перенапряжений и трансформаторам напряжения, а также для мест соединения ошиновки с выводами аппаратов, которые могут быть болтовыми. Механический расчет ошиновки для определения максимальных усилий в ошиновке, стрел провеса и отклонений выполняют в соответствии с правилами [3].

7.1.4.7 Для соединения выводов обмоток силовых трансформаторов с соответствующими шкафами распределительных устройств рекомендуют применять кабельные линии.

7.1.4.8 Распределительные устройства всех видов конструктивного исполнения должны быть оборудованы оперативной блокировкой в соответствии с ГОСТ 12.2.007.4, а также иными видами оперативной блокировки, препятствующими выполнению операций одними коммутационными аппаратами при определенных положениях других коммутационных аппаратов.

7.1. 4.9 Распределительные устройства напряжением выше 1000 В

должны быть оборудованы стационарными заземляющими ножами, обеспечивающими заземление аппаратов и ошиновки.

7.1.4.10 Для линейных устройств тягового электроснабжения требования к компоновке и конструктивному исполнению распределительных устройств собственных нужд определяются требованиями владельца инфраструктуры. На линейных устройствах тягового электроснабжения не следует предусматривать распределительные устройства напряжением до 1000 В переменного тока, не относящиеся к электроснабжению собственных нужд линейного устройства тягового электроснабжения.

7.1.5 Требования к заземлению и защите от перенапряжений

7.1.5.1 Заземляющие устройства вновь сооружаемых и реконструируемых линейных устройств тягового электроснабжения выполняют с соблюдением требований правил [3] и инструкций [4], [10].

7.1.5.2 Для защиты распределительных устройств и оборудования от перенапряжений следует применять ограничители перенапряжений по ГОСТ Р 55167.

7.1.5.3 Требования к месту размещения ограничителей перенапряжений в распределительных устройствах должны соответствовать тем требованиям правил [3], которые установлены для трехфазных электроустановок напряжением 35 кВ.

7.1.6 Требования к схемотехническим решениям распределительных устройств

7.1.6.1 Схемы распределительных устройств выбирают в зависимости от количества силовых трансформаторов с обмотками соответствующего напряжения и количества присоединений. Кроме того, в обоснованных случаях и по согласованию с владельцем инфраструктуры схема распределительного устройства должна учитывать возможность его поэтапного развития.

7.1.6.2 Распределительные устройства напряжением до 1000 В должны иметь в каждой из своих цепей коммутационные аппараты, позволяющие обеспечить видимый разрыв при отключении основного оборудования данного присоединения (обмотки силового или измерительного трансформатора, выключателя, предохранителя, преобразователя) от сборных шин и (или) отходящих линий. Исключения допускаются для тех присоединений, где имеются предохранители и

видимый разрыв может быть обеспечен их снятием.

7.1.6.3 Обходные шины и запасные выключатели в распределительных устройствах не предусматривают.

7.1.6.4 Каждая из отходящих от линейного устройства тягового электроснабжения питающих линий должна, как правило, иметь линейный разъединитель с двигательным приводом, расположенный следующим образом:

а) для питающих линий, выполненных кабелем по всей длине – на опоре в месте подключения питающей линии к контактной сети;

б) для питающих линий, имеющих кабельную вставку на выходе из распределительного устройства – на опоре в месте перехода кабельного участка в воздушный;

в) для питающих линий, не имеющих кабельных вставок – на концевой опоре питающей линии со стороны линейного устройства тягового электроснабжения.

7.1.7 Требования к сети собственных нужд, сети оперативного тока и кабельному хозяйству

7.1.7.1 На вновь сооружаемых линейных устройствах тягового электроснабжения следует предусматривать одно- или трёхфазную сеть собственных нужд напряжением 0,4 кВ, а на линейных устройствах тягового электроснабжения, на которых применяются выключатели – ещё и сеть выпрямленного оперативного тока напряжением 230 В в соответствии с требованиями, устанавливаемыми владельцем инфраструктуры.

7.1.7.2 Резервирующие друг друга силовые и контрольные кабели сети собственных нужд и сети оперативного тока следует прокладывать по разным трассам.

7.1.7.3 Требования к прокладке кабелей по территории линейного устройства тягового электроснабжения - в соответствии со 0.

7.1.8 Прочие требования

7.1.8.1 Линейные устройства тягового электроснабжения не должны иметь постоянного дежурства персонала.

7.1.8.2 На линейных устройствах тягового электроснабжения не предусматривают железнодорожный подъездной путь, водопровод (в том числе противопожарный), канализацию и наружное пожаротушение.

7.2 Требования к постам секционирования

7.2.1 Требования к размещению постов секционирования

7.2.1.1 Посты секционирования следует предусматривать:

а) на межподстанционных зонах с двухсторонним питанием. При этом требования к количеству и месту размещения постов секционирования на межподстанционной зоне зависят от её длины и наличия:

1) станций или путевых постов примыкания электрифицированных ответвлений;

2) станций с локомотивными или моторвагонными депо;

3) станций с двумя и более электрифицированными парками приёма или отправления;

б) на станциях с несколькими парками и (или) локомотивным или моторвагонным депо в случаях, когда вместо нескольких отдельных питающих линий от тяговой подстанции до каждого из этих парков и (или) депо целесообразно сооружение одной питающей линии.

7.2.1.2 На участках с односторонним питанием посты секционирования не предусматривают за исключением случаев, предусмотренных в п.7.2.1.1 перечисление б).

7.2.2 Требования к схемотехническим решениям постов секционирования

7.2.2.1 Пост секционирования должен иметь распределительное устройство напряжением свыше 1000 В с двойными секционированными выключателями сборными шинами.

7.2.2.2 На посту секционирования, сооружаемом в соответствии с 7.2.1.1, перечисление а), должны быть предусмотрены отдельные присоединения с выключателями:

а) для подключения питающих линий ближайших к посту секционирования секций питающих проводов и контактной сети каждого из главных путей перегонов каждого из направлений;

б) для подключения питающих линий ближайшей к посту секционирования секции контактной сети локомотивного или моторвагонного депо;

в) для подключения устройства поперечной компенсации (только на постах секционирования переменного тока, имеющих такие устройства);

г) для подключения обмоток каждого из автотрансформаторов

(только на постах секционирования, совмещённых с автотрансформаторными пунктами).

7.2.2.3 На посту секционирования, сооружаемом в соответствии с 7.2.1.1, перечисление б) должны быть предусмотрены отдельные присоединения с выключателем для подключения питающей линии от тяговой подстанции до поста секционирования.

7.2.2.4 Выключатели переменного тока должны быть:

– двухполюсными – для секционирования сборных шин, для подключения питающих линий ближайших к посту секционирования секций контактной сети и питающего провода, для подключения обмоток автотрансформаторов (только на постах секционирования, совмещённых с автотрансформаторными пунктами);

– однополюсными – для остальных подключений.

7.3 Требования к пунктам параллельного соединения

7.3.1 Требования к размещению пунктов параллельного соединения

7.3.1.1 Требования к количеству и местам размещения пунктов параллельного соединения на межподстанционной зоне зависят от её длины, количества и расположения постов секционирования.

7.3.1.2 Пункты параллельного соединения совмещают с автотрансформаторными пунктами.

7.3.2 Требования к схмотехническим решениям пунктов параллельного соединения

7.3.2.1 Пункт параллельного соединения должен иметь распределительное устройство напряжением свыше 1000 В с двойными секционированными выключателями сборными шинами.

7.3.2.2 В пункте параллельного соединения должны быть предусмотрены отдельные присоединения:

– с двухполюсными выключателями – для секционирования сборных шин, для подключения обмоток соответствующего напряжения каждого из автотрансформаторов;

– с двухполюсными разъединителями с двигательными приводами – для подключения питающих линий ближайших к пункту параллельного соединения секций контактной сети и питающего провода.

7.4 Требования к автотрансформаторным пунктам

7.4.1 Требования к размещению автотрансформаторных

пунктов

7.4.1.1 Количество автотрансформаторных пунктов на межподстанционной зоне выбирают исходя из необходимости обеспечения выполнения требований по уровню напряжения в соответствии с п.4.1.10.

7.4.1.2 Один из автотрансформаторных пунктов, размещаемых на межподстанционной зоне, совмещают с постом секционирования за исключением случаев, предусмотренных в п.7.2.1.1 перечисление б). Остальные автотрансформаторные пункты совмещают с пунктами параллельного соединения.

7.4.2 Требования к количеству и размещению автотрансформаторов

7.4.2.1 На автотрансформаторных пунктах следует предусматривать по два автотрансформатора, мощность каждого из которых удовлетворяет требованиям по уровню напряжения, установленным в п.4.1.10.

7.4.2.2 На автотрансформаторных пунктах следует применять масляные автотрансформаторы по ГОСТ Р 51559. Автотрансформаторы, размещаемые на одном автотрансформаторном пункте, не должны отличаться по мощности, схемам соединения обмоток, коэффициентам трансформации и напряжениям короткого замыкания.

7.4.2.3 Автотрансформаторы, размещаемые на одном автотрансформаторном пункте, следует сооружать на одной площадке с одной стороны от железнодорожных путей.

7.4.2.4 Размещение автотрансформаторов выполняют в соответствии с требованиями правил [3].

7.4.3 Требования к схемотехническим решениям автотрансформаторных пунктов

7.4.3.1 Разъединители между выключателями и обмотками автотрансформаторов не предусматривают.

8 Правила строительства

8.1 При строительстве объектов тягового электроснабжения должны быть выполнены требования по безопасности в строительстве [6] и нормы по производству и приемке строительных работ [7].

8.2 Работы по строительству объектов тягового электроснабжения должны быть выполнены в соответствии с рабочим проектом.

8.3 Применяемые при строительстве объектов тягового электроснабжения устройства и материалы должны иметь установленный срок службы в соответствии с нормами [7].

8.4 Строительство зданий, имеющих водоснабжение, осуществляют на основе свода правил СП 31.13330, внутренний водопровод и канализацию на основе свода правил СП 30.13330, наружные сети и канализацию на основе строительных норм СП 32.13330, отопление, вентиляцию и кондиционирование на основе строительных норм СП 60.13330.

8.5 Электромонтажные работы внутри зданий следует выполнять, в две стадии. В первой стадии внутри зданий и сооружений производят работы по монтажу опорных конструкций для установки электрооборудования и шинопроводов, для прокладки кабелей и проводов, и пластмассовых труб для электропроводок, прокладке проводов скрытой проводки до штукатурных и отделочных работ, а также работы по монтажу наружных кабельных сетей и сетей заземления. Работы первой стадии следует выполнять в зданиях и сооружениях по совмещенному графику одновременно с производством основных строительных работ, при этом должны быть приняты меры по защите установленных конструкций и проложенных труб от поломок и загрязнений.

Во второй стадии выполняют работы по монтажу электрооборудования, прокладке кабелей и проводов, шинопроводов и подключению кабелей и проводов к выводам электрооборудования. В электротехнических помещениях объектов работы второй стадии следует выполнять после завершения комплекса общестроительных и отделочных работ и по окончании работ по монтажу сантехнических устройств, а в других помещениях и зонах – после установки технологического оборудования, электродвигателей и других электроприемников, монтажа технологических, санитарно-технических трубопроводов и вентиляционных коробов.

На небольших объектах, удаленных от мест расположения электромонтажных организаций, работы следует производить выездными комплексными бригадами с совмещением двух стадий их

выполнения в одну.

Электрооборудование, изделия и материалы следует поставлять по согласованному с электромонтажной организацией графику, который должен предусматривать первоочередную поставку материалов и изделий, включенных в спецификации на блоки, подлежащие изготовлению на сборочно-комплектующих предприятиях электромонтажных организаций.

Окончание монтажа и порядок ввода в эксплуатацию должен быть произведен в соответствии с правилами [5].

На каждом объекте строительства в процессе монтажа устройств тягового электроснабжения следует вести специальные журналы производства электромонтажных работ, а при завершении работ электромонтажная организация обязана передать генеральному подрядчику документацию в соответствии с требованиями строительных норм [8]. Перечень актов и протоколов проверок и испытаний определяется строительными нормами [9].

8.6 При установке опор контактной сети должны соблюдаться следующие строительные допуски:

- по высоте установки уровня обреза фундамента: ± 30 мм;
- по габариту опоры: +100 мм (уменьшение габарита относительно проектного не допускается);
- по углу наклона опоры «в поле»: +5 мм/м (наклон опор на путь не допускается);
- по углу наклона опоры вдоль пути: 5 мм/м.

8.7 Раскатка проводов контактной подвески должна осуществляться под натяжением, с применением специальных монтажных комплексов.

8.8 Регулировка контактной подвески должна производиться с применением мерных струн на основе технологии, включающей следующие основные этапы:

- предварительные работы: выполнение строительной части, монтаж консолей и фиксаторов;
- раскатка проводов под натяжением на временных струнах, продольная регулировка консолей;
- задание проектного натяжения несущего троса и контактного провода с погрешностью не хуже $\pm 3\%$ за счет предварительного взвешивания и калибровки гирлянд грузов (в случае применения

грузокомпенсаторов);

– измерение длины пролетов и фактических высотных отметок и зигзагов несущего троса в точках подвешивания;

– расчет мерных струн на базе произведенных измерений, выпуск монтажных чертежей установки мерных струн;

– изготовление мерных струн;

– установка мерных струн в проектное положение, регулировка зигзагов контактного провода, рессорных тросов и параметров фиксаторов.

8.9 Параметры поперечной регулировки контактного провода должны соответствовать проектным значениям с допуском ± 20 мм.

8.10 Высота рабочего контактного провода в опорных узлах, измеряемая под первыми от опор струнами контактной подвески, должна соответствовать номинальной высоте 5900 мм от УГР с погрешностью не хуже ± 30 мм.

8.11 Максимальная разница высоты подвеса рабочего контактного провода в опорных узлах на смежных опорах не должна превышать следующих значений:

± 30 мм на участках с максимальной скоростью движения до 200 км/ч включительно;

± 20 мм на участках с максимальной скоростью движения выше 200 и до 350 км/ч включительно;

± 10 мм на участках с максимальной скоростью движения выше 350 км/ч.

8.12 Стрела провеса контактного провода в середине пролета f_k должна соответствовать проектному значению с погрешностью не хуже ± 10 мм.

8.13 Все струны контактной подвески на анкерном участке должны быть нагружены.

8.14 Продольная регулировка контактной подвески должна осуществляться после вытяжки новых проводов, смонтированных на временных струнах, не раньше, чем по истечении четырех недель после их раскатки.

Погрешность соответствия положения консолей таблицам и графикам продольной регулировки не должна быть не хуже ± 150 мм.

Положение низа грузов компенсатора от УГР должно

СП

(проект, первая редакция)

Тяговое электроснабжение высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства

соответствовать таблицам регулировки с погрешностью не хуже ± 150 мм (в случае применения грузокompенсаторов).

Длина петель электрических соединителей должна обеспечивать свободное перемещение проводов контактных подвесок в расчетном интервале температур 150°C .

В местах пересечения проводов контактных подвесок должно обеспечиваться свободное взаимное перемещение проводов в расчетном интервале температур 150°C без риска взаимного касания элементов разных подвесок.

Приложение А

(обязательное)

Требования к системе стока масла

А.1 Система стока масла должна состоять из маслоприемников, маслоотводов и маслосборников.

А.2 Габариты маслоприемника должны выступать за габариты трансформатора не менее чем на:

- 0,6 м при массе масла до 2000 кг;
- 1 м при массе от 2000 кг до 10000 кг;
- 1,5 м при массе от 10000 кг до 50000 кг;
- 2 м при массе более 50000 кг.

При этом габарит маслоприемника может быть принят меньше на расстоянии 0,5 м со стороны стены или перегородки, располагаемой от трансформатора на расстоянии менее 2 м.

А.3 Объем маслоприемника с отводом масла следует рассчитывать на единовременный прием 100 % масла, залитого в трансформатор.

Объем маслоприемника без отвода масла следует рассчитывать на прием 100 % объема масла, залитого в трансформатор (реактор), и 80 % воды от средств пожаротушения из расчета орошения площадей маслоприемника и боковых поверхностей трансформатора (реактора) с интенсивностью $0,2 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$ в течение 30 мин;

А.4 Устройство маслоприемников и маслоотводов должно исключать переток масла (воды) из одного маслоприемника в другой, растекание масла по кабельным и другим подземным сооружениям, распространение пожара, засорение маслоотвода и забивку его снегом и льдом.

А.5 Маслоприемники под трансформаторы с объемом масла до 20 т включительно допускается выполнять без отвода масла. Маслоприемники без отвода масла следует выполнять заглубленной конструкции и закрытыми металлической решеткой, поверх которой должен быть насыпан слой чистого гравия или промытого гранитного щебня толщиной не менее 0,25 м, либо непористого щебня другой породы с фракциями от 30 до 70 мм. Уровень полного объема масла в маслоприемнике должен быть ниже решетки не менее чем на 50 мм.

Должна быть предусмотрена возможность удаления масла и воды

из маслоприемника без отвода масла передвижными средствами. Рекомендуется также предусматривать простейшее устройство для проверки отсутствия масла (воды) в маслоприемнике.

А.6 Маслоприемники с отводом масла допускается выполнять как заглубленными, так и незаглубленными (дно на уровне окружающей планировки). При выполнении заглубленного маслоприемника устройство бортовых ограждений не требуется, если при этом обеспечивается объем маслоприемника, указанный в А.3.

Маслоприемники с отводом масла могут быть выполнены:

- с установкой металлической решетки на маслоприемнике, поверх которой насыпан гравий или щебень толщиной слоя 0,25 м;
- без металлической решетки с засыпкой гравия на дно маслоприемника толщиной слоя не менее 0,25 м.

Незаглубленный маслоприемник следует выполнять в виде бортовых ограждений маслonaполненного оборудования. Высота бортовых ограждений должна быть не более 0,5 м над уровнем окружающей планировки.

Дно маслоприемника (заглубленного и незаглубленного) должно иметь уклон не менее 0,005 в сторону приямка и быть засыпано чисто промытым гранитным (либо другой непористой породы) гравием или щебнем фракцией от 30 до 70 мм. Толщина засыпки должна быть не менее 0,25 м.

Верхний уровень гравия (щебня) должен быть не менее чем на 75 мм ниже верхнего края борта (при устройстве маслоприемников с бортовыми ограждениями) или уровня окружающей планировки (при устройстве маслоприемников без бортовых ограждений).

А.7 При установке маслonaполненного электрооборудования на железобетонном перекрытии здания (сооружения) устройство маслоотвода является обязательным.

А.8 Маслоотводы должны обеспечивать отвод из маслоприемника масла и воды, применяемой для тушения пожара, автоматическими стационарными устройствами и гидрантами на безопасное в пожарном отношении расстояние от оборудования и сооружений: 50 % масла и полное количество воды должны удаляться не более чем за 0,25 ч. Маслоотводы могут выполняться в виде подземных трубопроводов или открытых кюветов и лотков.

«Тяговое электроснабжение высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства»

А.9 Маслосборники должны выполняться закрытого типа и должны вмещать полный объем масла единичного оборудования (трансформаторов, реакторов), содержащего наибольшее количество масла, а также 80 % общего (с учетом 30-минутного запаса) расхода воды от средств пожаротушения. Маслосборники должны быть оборудованы сигнализацией о наличии воды с выводом сигнала на щит управления. Внутренние поверхности маслоприемника, ограждений маслоприемника и маслосборника должны быть защищены маслостойким покрытием.

Библиография

- [1] Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. Утверждены приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 21 декабря 2010 г. № 286
- [2] Руководящий документ РД 78.36.003-2002, утвержден Министерством внутренних дел Российской Федерации 6 ноября 2002 г
- Инженерно-техническая укрепленность. Технические средства охраны. Требования и нормы проектирования по защите объектов от преступных посягательств
- [3] Правила устройства электроустановок (ПУЭ), 7-е изд. Утверждены приказом Минэнерго Российской Федерации от 08.07.2002 N 204
- [4] Инструкция Департамента электрификации и электроснабжения ОАО "РЖД" ЦЭ-191
- Инструкция по заземлению устройств электроснабжения на электрифицированных железных дорогах
- [5] СТН ЦЭ 141-99
- Нормы проектирования контактной сети
- [6] Строительные нормы и правила СНиП III-4-80
- Техника безопасности в строительстве
- [7] СТН ЦЭ 12-00
- Нормы по производству и приемке строительных и монтажных работ при электрификации железных дорог (Устройства контактной сети)
- [8] Строительные нормы и правила СНиП 3.01.04-87
- Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов
- [9] Строительные нормы и правила СНиП 1.01.01-82
- Система нормативных документов в строительстве. Основные положения
- [10] Инструкция Департамента электрификации и
- Инструкция по защите железнодорожных подземных

«Тяговое электроснабжение высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства»

электроснабжения ОАО "РЖД" ЦЭ 518	сооружений от коррозии блуждающими токами
[11] Санитарные нормы и правила СанПиН 2971-84	Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты
[12] Инструкция МПС России ЦП-751	Инструкция по снегоборьбе на железных дорогах Российской Федерации
[13] Руководящий документ РД 78.36.003-2002.	Инженерно-техническая укрепленность. Технические средства охраны. Требования и нормы проектирования по защите объектов от преступных посягательств

СП

(проект, первая редакция)

Тяговое электроснабжение высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства

УДК 621.331

ОКС 93.100.45.020

Ключевые слова: тяговое электроснабжение, высокоскоростная железнодорожная линия, правила проектирования, строительства