МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РФ
Управление электрификации и электроснабжения

И Н С Т Р У К Ц И Я

ПО ЗАЗЕМЛЕНИЮ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

Москва - 1993 год.

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РФ

Управление электрификации и электроснабжения

УТВЕРЖДАЮ:
Заместитель министра путей
сообщения РФ
А.Н. КОНДРАТЕНКО
ЦЭ—191 от 10.06.93 г.

ИНСТРУКЦИЯ

ПО ЗАЗЕМЛЕНИЮ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

Москва — 1993 год

Настоящая Инструкция содержит общие требования к выполнению заземлений на электрифицированных железных дорогах и конкретные технические решения по заземлению устройств тягового и нетягового электроснабжения и связанных с ними сооружений и конструкций.

В основу Инструкции положены ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление». Правила устройств электроустановок (ПУЭ-87, раздел I глава 1-7), Правила эксплуатации электроустановок потребителей (ПЭ), утвержденные Госэнергонадзором 31.03.92 г., Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТБ), утвержденные Главгосэнергонадзором 21.12.84 г., а также инструктивные и нормативные материалы МПС, обобщение результатов научных исследований и эксплуатационного опыта, накопленного на сети дорог.

Инструкция предназначена для работников, связанных с проектированием, строительством и техническим обслуживанием устройств электроснабжения, связи, СЦБ, пути, искусственных сооружений и конструкций на электрифицированных железных дорогах.

Инструкция подготовлена Всероссийским научно-исследовательским институтом железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ) при участии Московского института инженеров железнодорожного транспорта (МИИТ), Трансэлектропроекта и согласована с отделом охраны труда и окружающей среды ЦК Независимого профсоюза железнодорожников и транспортных строителей России, управлениями сигнализации, связи и вычислительной техники, электрификации и электроснабжения, Главным управлением пути МПС, отделом охраны труда и техники безопасности Управления социального развития.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 5

2. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЗАЗЕМЛЕНИЮ КОНСТРУКЦИЙ И УСТРОЙСТВ НА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ 7

2.1. Требования по обеспечению надежной работы защиты от токов короткого замыкания в системе тягового электроснабжения 7

2.2. Требования по обеспечению электробезопасности ... 10

2.3. Требования по обеспечению ноомального функционирования рельсовых цепей автоблокировки и электрической централизации (СЦБ) 12

2.4. Требования по ограничению утечки тяговых токов защиты от электрокоррозии 16

2.5. Общие положения по заземлению конструкций и устройств 16

3. ЗАЗЕМЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ, УСТРОЙСТВ И СООРУЖЕНИЙ 19

3.1. Заземление тяговых подстанций 19

3.2. Заземление опор контактной сети 21

3.3. Заземление опор питающих и отсасывающих линий

3.4. Заземление опор с разрядниками и секционными разъединителями контактной сети 23

3.5. Заземление постов секционирования и пунктов параллельного соединения контактной сети 24

3.6. Заземление пунктов группировки переключателей контактной сети станций стыкования 25

3.7. Заземление автотрансформаторных пунктов системы электроснабжения 2х25 кВ 28

3.8. Заземление отсасывающих трансформаторов и обратных проводов 28

3.9. Заземление установок компенсации реактивной мощности 28

3.10. Заземление комплектных трансформаторных подстанций, питаемых по системе ДПР 29

3.11. Заземление комплектных трансформаторных подстанций, питаемых от ВЛ 6(10) кВ, проложенных по опорам контактной сети 32

3.12. Заземление пунктов подготовки поездов с электрическим отоплением 35

3.13. Заземление напольных устройств СЦБ 36

3.14. Заземление мостов и путепроводов 36

3.15. Заземление в тоннелях 40

3.16. Заземление светильников, прожекторных мачт, ВЛ электроснабжения, проложенных по опорам контактной сети, отдельно стоящих опор освещения 41
3.17. Заземление волноводов и линий связи, проложенных по опорам контактной сети 42
3.18. Заземление протяженных воздухопроводов систем пневмоочистки стрелок и пневмопочты 43
3.19. Заземление отдельно стоящих объектов вблизи электрифицированных путей 43
3.20. Заземление передвижных тяговых подстанций 44
3.21. Основные положения по выполнению заземлений в районах вечной мерзлоты и скалистых грунтов 46

4. КОНСТРУКТИВНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ 48

5. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ 53

6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ 56

ПРИЛОЖЕНИЯ: 1. Термины и основные понятия, применяемые в Инструкции 58
2. Технические характеристики защитных устройств, включаемых в цепь заземления на электрифицированных дорогах 60
3. Измерение параметров заземляющих устройств 61
4. Измерение удельного электрического сопротивления грунта 64

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Инструкция распространяется на заземление:

1.1.1. Конструкций и устройств тягового электроснабжения (стационарных и передвижных тяговых подстанций), постов секционирования (ПС), пунктов параллельного соединения контактной сети (ППС), пунктов группировки переключателя контактной сети станций стыкования (ПГП), опор контактной сети, опор питающих и отсасывающих линий, отсасывающих трансформаторов, автотрансформаторных пунктов, установок компенсации реактивной мощности, разъединителей, разрядников.

1.1.2. Трансформаторных подстанций нетяговых потребителей, питаемых от линий ДПР и воздушных линий электропередачи (ВЛ) 6(10)кВ, проложенных по опорам контактной сети и находящихся в зоне, в которой должны заземляться все металлические элементы конструкций.

1.1.3. Искусственных сооружений, на которых установлены опоры или находятся узлы крепления проводов контактной сети, питающих или отсасывающих линий тягового электроснабжения, а также линий ДПР и ВЛ 6(10) кВ, проложенных по опорам контактной сети.

1.1.4. Конструкций и устройств нетягового электроснабжения, на которых может оказаться напряжение при падении на них проводов, тросов или других деталей контактной сети при их повреждении (напольные устройства СЦБ, мосты и путепроводы, прожекторные мачты, отдельно стоящие опоры освещения, ВЛ и т.п.).

1.1.5. Линий связи, волноводов, ВЛ напряжением ниже 1000 В, прокладываемых по опорам контактной сети.

1.1.6. Пунктов подготовки пассажирских поездов с электрическим отоплением.

1.2. Инструкция устанавливает порядок выполнения и технического обслуживания заземлений, конструкций и устройств, упомянутых в п. 1.1. Инструкции*) на электрифицированных участках постоянного и переменного тока, исходя из требований обеспечения

1.2.1. Надежной работы защиты от токов короткого замыкания (к.з.) в устройствах электроснабжения и в системах электроснабжения нетяговых потребителей.

1.2.2. Электробезопасности обслуживающего персонала.

1.2.3. Нормального функционирования рельсовых цепей автоблокировки и электрической централизации.

1.2.4. Ограничения утечки тягового тока и защиты от электрокоррозии.

1.3. Инструкция не распространяется

1.3.1. На временные заземления устройств тягового и нетягового электроснабжения, путевого инструмента и других устройств, устанавливаемых на период производства ремонтных работ по соответствующим правилам техники безопасности.

*) В дальнейшем везде при ссылках на пункты (пп.) и приложения подразумевается настоящая Инструкция.

1.3.2. На заземление трансформаторных подстанций, распределительных устройств, воздушных и кабельных линий железнодорожных нетяговых потребителей на электрифицированных ж.д., кроме перечисленных в п. 1.1. Инструкции; их заземление выполняется по требованиям ГОСТ 12.1.030–81, «Правил эксплуатации (ПЭ) электроустановок потребителей» и «Правил техники безопасности (ПТБ) при эксплуатации электроустановок потребителей, утвержденных Главгосэнергонадзором 21.12. 84 г., «Электротехнические устройства СНиП 3.05.06–85» в части раздела «Заземляющие устройства».

1.3.3. На заземления конструкций, устройств и коммуникаций, осуществляемые по условиям защиты их от электромагнитного влияния электротяги.

1.3.4. На заземления молниеотводов защиты сооружений и оборудования тяговых подстанций от прямых ударов молнии, выполняемые в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и Руководящими указаниями по расчету зон защиты стержневых и тросовых молниеотводов.

1.4. Для электрифицируемых участков железных дорог заземление конструкций и установку защитных устройств предусматривают в проектах электрификации и осуществляют до пуска участка в эксплуатацию. Принимать в эксплуатацию электрифицированные участки до осуществления всех мер, предусмотренных проектом, запрещается.

1.5. Пояснение терминов и основных понятий, применяемых в Инструкции, приведено в Приложении 1.

1.6. Инструкция составлена так, что требования некоторых пунктов Инструкции, не содержащие указаний на род тока электрифицированных железных дорог (постоянный или переменный), распространяются на устройства независимо от рода тока.

2. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЗАЗЕМЛЕНИЮ КОНСТРУКЦИЙ И УСТРОЙСТВ НА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

2.1. Требования по обеспечению надежной работы защиты от токов короткого замыкания в системе тягового электроснабжения

2.1.1. Контур цепи короткого замыкания должен иметь электрическое сопротивление, обеспечивающее отключение участка контактной сети с нарушенной изоляцией соответствующими фидерными выключателями тяговой подстанции, ПС, ППС.

2.1.2. Конструкции или устройства, на которые возможно попадание напряжения контактной сети вследствие нарушения изоляции или соприкосновения с проводами, должны иметь электрическое соединение с тяговой рельсовой сетью (заземление на тяговую рельсовую сеть).

2.1.3. Заземлению на тяговую рельсовую сеть подлежат все конструкции, на которых крепятся провода контактной сети или провода воздушных линий электропередачи, проложенных по опорам контактной сети, независимо от расстояния до проводов и элементов, находящихся под напряжением, а также все другие металлические сооружения, конструкции и устройства, расположенные в опасной зоне, определяемой по рис. 2.1 (зона А). Для тоннелей зоны заземления конструкций определяются проектом.

2.1.4. При применении группового заземления сопротивление его троса не должно снижать ток к.з. (для наиболее удаленной от места присоединения к рельсам точки группового заземления) ниже значений, обеспечивающих надежную работу защиты от токов к.з.

2.1.5. В системе тягового электроснабжения допускается по разрешению Управления электрификации и электроснабжения (ЦЭ МПС) применение защит от токов к.з., не требующих заземления опор контактной сети и других конструкций на рельсы; при этом требования к надежности и быстродействию защиты сохраняются теми же, что и для максимальной токовой защиты.

2.1.6. Тяговая рельсовая сеть должна быть электрически непрерывной от любого участка пути до пунктов присоединения отсасывающих линий тяговых подстанций; отсасывающие линии тяговых подстанций подключают к главным путям рельсовой сети с соблюдением установленных требований по обеспечению нормальной работы рельсовых цепей.

2.1.7. От каждого участка тяговой рельсовой сети должен быть обеспечен двусторонний отвод токов путем соединения его со смежными участками пути, с рельсами параллельных путей через междупутные электрические соединители (перемычки) и т.п. Преимущественным является использование обеих рельсовых ниток пути для пропуска тяговых токов и токов к.з.

В случае невозможности обеспечения второго выхода току на смежные и параллельные пути на данном участке пути должны использоваться для пропуска тока обе рельсовые нити.

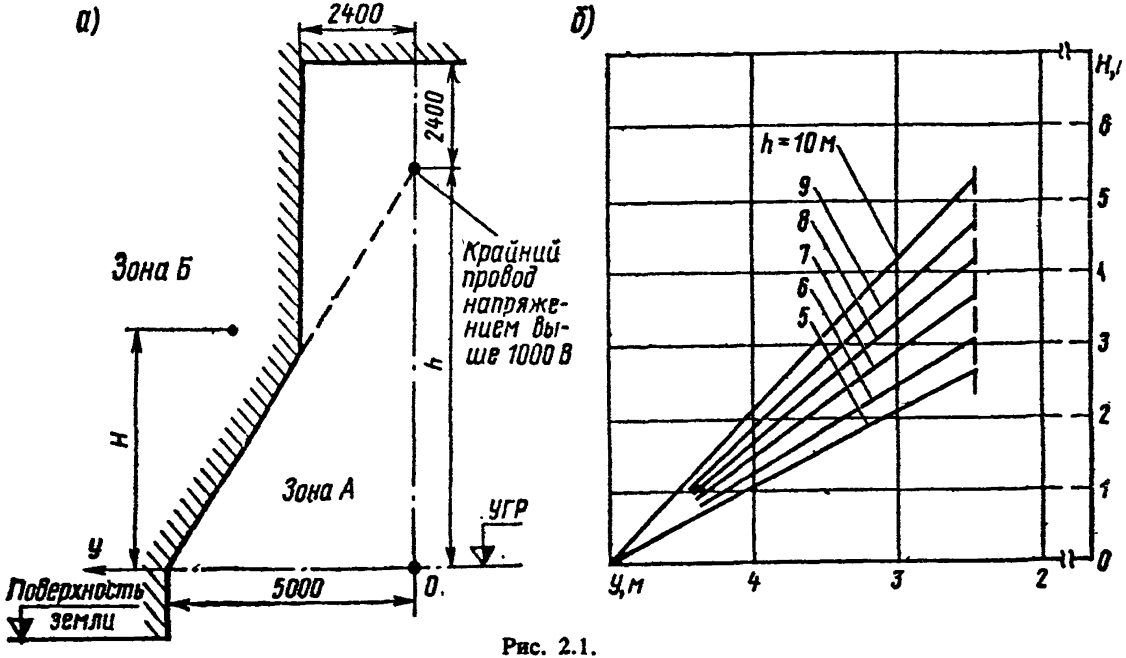


Рис. 2.1.

Зоны заземления одиночных объектов, не связанных с тяговым электроснабжением (а) и график определения высоты расположения незаземляемых металлических объектов (б)

Зона А — заземляются все металлические элементы конструкций;

Зона Б — металлические элементы конструкций не заземляются;

h — высота подвески крайнего провода напряжением выше 1000 В (до 35 кВ); H — высота расположения незаземляемых металлических элементов конструкций (не менее); О — вертикальная проекция крайнего провода контактной сети. ВЛ 6(10) кВ, ДПР.

2.1.8. Запрещается включение в тяговую рельсовую сеть и в отсасывающие линии тяговых подстанций электрических аппаратов и устройств, одним из рабочих состояний которых может быть электрический разрыв цепи (разъединители, выключатели); исключение составляют случаи, когда обеспечивается несколько цепей отвода токов от участка пути или полностью исключается возможность разрыва цепи во включаемом устройстве (например, применение силовых полупроводниковых устройств с достаточной степенью дублирования).

При сближении или пересечении электрифицированных направлений, электроснабжение которых в нормальном режиме осуществляется раздельно, но предусмотрено взаимное резервирование питания, допускается в отсасывающую перемычку, объединяющую тяговые рельсовые сети обоих направлений, включать нормально разомкнутый разъединитель. Разъединитель механически или электрически блокируется с разъединителем резервного питания так, чтобы замыкание или размыкание последнего происходило при включенном положении разъединителя рельсовой сети.

Таким же способом в соответствии с Указаниями по проектированию защиты от искрообразования на сооружениях с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями при электрификации железных дорог выполняют секционирование рельсовой сети на электрифицированных путях и тупиках, с которых осуществляется слив или налив таких жидкостей.

2.1.9. Сборные неизолированные стыки тяговых рельсовых нитей оборудуют гибкими приварными медными соединителями сечением не менее 70 мм^2 на участках постоянного тока и не менее 50 мм^2 на участках переменного тока с поверхностью контакта в месте приварки каждого не менее 250 мм^2. На боковых путях станций (кроме путей со сквозным пропуском поездов), подъездных путях, малодеятельных ответвлениях участков переменного тока разрешается применять двойные приварные соединители из стального троса диаметром 6 мм каждый.

Допускаются и другие разрешенные МПС способы, обеспечивающие электрическое сопротивление рельсового стыка на участках постоянного тока не более сопротивления 3 м целого рельса при их длине 12,5 и 6 м — при большей длине и на уравнительных рельсах бесстыкового пути.

2.1.10. Двух- и многопутные электрифицированные участки оборудуют таким наибольшим количеством междупутных электрических соединителей, которое допустимо по условиям нормального функционирования рельсовых цепей автоблокировки или электрической централизации.

Для участков постоянного и переменного тока — в соответствии с п. 6.3. Инструкции по защите железнодорожных подземных сооружений от коррозии блуждающими токами, утвержденной 04.07.87 г. ЦЭ-3551 (в дальнейшем именуемой Инструкцией). Во всех случаях длина обходных шунтирующих цепей по смежным и параллельным путям и перемычкам (длина ℓ, рис. 2.2, г), независимо от длины рассматриваемой рельсовой цепи, должна быть не менее 10 км. При тональных рельсовых цепях длина обходных шунтирующих цепей должна быть не менее 2-х км.

На электрифицированных путях, не оборудованных рельсовыми цепями автоблокировки или электрической централизацией, устанавливают междурельсовые соединители через каждые 300 м, междупутные соединители — через каждые 600 м. Эти соединители могут быть изготовлены из стального провода диаметром не менее 12 мм (постоянный ток) и не менее 10 мм (переменный ток) или из стальной полосы 40х5 мм и прокладываться изолированно от земляного полотна и балласта.

2.1.11. Электрические тяговые соединители — междупутные, междроссельные, дроссельные, междроссельные в однониточных рельсовых цепях, стрелочные (рис. 2.2) — должны быть медными и не менее чем двухпроводными, с площадью сечения каждого провода не менее 70 мм^2 (постоянный ток) и 50 мм^2 (переменный ток). Длина междупутной перемычки не должна быть более 100 м.

2.1.12. При использовании тяговой рельсовой сети электрифицированных путей в качестве фазы для электроснабжения нетяговых потребителей и в качестве естественного заземлителя для заземления устройств грозозащиты и защиты от электромагнитных влияний должны соблюдаться требования пп. 2.1.7, 2.1.9.

2.1.13. Допускается использовать рельсовые нити неэлектрифицированных путей для заземления сооружений и конструкций, если они оборудованы стыковыми соединителями (п. 2.1.9) и имеют электрическое соединение с рельсами электрифицированных путей в соответствии с п. 2.1.7 Инструкции. Изоляция этих рельсовых нитей от земли на участках постоянного тока должна соответствовать требованиям Инструкции ЦЭ-3551.

2.1.14. При тональных рельсовых цепях для выравнивания потенциала рельсов и снижения влияния асимметрии тягового тока на рельсовые цепи должны устанавливаться выравнивающие (симметрирующие) дроссель-трансформаторы (дроссели): на участках постоянного тока на расстоянии не более 2-х км друг от друга, как правило 1 дроссель на блок-участок; на участках переменного тока — на расстоянии не более 3-х км друг от друга.

2.2. Требования по обеспечению электробезопасности

2.2.1. Для обеспечения электробезопасности обслуживающего персонала и других лиц на электрифицированных дорогах конструкции и устройства, перечисленные в п. 1.1, должны быть заземлены способом, обеспечивающим отключение режима к.з. При этом напряжение на заземляемых конструкциях и устройствах не должно превышать нормируемых значений, принятых действующими нормативными документами для соответствующей продолжительности срабатывания защиты.

2.2.2. Защитному заземлению подлежат все металлические части конструкций и устройств, доступные для прикосновения человека и не имеющие других видов защиты, обеспечивающих электробезопасность.

2.2.3. Сопротивление защитного заземления не должно превышать значений, нормируемых для данного типа электроустановок.

Если на заземленных конструкциях и устройствах с помощью выравнивающих сеток и контуров обеспечиваются допустимые напряжения прикосновения, то собственное сопротивление заземляющего устройства по условиям электробезопасности не нормируется.

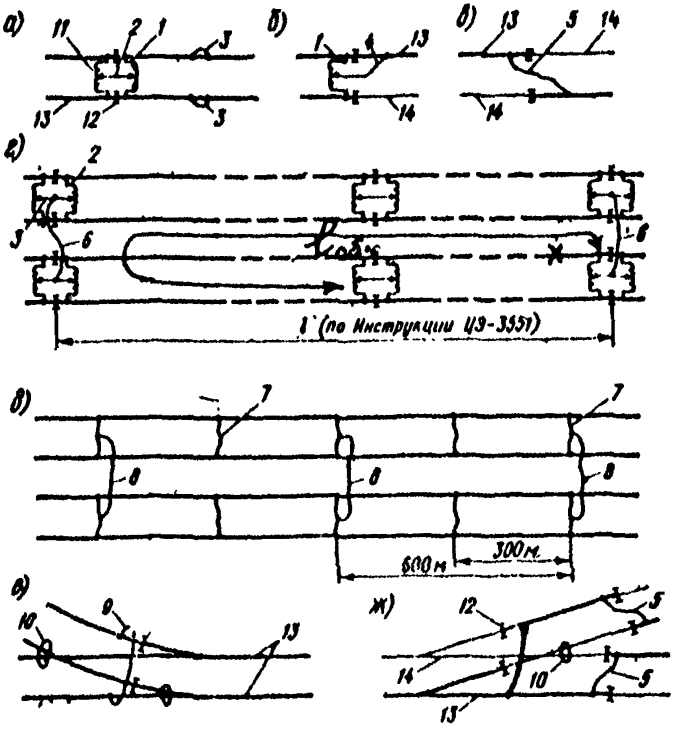


Рис. 2.2.

Схемы установки рельсовых соединителей на переходах рельсовых цепей двухниточных (а), с двухниточной и однониточной (б), однониточных (в), на двухпутных участках с автоблокировкой (г), без автоблокировки (д), на стрелочных переводах при двухниточных (е) и однониточных (ж) рельсовых цепях:

1 — дроссельный электрический соединитель; 2 — междроссельный; 3 — стыковой; 4 и 5 — междроссельный и *междурельсовый в однониточных рельсовых цепях*; 6 — междупутный на участке с автоблокировкой; 7 и 8 — междурельсовый и междупутный на участке без автоблокировки; 9 — стрелочный и 10 — стальной штепсельный соединитель; 11 — путевой дроссель-трансформатор; 12 — изолирующий стык; 13 — тяговая рельсовая нить; 14 — сигнальная (нетяговая) рельсовая нить.

2.2.4. Допускается в цепь заземления включать защитные устройства, создающие разрыв цепи заземления в нормальном режиме, но обеспечивающие его замыкание при возникновении опасных напряжений на защищаемых конструкциях или устройствах, а также выполнение требований п. 2.1.1. Напряжение срабатывания защитного устройства не должно превышать 1200 В.

Сооружения и конструкции на участках переменного тока, расположенные в общедоступных местах (посадочные платформы, места посадки и высадки пассажиров, не имеющих посадочных платформ, оборудованные переезды и переходы на уровне железнодорожных путей, места систематической погрузки и выгрузки, пешеходные и сигнальные мостики), заземляют только наглухо двумя проводниками. На участках постоянного тока в цепь заземления включают диодные заземлители, заземление через которые в проводящем направлении эквивалентно глухому заземлению.

2.2.5. Узлы крепления устройств контактной сети на железобетонных конструкциях (опорах, мостах), если они расположены выше 2,5 м от уровня земли или посадочной платформы, заземляют как и в необщедоступных местах (т.е. с включением при необходимости в цепь заземления защитных устройств).

2.2.6. Заземление устройств, на которых обслуживающим персоналом периодически производятся технологические операции (включение, отключение и т.п.), должно быть глухим и выполнено двумя заземляющими проводниками, видимыми на всей их длине.

2.3. Требования по обеспечению нормального функционирования рельсовых цепей автоблокировки и электрической централизации (СЦБ)

2.3.1. Подключение конструкций и устройств к рельсовым цепям СЦБ не должно нарушать нормального функционирования рельсовых цепей во всех режимах работы: нормальном, шунтовом, контрольном, а также в режиме автоматической локомотивной сигнализации (АЛСН).

2.3.2. При однониточных рельсовых цепях заземления конструкций и устройств подключают только к тяговым нитям этих цепей, при двухниточных рельсовых цепях — к средним выводам путевых (дополнительных) дроссель-трансформаторов или ближнему рельсу.

При тональных рельсовых цепях заземления, кроме того, подключают к выравнивающим дроссель-трансформаторам, специально устанавливаемым для канализации тягового тока по рельсам. Во всех случаях сопротивление сигнальному току утечки в землю через все присоединенные к дроссель-трансформатору (дроссель) или рельсу конструкции не должно быть ниже значений, приведенных в табл. 2.1.

2.3.3. При сопротивлении сигнальному току утечки менее указанных в табл. 2.1, такие конструкции заземляют на тяговую рельсовую сеть через защитные устройства, препятствующие утечке сигнального тока с рельсов через конструкции в землю (искровые промежутки, диодные и диодно-искровые заземлители). С этой же целью возможно повышение сопротивления сигнальному току в цепи утечки через конструкции и устройства специальных изолирующих элементов (прокладки, втулки, шайбы и т.п.), устанавливаемых между заземляемыми деталями конструкций и основаниями, фундаментами, опорами.

2.3.4. Ток помехи в цепи заземления конструкций и устройств на рельсовую сеть при длительности более 2 с не должен быть выше нормируемых значений, приведенных в табл. 2.2.

2.3.5. Провода рабочих автотрансформаторных пунктов системы электроснабжения 2х25 кВ, трансформаторных подстанций, питаемых от системы ДПР, установок компенсации реактивной мощности, провода обратного тока отсасывающих трансформаторов, при двухниточных рельсовых цепях, к средним выводам путевых дроссель-трансформаторов (дросселей); при однониточных — к тяговому рельсу. Если расстояние от места расположения указанных устройств до существующего путевого дроссель-трансформатора (дроссельного пункта) более 200 м, то допускается подключать их к специально устанавливаемому для этих целей дополнительному дроссель-трансформатору.

В качестве дополнительного дроссель-трансформатора используют ДТ—0, 6—500С с коэффициентом трансформации 3, настраиваемый в резонанс для сигнального тока.

На участках постоянного тока провода рабочих заземлений электроустановок переменного тока частотой 50 Гц разрешается подключать к рельсовой сети в случае применения рельсовых цепей с частотой сигнального тока, отличающейся от 50 Гц.

Таблица 2.1

Место подключения заземляемой конструкции к рельсовой цепи	Сопротивление сигнальному току утечки в землю через заземляемую на рельсовую сеть конструкцию, не менее	
	индивидуальное заземление	групповое заземление
К среднему выводу дроссель-трансформатора (дросселя)	5 Ом	5 Ом
К рельсу двухниточной рельсовой цепи	100 Ом	6 Ом·км
К тяговому рельсу однониточной рельсовой цепи	не нормируется	

ПРИМЕЧАНИЯ:

1. Сопротивление не нормируется для заземляемых конструкций, подключаемых к путевым дроссель-трансформаторам в пунктах отсоса тяговых токов и пунктах подключения междупутных электрических соединителей (перемычек).
2. Для группового заземления нормативное значение минимально допустимого сопротивления сигнальному току в цепи утечки на землю равно $R_{гз}=6/L_{гз}$, (здесь $L_{гз}$ — фактическая длина троса группового заземления, км). В условиях эксплуатации по измеренному значению входного сопротивления $R_{вхгз}$, приведенное к 1 км пути, сопротивление $R_{гз}$ определяется по формуле

$$R_{гз}=K_{вхгз}\cdot L_{гз}$$

Таблица 2.2

Место подключения заземляемой конструкции к рельсовой цепи	Ток помехи*) частотой 50 Гц при системе, А	
	постоянного тока	переменного тока
К тяговой нити однониточной рельсовой цепи с непрерывным питанием током частотой		
50 Гц	1,2	Не применяются
25 или 75 Гц и более	10	Не нормируется
К средней точке путевого дроссель-трансформатора релейного или питающего концов рельсовых цепей;		
с кодовым и непрерывным питанием током частотой		
25 Гц с АЛС	5	Не нормируется
50 Гц с АЛС	5	Не применяются
25 и 25 Гц без АЛС	50	Не нормируется

ПРИМЕЧАНИЕ. *) Под током помехи следует понимать полный ток в цепи заземления; измеряется токоизмерительными клещами с соответствующим пределом измерений или определяется по методике Инструкции (ЦЭ-3551—п.п. 8.6.4., 8.8.4).

2.3.6. В системе электроснабжения переменного тока с отсасывающими трансформаторами расстояние между точками подключения обратных проводов к средним выводам путевых или дополнительных дроссель-трансформаторов рельсовых цепей с изолирующими стыками при чередующейся системе установки отсасывающих трансформаторов должно быть не менее 4 км; при сплошной системе допускается более частое подключение, если обходная цепь по обратному проводу имеет сопротивление не менее 2 Ом для частоты сигнального тока 25 Гц. При бесстыковых рельсовых цепях расстояние между точками подключения таких проводов должно быть не менее 2 км.

2.3.7. На перегонах и станциях при двухниточных рельсовых цепях заземляющие проводники конструкций и устройств в целях предотвращения шунтирования рельсовой цепи должны быть присоединены в пределах каждого блок-участка (рельсовой цепи) к одной и той же рельсовой нити.

2.3.8. Каждая конструкция, электрически представляющая одно целое, может иметь только одно заземление на тяговую рельсовую сеть. При выполнении этого заземления двумя проводами расстояние между узлами крепления их к рельсу должно быть не более 200 мм.

Не допускается металлически объединять (непосредственно или через металлические покровы кабелей, трубопроводы и т.п.) разные конструкции или устройства, если каждое из них имеет заземление на рельсы или дроссель-трансформаторы в разных точках тяговой рельсовой сети,

2.3.9. Способ прокладки заземляющих проводников под путями должен исключать возможность замыкания рельсовых нитей между собой.

2.3.10. Групповое заземление конструкций и сооружений на станциях и перегонах присоединяют к рельсам или путевым дроссель-трансформаторам только в одной точке; подключение групповых заземлений к тяговым нитям двухниточных рельсовых цепей допускается не ближе 200 м от путевых дроссель-трансформаторов.

2.3.11. Заземление разрядников контактной сети или ВЛ дол[жно] осуществляться к средним выводам путевых (дополнител[ьных]) дроссель-трансформаторов или к тяговым нитям однонит[очных] рельсовых цепей; допускается присоединение их к тяговым [нитям] двухниточных рельсовых цепей на перегонах не ближе 200 м от путевых дроссель-трансформаторов, на станциях — в любой то[чке] рельсовой цепи, при бесстыковых рельсовых цепях — не ближе 100 м от места подключения аппаратуры рельсовой цепи.

2.3.12. ВЛ напряжением до и выше 1000 В линии связи, радио и т.п., прокладываемые по опорам контактной сети, крепят на деревянных*) траверсах с ограничителями со стороны опор; волноводы крепят на деревянных траверсах без ограничителей.

Детали крепления на опоре траверс ВЛ до 1000 В, линии связи, радио и волноводных не заземляют на тяговую рельсовую сеть.

2.3.13. Системы электроснабжения устройств напряжением до 1000 В, размещенных на конструкциях, заземленных на рельсы или путевые (дополнительные) дроссель-трансформаторы, при электротяге постоянного тока с рельсовыми цепями 50 Гц должны быть с изолированной нейтралью. В системах с неизолированной нейтралью электроснабжение этих устройств должно осуществляться через изолировочный трансформатор.

2.3.14. Оболочки сигнальных, силовых, телефонных, осветительных и других кабелей должны быть изолированы от всех металлических конструкций и устройств, заземленных на рельс, независимо от схемы их заземления.

2.3.15. Устройства и конструкции, не связанные с электроснабжением поездов (особенно если в них содержатся источники тока, совпадающего или близкого по частоте с сигнальным), следует преимущественно размещать вне зоны обязательного заземления их на рельсы, т.е. в зоне Б, определяемой п. 2.1.3. Это требование не распространяется на кабельные и специальные технологические устройства (стрелочные переводы, устройства обогрева и пневмоочистки стрелок, вагонные замедлители и т.п.).

---

*) Для ВЛ выше 1000 В допускается применение и металлических траверс с обеспечением изоляции деталей крепления траверсы от опоры.

2.4. Требования по ограничению утечки тяговых токов и защиты от электрокоррозии

2.4.1. Настоящие требования относятся к электрифицированным участкам постоянного тока.

2.4.2. Конструкции, соединенные с рельсами наглухо или через защитные устройства (искровые промежутки, диодные заземлители и т.п.), следует:

устанавливать на бетонные или железобетонные основания (фундаменты);

изолировать от металлических оснований (фундаментов), трубопроводов и оболочек кабелей, проложенных в земле, с помощью специальных электроизолирующих деталей — прокладок, втулок, шайб, муфт, вставок, видимых разрывов электрической цепи и т.п.;

не заземлять повторно на контуры заземления или естественные заземлители.

2.4.3. Сопротивление токам утечки с рельсов через заземленные на них конструкции не должно быть ниже нормируемых величин по условиям защиты конструкций от электрокоррозии, приведенных в табл. 2.3.

2.4.4. Соединительные провода цепи заземления на рельс должны быть проложены изолированно от балласта и земляного полотна.

2.5. Общие положения по заземлению конструкций и устройств

2.5.1. Технические параметры и схемы заземления конструкций и устройств должны удовлетворять требованиям:

на участках постоянного тока — п. 2.1-2.4 Инструкции;

на участках переменного тока и станциях стыкования — п. 2.1-2.3 Инструкции.

При выборе способа заземления следует руководствоваться теми требованиями из перечисленных, которые для данного конкретного случая являются наиболее жесткими.

2.5.2. Требования по условиям надежной защиты от токов к.з. и электробезопасности обеспечиваются:

для конструкций и устройств тяговых подстанций постоянного тока и совмещенных подстанций стыкования — заземлением на контур подстанции, который имеет сопротивление не выше нормируемого с учетом естественных заземлителей (трубопроводов и кабелей), соединенных с контуром;

для конструкций и устройств тяговых подстанций переменного тока — заземлением на контур подстанции, который через отсасывающую перемычку и рельсы подъездных путей имеет соединение с тяговой рельсовой сетью и с фазой С тягового трансформатора;

для всех конструкций и устройств тяговой сети, а также для других сооружений, конструкций и устройств, расположенных в опасной зоне А индивидуальным или групповым заземлением их на тяговую рельсовую сеть;

для трансформаторных подстанций нетяговых потребителей, питаемых от тяговой сети или ДПР — заземлением на тяговую рельсовую сеть и устройством выравнивающих контуров.

2.5.3 При выборе конкретной схемы заземления устройств контактной сети, а также других сооружений, конструкций и устройств, расположенных в зоне А, следует руководствоваться табл. 2.4.

Таблица 2.3

Конструкция	Сопротивление цепи заземления на каждый вольт среднего значения потенциалов «рельс-земля», Ом/В, не менее	Норма сопротивления, исключающая необходимость оценки по току утечки и потенциалу «рельс-земля», Ом, не менее
Опора контактной сети (металлическая или железобетонная)	25	10000
Бетонный фундамент светофора	400	10000
Железобетонная мачта светофора или фундамент релейного шкафа	100	10000
Фундамент поста секционирования или пункта параллельного соединения	10	500
Фундамент (опора) моста или путепровода	Определяется для каждого моста (путепровода) в зависимости от его конструкции по пункту 8.3.10 Инструкции ЦЭ-3551	

ПРИМЕЧАНИЯ:
1. Ток утечки или сопротивление заземления конструкций не нормируются в катодных зонах потенциалов рельсов.
2. Для групповых заземлений указанные в таблице значения токов и сопротивлений являются нормируемыми для всей объединенной группы конструкций в целом.
3. Продолжительность измерений при определении средних значений токов или потенциалов определяется Инструкцией ЦЭ-3551.

За нормируемое значение сопротивления заземления конструкции ($R_{норм}$) на участках постоянного тока принимают большее значение из нормируемых по требованиям СЦБ (см. табл. 2.1) и защиты от электрокоррозии (см. табл. 2.3); на участках переменного тока — только по требованиям СЦБ.

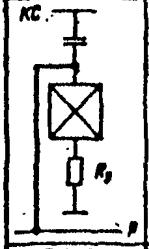
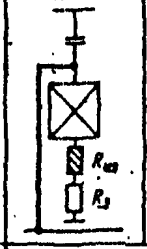
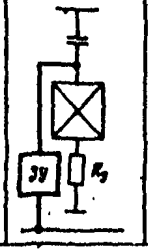
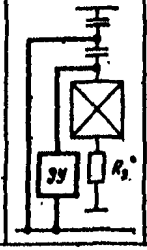
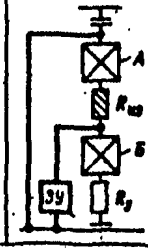
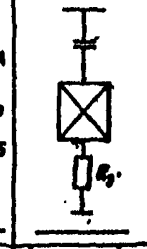
Первоначально оценивают возможность глухого заземления сооружений и конструкций на рельсовую сеть как преимущественного по электробезопасности и защите от токов к.з.; если при этом выдерживаются требования СЦБ и защиты от электрокоррозии ($R_З \geq R_{норм}$), то заземление осуществляется глухим (см. табл. 2.4, схема 1).

Глухим заземление выполняют также на конструкциях, для которых оно является единственно возможным по требованиям электробезопасности или защиты от токов к.з.; если при этом не выдерживаются требования СЦБ или защиты от электрокоррозии ($R_З \leq R_{норм}$), то осуществляют дополнительные технические мероприятия по повышению уровня изоляции конструкций от земли (схема II) или комбинированные способы заземления (схемы IV, V).

Если требования СЦБ или защиты конструкций от электрокоррозии не выдерживаются и в то же время заземление конструкций может быть неглухим, то в его цепь включают защитные устройства — искровые промежутки, диодные заземлители и т.п. (схема III).

Таблица 2.4

Электрические схемы заземления для различных видов заземления на рельсовую сеть

Глухое	Глухое с дополнительной изоляцией от земли	Через защитное устройство	Комбинированное с нейтральной вставкой	Комбинированное с дополнительной изоляцией между конструкциями	Без заземления на рельсовую сеть
I	II	III	IV	V	VI
					
$R_з \geqslant R_{изол}$	$R_з < R_{изол}$				
Условие применения					По особым условиям
Глухое заземление обязательно		Глухое заземление не обязательно		Глухое заземление конструкции А обязательно	

Условные обозначения:

- — заземляемая конструкция;
- ЗУ — защитное устройство (МП, ЗД, ТЭ, ЗД + ГМП);
- — изоляция контактной сети;
- КС — контактная сеть;
- — заземляющий проводник;
- Р — рельсовая сеть;
- $R_з$ — сопротивление току утечки через конструкцию в земле;
- $R_{из}$ — сопротивление дополнительной изоляции

3. ЗАЗЕМЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ, УСТРОЙСТВ И СООРУЖЕНИЙ

3.1. Заземление тяговых подстанций

3.1.1. Для заземления электрооборудования тяговых подстанций предусматривают заземляющую магистраль (шина заземления) и контур заземления (заземлитель); к магистрали присоединяют электрооборудование закрытых распределительных устройств, комплектные и распределительные устройства внутренней установки; к заземлителю присоединяют оборудование и конструкции открытых распределительных устройств, комплектные распределительные устройства наружной установки и заземляющую магистраль (последнюю не менее чем в двух местах).

3.1.2. На тяговых подстанциях постоянного тока и совмещенных подстанциях станций стыкования для заземления электрооборудования распредустройства 3,3 кВ выполняют внутренний контур заземления, соединяемый с заземлителем (внешним контуром заземления) в двух местах через реле земляной защиты.

Внутренний и внешний контуры заземления не должны иметь постоянного электрического соединения (кроме цепей дренажной защиты от блуждающих токов) с минусовой шиной (шиной отрицательной полярности), отсасывающей линией и рельсами подъездного пути подстанции; последний изолируют от других путей тремя парами изолирующих стыков, включаемых в обе рельсовые нити: одна из них — у ворот территории подстанции, другая — в месте примыкания подъездного пути к станционным путям, третья — в середине между ними.

Между внешним контуром заземления и отсасывающей линией (до реактора со стороны рельсов) включают короткозамыкатель или дренажно-шунтовой заземлитель (ПДШЗ).

3.1.3. На тяговых подстанциях переменного тока фазу С тяговых трансформаторов соединяют с отсасывающей линией, рельсами подъездного пути (через каждые 5-10 м в пределах территории подстанции) и контуром заземления. Изолирующие стыки в рельсах подъездного пути не устанавливают, а сборные стыки рельсов на всем протяжении подъездного пути оборудуют стыковыми соединителями (см. п. 2.1.9); рельсы этого пути должны иметь электрическое соединение с тяговой рельсовой сетью электрифицированных путей.

3.1.4. Сопротивление заземления внешнего контура тяговых подстанций постоянного тока и совмещенных подстанций станций стыкования должно быть не выше 0,5 Ом, включая сопротивление естественных заземлителей. При удельном сопротивлении земли β, больше, чем 500 Ом·м, допускается повышение сопротивления контура в $\beta/500$ раз, но не выше 5 Ом. Допускается также выполнение контура по нормам напряжения прикосновения в соответствии с требованиями ПУЭ (§ 1.7.50, 1.7.51); конструкция контура должна соответствовать п. 4.20.

3.1.5. Контур заземления тяговых подстанций переменного тока выполняют как выравнивающий, его собственное сопротивление не нормируют; конструкцию контура выполняют по п. 4.20.

3.1.6. Напряжение на контуре заземления по отношению к удаленной земле при стекании с него тока замыкания на землю в соответствии с требованиями ПУЭ (§ 1.7.50) не должно превышать 10 кВ. При напряжении на контуре свыше 5 кВ должны предусматриваться меры по защите изоляции отходящих кабелей связи и телеуправления.

3.1.7. На тяговых подстанциях постоянного тока подлежат заземлению:

а) на внутренний контур заземления (магистраль заземления);

каркасы ограждения и металлоконструкции распределительного устройства выпрямленного тока и отдельно стоящие ячейки разъединителей преобразовательных агрегатов;

основания быстродействующих выключателей (фидерных и агрегатных);

арматура разъединителей, поддерживающие конструкции сборных шин, шинных мостов и установок постоянного тока 3,3 кВ;

проходные плиты и анкерные штанги фидеров выпрямленного тока;

основания разрядников постоянного тока, установленных внутри или на фасаде здания;

конструкции сглаживающего устройства и корпуса конденсаторов;

каркасы щитов и панелей управления, имеющих высоковольтные приборы или кабели постоянного тока напряжением выше 1000 В;

оболочки силовых кабелей выпрямленного тока (кроме отсасывающих и анодных кабелей); оболочки силовых кабелей питающих линий выпрямленного тока изолируют от конструкций контактной сети и заземляют на внутренний контур только в здании подстанций;

шкафы и панели управления преобразовательных агрегатов, панели управления установок поглощения избыточной энергии рекуперации.

б) на внешний контур заземления (искусственный заземлитель);

металлические корпуса электрооборудования переменного тока напряжением выше 1000 В и поддерживающие их конструкции, расположенные на открытой части подстанции;

электрооборудование закрытых распредустройств переменного тока напряжением выше 1000 В;

вторичные обмотки измерительных трансформаторов;

металлические корпуса шкафов управления, панелей и другие конструкции открытых распредустройств переменного тока;

металлические оболочки и броня силовых кабелей напряжением до и выше 1000 В, проложенных по территории подстанции;

металлические оболочки и броня контрольных кабелей;

стальные трубы водопровода и канализации, проложенные по территории подстанции.

3.1.8. На тяговых подстанциях постоянного тока с комплектными РУ 3,3 кВ, размещенными на открытой части, металлические корпуса камер которых являются внутренним контуром заземления, а также проходные плиты, металлоконструкции шинных мостов и шкафы преобразовательных агрегатов наружной установки заземляют через отдельные реле земляной защиты на внешний контур заземления.

Опорные конструкции реактора сглаживающего устройства, включенного в плюсовую шину (шину положительной полярности), заземляют через реле земляной защиты на внешний контур, а при включении его в отсос — без реле на внешний контур.

3.1.9. На тяговых подстанциях переменного тока к контуру заземления (искусственному заземлителю) присоединяют все металлические корпуса оборудования ОРУ, арматуру опорных и подвесных изоляторов, а также металлические конструкции: трубопроводы, оболочки и броню кабелей (кроме кабелей, упомянутых в п. 3.1.10 Инструкции).

Корпуса электрических аппаратов, панелей управления, каркасы отгораживания и металлические конструкции РУ закрытого типа соединяют с заземляющей магистралью, имеющей непосредственное присоединение в двух местах с контуром заземления тяговой подстанции.

3.1.10. Оболочки кабельных вводов на тяговую подстанцию магистральной или местной связи, телеуправления, сетей напряжением до 1000 В не соединяют с контуром заземления подстанции, а сами кабели по территории подстанции прокладывают в изоляционных трубах; внутри здания подстанции кабели прокладывают без металлических оболочек и брони.

3.1.11. Заземление передвижных тяговых подстанций, работающих в стационарном режиме, выполняют по требованиям п. 3.20 Инструкции.

3.2. Заземление опор контактной сети

3.2.1. Металлические опоры и конструкции крепления контактной сети и ВЛ напряжением выше 1000 В на железобетонных и деревянных опорах должны быть заземлены на тяговую рельсовую сеть.

3.2.2. Заземление опор выполняют индивидуальным или групповым с присоединением заземляющих спусков к тяговым рельсам или средним выводам путевых (дополнительных или специальных) дроссель-трансформаторов с соблюдением требований п. 2.3 Инструкции.

3.2.3. Максимальная длина провода группового заземления на участках постоянного тока не должна превышать при Т-образной схеме подключения 1200 м (2х600) для железобетонных и 600 м (2х300 металлических опор, а при Г-образной схеме — соответственно 600 и 300 м. Если при этом среди железобетонных опор есть опоры с оттяжками, имеющими изоляцию на высоте ниже 2,5 м, расстояние от них до точки присоединения группового заземления к рельсам не должно превышать 300 м.

При переменном токе максимальная длина провода группового заземления независимо от типа опор для Т-образной схемы составляет 400 м (2х200), для Г-образной схемы — 200 м. Для групп чередующихся металлических и железобетонных опор наибольшую длину провода группового заземления определяют как для металлических опор.

Во всех конкретных случаях при выборе длины провода группового заземления следует руководствоваться требованиями п. 2.1.1 Инструкции.

3.2.4. Конструктивное выполнение индивидуальных и групповых заземлений опор должно соответствовать требованиям гл. 4 Инструкции.

3.2.5. На электрифицированных участках переменного тока заземляют:

а) наглухо (см. табл. 2.4, схема I):

опоры, расположенные в общедоступных местах (см. п. 2.2.4 Инструкции);

если при этом опоры имеют меньшее сопротивление заземления, чем допускается по требованиям СЦБ (см. табл. 2.1), то на таких опорах следует устанавливать дополнительные изолирующие элементы для изоляции опор от анкерных болтов фундаментов (см. табл. 2.4, схема II) или для изоляции заземляемых конструкций крепления контактной сети и заземляющих проводов от опоры (см. табл. 2.4, схема V);

все остальные опоры при индивидуальном или групповом заземлении, имеющие сопротивление заземления выше допустимых по требованиям СЦБ (см. табл. 2.1).

б) через искровые промежутки (см. табл. 2.4, схема III):

опоры при индивидуальном и групповом заземлении, имеющие сопротивление заземления ниже допустимого по требованиям СЦБ (см. табл. 2.1).

3.2.6. На участках постоянного тока в заземляющих спусках опор устанавливают (см. табл. 2.4, схема III):

а) искровые промежутки при индивидуальном заземлении опор, а также при групповом заземлении в катодных зонах потенциалов рельсов;

б) диодные заземлители — при групповом заземлении опор в анодных и знакопеременных зонах;

в) диодно-искровые заземлители — независимо от зоны потенциалов рельсов при групповом заземлении опор, имеющих сопротивление заземления ниже допустимых по требованиям СЦБ (см. табл. 2.1).

3.2.7. Места присоединения спусков групповых заземлений с диодными и диодно-искровыми заземлителями к рельсам должны быть удалены от мест присоединения к рельсам разрядников контактной сети не менее чем на 100 м.

3.2.8. Ригельные опоры и опоры гибких поперечин при неизолированных поперечном и верхнем фиксирующих тросах заземляют только с одной стороны. Если на опоре гибкой поперечины имеется разрядник, заземление устанавливают со стороны этой опоры. При изолированных гибких поперечинах заземляют обе опоры.

3.3. Заземление опор питающих и отсасывающих линий

3.3.1. При прокладке проводов питающих и отсасывающих линий по опорам контактной сети заземление опор выполняют по п. 3.2 Инструкции.

3.3.2. Опоры питающих линий, расположенные вдали от путей, заземляют на провода отсасывающей линии, а при ее отсутствии — на специально подвешенный провод группового заземления, подсоединенный к тяговому рельсу (среднему выводу дроссель-трансформатора). Рядом расположенные опоры питающих линий объединяют одним заземляющим проводником.

Длина и сечение провода группового заземления должны быть проверены по условиям обеспечения нормальной работы защиты от токов к.з. При этом у металлических опор, удаленных от места присоединения отсасывающей линии или группового заземления к рельсам (среднему выводу дроссель-трансформатора) на участках постоянного тока на расстояние более 1 км, а переменного тока на расстояние 0,5 км укладывают выравнивающие контуры. Конструкция контура должна соответствовать требованиям п. 4.21 Инструкции.

3.3.3. Заземление опор питающих линий постоянного тока на отсасывающую линию осуществляют через искровые промежутки; при групповом заземлении искровые промежутки устанавливают в спуске к дроссель-трансформатору или тяговому рельсу.

На питающих линиях переменного тока искровые промежутки не устанавливают. Заземление опор питающих линий постоянного и переменного тока совмещенных тяговых подстанций на станциях стыкования осуществляют раздельно. В случае прокладки этих линий по одним опорам заземление последних осуществляют на провод группового заземления, присоединяемый к тяговому рельсу (путевому дроссель-трансформатору) через искровой промежуток.

3.3.4. Заземление концевых опор питающих линий, расположенных у тяговых подстанций (в том числе портальных), на которых имеются секционные разъединители, производят глухим присоединением к внешнему контуру заземления подстанции.

У тяговых подстанций, имеющих сопротивление контура заземления более 0,5 Ом (подстанция расположена на скалистых грунтах), заземление на внешний контур выполняют через реле земляной защиты с действием на включение короткозамыкателя подстанции.

3.3.5. Концевые опоры питающих линий, расположенные у путей, заземляют индивидуально на тяговые рельсы или дроссель-трансформаторы с соблюдением требований табл. 2.1 и 2.3 Инструкции.

3.3.6. Опоры, по которым проложена только отсасывающая линия, не заземляют. Во всех случаях отсасывающие линии подвешивают на изоляторах напряжением не менее 1000 В.

3.4. Заземление опор с разрядниками и секционными разъединителями контактной сети

3.4.1. Опоры контактной сети, на которых установлены роговые разрядники или секционные разъединители заземляют в соответствии с п. 3.2.5 и 3.2.6 Инструкции.

3.4.2. Заземляемый рог разрядника и привод (ручной или моторный) секционного разъединителя, изолированные от опоры, заземляют на средний вывод дроссель-трансформатора или тяговый рельс наглухо двойным спуском и выполняют стальным прутком диаметром не менее 12 мм (для постоянного тока) и 10 мм (для переменного тока). При этом подключение заземляющего провода к групповому заземлению не допускается.

Допускается заземлять группы моторных приводов на собственное групповое заземление с присоединением к тяговой сети в точке подключения рабочих заземлений.

3.4.3. На опорах, имеющих сопротивление заземления ниже значений, допустимых по требованиям СЦБ или защиты от электрокоррозии, конструкции разрядника, привода разъединителя и их заземляющие спуски к рельсу изолируют от деталей крепления на опоре (см. табл. 2.4, схема V).

Если в тяге секционного разъединителя отсутствует изолирующая вставка, конструкцию разъединителя также изолируют от деталей крепления на опоре.

При заземляющем роге разрядника, изолированном от его конструкции, последняя не изолируется от опоры. В этом случае опору заземляют индивидуально через искровой промежуток посредством присоединения к заземляющему проводнику разрядника или разъединителя. Для железобетонных опор допускается заземление деталей крепления контактной сети производить на групповое заземление, если исключается появление металлической связи цепи заземления разрядника (разъединителя) с групповым заземлением.

При индивидуальном заземлении опор с разрядниками и разъединителями провод группового заземления на таких опорах изолируют от опоры в соответствии с п. 4.17 Инструкции.

3.4.4. Оболочка и броня кабелей дистанционного управления секционными разъединителями не должны иметь металлической связи с заземляемыми на рельс корпусом привода и конструкцией крепления его на опоре.

3.4.5. При выборе места установки разрядников контактной сети следует учитывать требования п. 2.3.11. Инструкции.

3.4.6. Спуски разрядников (роговых или трубчатых), установленных на опорах питающих линий, расположенных вдали от путей, присоединяют к индивидуальному контуру заземления с сопротивлением не более 3 Ом (постоянный ток) и 10 Ом (переменный ток).

3.5. Заземление постов секционирования и пунктов параллельного соединения контактной сети

3.5.1. Заземление корпусов постов секционирования и пунктов параллельного соединения осуществляют двойным заземляющим проводником (рис. 3.1), сечением в соответствии с п. 4.13 Инструкции, подключаемым, как правило, к средним выводам путевых (дополнительных) дроссель-трансформаторов (дросселей). Если заземления ПС (ППС) подключают непосредственно к тяговому рельсу двухниточной рельсовой цепи, расстояние до ближайшего путевого дроссель-трансформатора должно быть не менее 200 м.

3.5.2. При металлическом корпусе ПС (ППС) заземляющие проводники соединяют с корпусом ПС (ППС); при неметаллическом корпусе — внутри него оборудуется шина заземления, соответствующая по конструкции требованиям п. 4.18 Инструкции.

На участках постоянного тока шины заземления (корпус) ПС (ППС) соединяют с заземляющими проводниками через реле земляной защиты.

3.5.3. На шину заземления (корпус) ПС (ППС) заземляют:

арматуру оснований быстродействующих (масляных) выключателей;

каркасы ограждения распредустройства напряжением выше 1000 В;

фланцы опорных и проходных изоляторов напряжением выше 1000 В;

корпуса шкафов и панелей управления, собственных нужд и т.п.;

конструкции разъединителей и их приводов, установленных внутри ПС (ППС) или на его корпусе.

3.5.4. Конструкции разрядников ПС (ППС) постоянного тока и их заземляющие спуски изолируют от металлического корпуса и шины заземления ПС (ППС) и присоединяют непосредственно к заземляющему проводнику до реле заземления со стороны рельсов.

3.5.5. Металлические оболочки кабелей, заходящих в ПС (ППС), не вводят внутрь ПС (ППС) и изолируют от их металлического корпуса.

3.5.6. Питание собственных нужд ПС (ППС) выполняют через изолировочные трансформаторы; если питание осуществляется от продольной ВЛ или ВЛ автоблокировки через понижающие трансформаторы, изолировочные трансформаторы не устанавливают.

3.5.7. Подключение заземления ПС (ППС) к рельсовой сети выполняют глухим, если сопротивление фундамента ПС (ППС) выше нормируемых по требованиям СЦБ (см. табл. 2.1) и защиты от электрокоррозии (см. табл. 2.3). Если эти требования не удовлетворяются, то в целях повышения сопротивления заземления устанавливают изолирующие детали между корпусом ПС (ППС) и анкерными болтами и бетоном фундамента. С этой целью ПС (ППС) устанавливают на бетонные или железобетонные лежни с щебеночной подсыпкой.

Допускается на участках постоянного тока при сопротивлении заземления фундамента ПС (ППС) ниже нормируемого в части утечки тяговых токов (см. табл. 2.3) в целях устранения электрокоррозионной опасности для фундамента в цепь заземления включать диодный заземлитель.

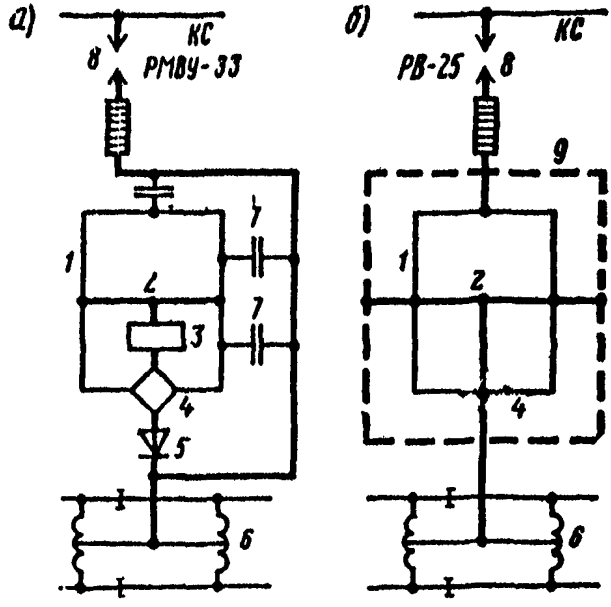


Рис. 3.1.

Заземление постов секционирования и пунктов параллельного соединения контактной сети постоянного (а) и переменного (б) тока

1 — корпус (шина заземления); 2 — заземляющий проводник; 3 — реле земляной защиты; 4 — проходной изолятор; 5 — диодный заземлитель; 6 — путевой дроссель-трансформатор; 7 — изолирующие прокладки; 8 — разрядник; 9 — выравнивающий контур.

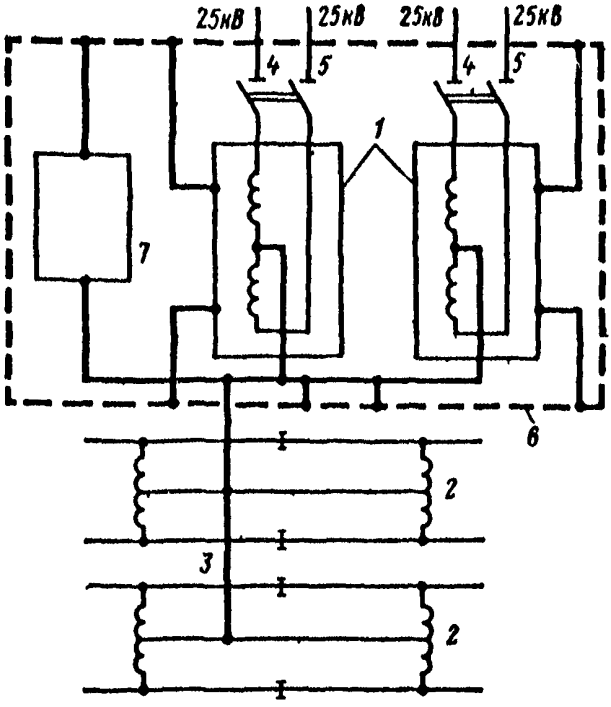


Рис. 3.2.

Заземление автотрансформаторных пунктов системы электроснабжения 2х25 кВ

1 — корпус автотрансформатора; 2 — путевой дроссель-трансформатор; 3 — междупутная перемычка; 4 — питающий провод; 5 — контактная сеть; 6 — выравнивающий контур; 7 — корпус КТП.

3.5.8. На участках переменного тока вокруг конструкций с электрооборудованием ПС (ППС) выполняют выравнивающий контур, который должен соответствовать п. 4.23 Инструкции; контур соединяют с корпусом в двух местах.

3.6. Заземление пунктов группировки переключателей контактной сети станций стыкования

3.6.1. Заземление пунктов группировки переключателей контактной сети станций стыкования (ПГП) выполняют аналогично заземлению постов секционирования переменного тока в соответствии с требованиями пп. 3.5.1, 3.5.5, 3.5.6 Инструкции.

3.6.2. Вокруг шкафов с электрооборудованием ПГП сооружают выравнивающий контур, соответствующий по конструкции п. 4.23 Инструкции.

3.7. Заземление автотрансформаторных пунктов системы электроснабжения 2х25 кВ

3.7.1. Рабочее заземление (отсос) автотрансформаторного пункта (АТП) выполняют (рис. 3.2) от рельса заземленной фазы двумя проводниками (каждый сечением на полный ток АТП), подключаемыми наглухо к средней точке путевого (дополнительного) дроссель-трансформатора с установкой специального зажима и знака-указателя «Опасно. Высокое напряжение».

3.7.2. При подключении АТП к тяговой рельсовой сети следует руководствоваться требованиями п. 2.3.5 Инструкции. В местах подключения АТП к рельсовой сети устанавливают междупутные перемычки.

3.7.3. Вокруг электрооборудования АТП сооружают выравнивающий контур, конструкция которого должна отвечать требованиям п. 4.23 Инструкции; контур соединяют в двух местах с цепью рабочего заземления АТП.

К контуру присоединяют корпуса электрооборудования, металлоконструкции, а также защитное заземление шкафов и стоек, установленных в здании АТП.

3.7.4. КТП питания собственных нужд АТП заземляют согласно требованиям п. 3.10 Инструкции; для заземления используют проводник рабочего заземления АТП.

3.7.5. Питание собственных нужд АТП от посторонних источников (кроме ВЛ автоблокировки) выполняют через изолировочный трансформатор.

3.7.6. Металлические оболочки кабелей, заходящих в АТП, изолируют от металлоконструкций и корпусов; по территории АТП эти кабели прокладываются без оболочки и брони.

3.8. Заземление отсасывающих трансформаторов и обратных проводов

3.8.1. Защитное заземление отсасывающих трансформаторов выполняют на тяговую рельсовую сеть наглухо двумя стальными прутками диаметром 10 мм.

3.8.2. Провода защитного заземления отсасывающих трансформаторов присоединяют к средним выводам путевых дроссель-трансформатров или непосредственно к тяговым рельсам (но не ближе 200 м от дроссель-трансформаторов) с соблюдением требований, обеспечивающих нормальную работу рельсовых цепей автоблокировки (см. табл. 2.1). Если сопротивление заземления фундамента отсасывающего трансформатора ниже допустимых значений по условиям СЦБ, корпус трансформатора изолируют от анкерных болтов и бетона фундамента посредством изолирующих прокладок, втулок и т.п.

3.8.3. К заземляющему проводнику присоединяют корпус трансформатора и заземляющие спуски разрядников.

3.8.4. Рабочие заземления (перемычки) обратного провода присоединяют к средним выводам путевых дроссель-трансформаторов с соблюдением требований п. 2.3.6 Инструкции, и с установкой специального зажима и знака-указателя «Опасно. Высокое напряжение».

3.9. Заземление установок компенсации реактивной мощности

3.9.1. Рабочее заземление установки поперечной компенсации реактивной мощности и продольной (при включении ее в заземленную фазу) при размещении их на тяговых подстанциях выполняют двумя проводниками (каждый на полный рабочий ток установки), подключаемыми к рельсу заземленной фазы.

Защитное заземление осуществляют подключением металлоконструкций установки сваркой полосой сечением 25х5 к контуру тяговой подстанции (к фазе С).

3.9.2. При размещении конденсаторной установки на посту секционирования рабочее и защитное заземление их оборудования осуществляют совместно двумя проводниками (каждый сечением на полный рабочий ток установки, но не менее указанного в п. 4.13 Инструкции), подключаемыми наглухо к тяговой рельсовой сети с соблюдением требований п. 2.3.5 Инструкции и с установкой специального зажима и знака-указателя «Опасно. Высокое напряжение».

3.10. Заземление комплектных трансформаторных подстанций, питаемых по системе ДПР

3.10.1. Заземление комплектных трансформаторных подстанций (КТП) питания нетяговых потребителей по системе ДПР (два провода-рельс) осуществляют на тяговую рельсовую сеть с соблюдением требований, исключающих влияние на работу рельсовых цепей автоблокировки. При этом заземление выполняет функции как рабочего, так и защитного заземления.

Для КТП мощностью до 25 кВА включительно, кроме заземления на рельсовую сеть, допускается рабочее и защитное заземление осуществлять на самостоятельный контур с сопротивлением заземления не более 5 Ом, выполняемый как выравнивающий (п.п.4.2.1 и 4.2.2 Инструкции) с дополнением вертикальных электродов (п. 4.24 Инструкции), количество которых определяется расчетом. Принципиальные схемы выполнения заземлений КТП приведены на рис. 3.3.

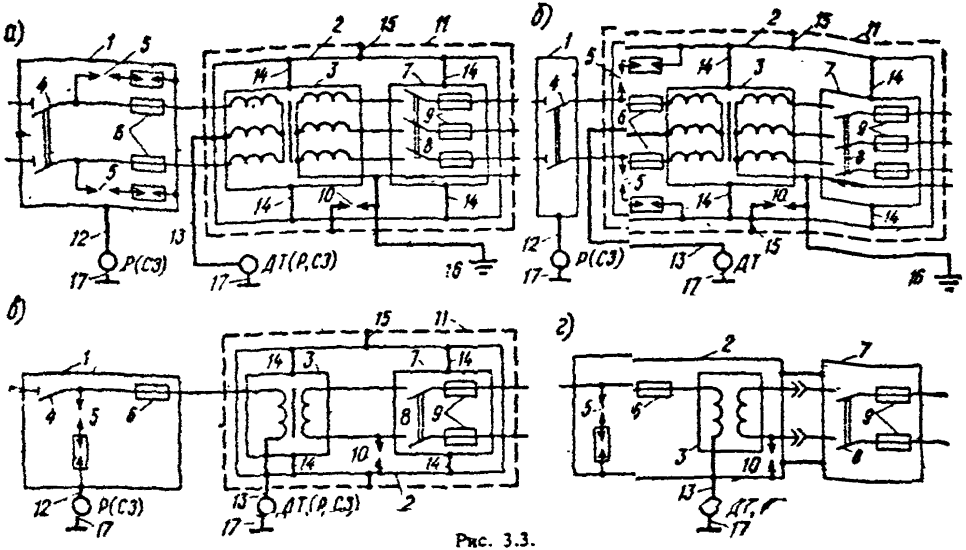


Рис. 3.3.

Схемы заземления трехфазной КТП до 25 кВ А включительно (а), трехфазной выше 25 кВ А (б), однофазной до 25 кВ А (в) и подъемно-опускной резервного питания автоблокировки (г)

1 — металлоконструкция разъединителя; 2 — металлоконструкция КТП; 3 — корпус трансформатора; 4 — разъединитель питающего напряжения (по проекту); 5 — разрядник (по проекту); 6, 9 — предохранители; 7 — корпус шкафа напряжения до 1000 В; 8 — рубильник (по проекту); 10 — искровой промежуток ИПМ-62М ($U_{пр.} = 400 \div 800$ В); 11 — выравнивающий контур; 12 — защитное заземление; 13 — рабочее и защитное заземление; 14 — металлическая перемычка корпуса электрооборудования и металлоконструкции КТП; 15 — металлическая перемычка металлоконструкции КТП с выравнивающим контуром; 16 — выносной заземлитель; 17 — присоединение к тяговой рельсовой сети (Р — к тяговому рельсу, ДТ — к средней точке дроссель-трансформатора, СЗ — самостоятельному заземлителю).

3.10.2. Заземление КТП должно быть глухим, т.е. без установки разъединителя в его цепи, и выполняться двумя проводами ПБСМ-70 или двумя стальными прутками диаметром не менее 12 мм каждый.

Заземляющие проводники КТП к рельсовой сети присоединяют:

а) при однониточных рельсовых цепях — непосредственно к тяговой нити рельсов ближайшего пути, как правило, по обе стороны неизолированного стыка;

б) на станциях и перегонах с двухниточными рельсовыми цепями — к среднему выводу путевого (дополнительного) дроссель-трансформатора; при КТП мощностью до 25 кВА на перегонах и станциях с двухниточными рельсовыми цепями допускается заземляющие проводники присоединять к тяговой нити ближайшего пути (кроме станций стыкования).

Подключение к дроссель-трансформаторам или рельсам заземляющих проводников КТП осуществляют с установкой специального зажима и знака-указателя «Опасно. Высокое напряжение».

КТП резервного питания автоблокировки (в том числе и подъемно-опускные КТПП) заземляют на дроссель-трансформаторы (дроссели) того же пути, что и питаемый ими релейный шкаф.

3.10.3. Кожух трансформатора КТП, фланцы изоляторов, корпус распределительного шкафа соединяют не менее чем в двух местах с металлической конструкцией КТП, которую посредством заземляющих проводников присоединяют к контуру.

3.10.4. Вокруг электрооборудования КТП, заземляемой на рельсовую сеть, оборудуют выравнивающий контур заземления, конструкция которого должна соответствовать требованиям п. 4.22 Инструкции. Сопротивление заземления контура не нормируется.

3.10.5. Заземление трехфазной КТП мощностью до 25 кВА включительно с использованием нулевого провода в системе зануления потребителей осуществляют по схеме рис. 3.3,а; КТП мощностью выше 25 кВА — по схеме рис. 3.3, б. Выносной заземлитель удаляется от КТП в сторону от путей на расстояние не менее 20 м. Сопротивление этого контура должно быть не более 4 Ом при $\rho \leq 100$ Ом·м. Если $\rho > 100$ Ом·м, то это сопротивление принимается равным $4\rho/100$, но не более 40 Ом.

3.10.6. Если нулевой провод не используется в системе зануления потребителей, нулевой вывод вторичной обмотки трансформатора КТП соединяют с корпусом, заземленным на контур КТП (искровой промежуток не устанавливают и выносной заземлитель не оборудуют); аналогично выполняется заземление КТП на самостоятельный контур (см. п. 3.10.1 Инструкции).

3.10.7. Использование заземляющих устройств КТП для заземления нулевого провода распределительной сети и корпусов электропотребителей запрещается.

3.10.8. Разъединитель с приводом, предохранители и разрядники КТП, устанавливаемые на опоре контактной сети, заземляют совместно с заземлением элементов крепления контактной подвески двумя проводниками, присоединяемыми наглухо к тяговому рельсу. Использование троса группового заземления опор контактной сети для этих целей не допускается.

Заземление указанного оборудования, размещенного на отдельной опоре, выполняют на тяговый рельс (опора расположена ближе 5 м от оси пути) или на самостоятельный контур заземления, сопротивление которого должно соответствовать следующим нормам.

Удельное сопротивление земли, Ом·м	до 100	100-150	500-1000	Более 1000
Сопротивление контура заземления, Ом	до 10	15	20	30

Контур заземления выполняется как выравнивающий согласно п. 4.21 Инструкции.

3.10.9. Разъединитель с заземляющим ножом устанавливают на отдельной опоре; его заземляют на контур КТП (опора расположена ближе 10 м от КТП) или на самостоятельный контур с сопротивлением, соответствующим требованиям п. 3.10.8 Инструкции.

3.11. Заземление комплектных трансформаторных подстанций, питаемых от ВЛ 6(10) кВ, проложенных по опорам контактной сети

3.11.1. Комплектные трансформаторные подстанции, питаемые от линий продольного электроснабжения, проложенных по опорам контактной сети, устанавливают на самостоятельной опоре или фундаменте, как правило, вне зоны А. Такие КТП заземляют по принципиальной схеме рис. 3.4.

Допускается установка КТП на опорах контактной сети участков переменного тока; их заземление выполняют по схеме рис. 3.3,г; аналогично — при размещении КТП на самостоятельной опоре.

3.11.2. На каждой КТП оборудуют контур заземления, сопротивление которого должно быть не более 4 Ом.

При сопротивлении грунта более 100 Ом·м допускается увеличение сопротивления заземления в $\rho/100$ раз, но не более 10-ти кратного значения и 125/ Iз Ом, (где Iз — расчетный ток замыкания на землю в установках 6(10) кВ). У КТП мощностью до 10 кВА, работающих с изолированной вторичной обмоткой трансформатора, сопротивление контура заземления должно быть не более 10 Ом вне зависимости от удельного сопротивления грунта.

3.11.3. Заземление рамы разъединителя, устанавливаемого на самостоятельной опоре, выполняют на контур заземления КТП; заземляющие ножи разъединителя заземляют вместе с его рамой.

3.11.4. Разъединители, расположенные на опорах, установленных на значительном (более 10 м) расстоянии от КТП, заземляют на собственный контур с сопротивлением заземления в соответствии с п. 3.10.8 Инструкции.

3.11.5. При установке разъединителя КТП 6(10) кВ на опоре контактной сети постоянного тока рама разъединителя крепится на деревянных брусьях и заземлению не подлежит. В тягу привода врезают изолирующую вставку, кронштейн привода присоединяют к заземляющему спуску опоры.

3.11. 6. Заземление КТП на контур выполняют глухим двумя проводами ПБСМ-70 или двумя стальными прутками диаметром не менее 12 мм.

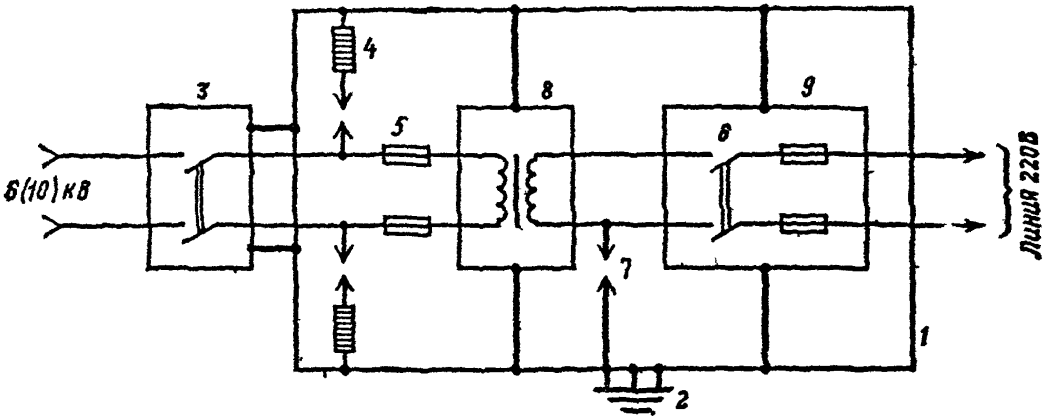


Рис. 3.4.

Заземление КТП, питаемых от линий продольного электроснабжения, проложенных по опорам контактной сети

1 — металлический корпус КТП; 2 — контур заземления; 3 — корпус привода разъединителя; 4 — разрядник (по проекту); 5 — предохранитель (по проекту); 6 — выключатель пакетный; 7 — искровой промежуток; 8 — трансформатор; 9 — корпус шкафа напряжением до 1000 В.

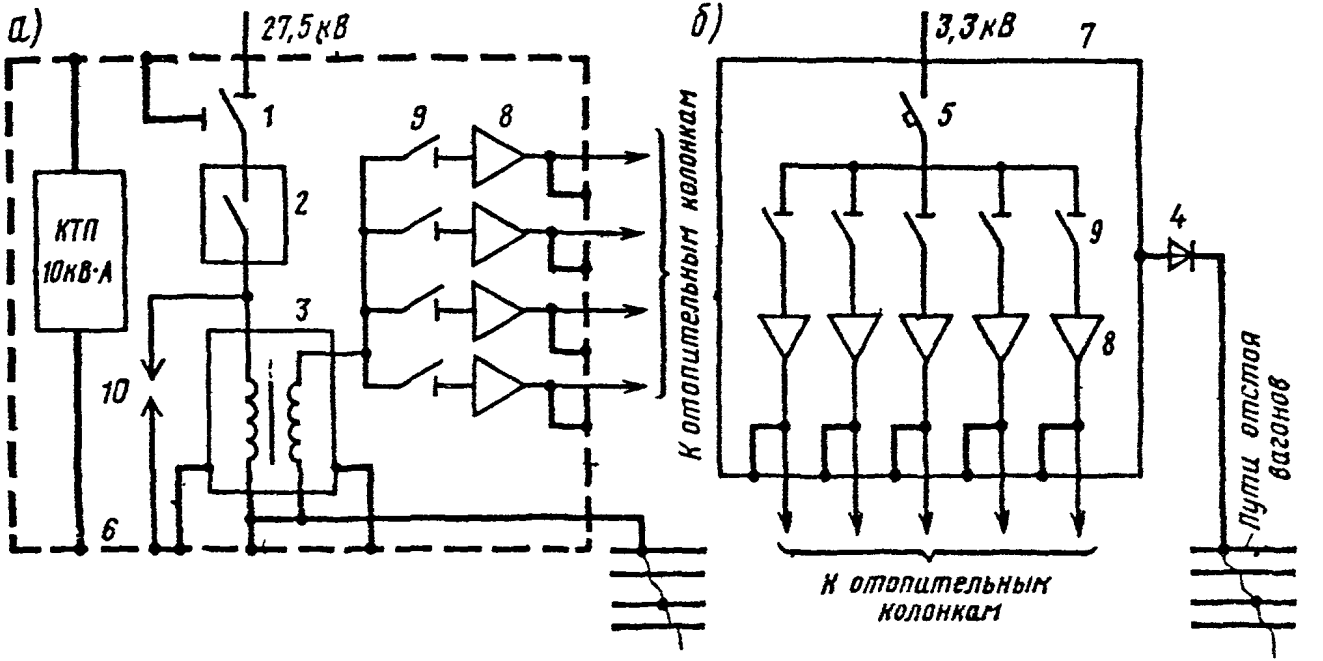


Рис. 3.5.

Заземление пунктов подготовки пассажирских поездов с электрическим отоплением участка переменного (а) и постоянного (б) тока

1 — разъединитель; 2 — масляный выключатель; 3 — питающий трансформатор; 4 — диодный заземлитель; 5 — быстродействующий выключатель; 6 — выравнивающий контур; 7 — корпус; 8 — концевая разделка питающих кабелей; 9 — разъединитель; 10 — разрядник (по проекту).

3.12. Заземление пунктов подготовки пассажирских поездов с электрическим отоплением

3.12.1. Заземление пунктов подготовки пассажирских поездов ППП переменного тока (рабочее и защитное) подключают к рельсовой сети путей отстоя, питаемых от данного ППП (рис. 3.5,а); заземляющий проводник должен быть выполнен двумя проводами, каждый сечением на полный ток ППП.

Заземление ППП постоянного тока (рис. 3.5,б) выполняют двумя стальными прутками диаметром 12 мм, подключаемыми через диодный заземлитель к ближайшей токоотводящей рельсовой нити путей отстоя, либо к путевым (дополнительным) дроссель-трансформаторам или тяговым рельсам главных или станционных путей.

3.12.2. Пути парка отстоя вагонов с электроотоплением должны иметь не менее двух (как правило, по разным концам парка) междупутных перемычек, соединяющих их непосредственно или через другие стационные электрифицированные пути с тяговой рельсовой сетью главных путей. Пути отстоя оборудуют медными приварными стыковыми соединителями сечением не менее 70 мм кв. на всем протяжении отапливаемых составов вплоть до мест подключения указанных междупутных перемычек к путям отстоя.

В пределах парка отстоя должна быть установлена междупутная перемычка, соединяющая рельсы всех путей отстоя; при переменном токе такую перемычку устанавливают напротив ППП с подключением к ней заземляющих проводов ППП. Если пути отстоя оборудованы рельсовыми цепями СЦБ, то перемычки подключают к токоотводящим рельсам (при одниточных рельсовых цепях) или к средним выводам дроссель-трансформаторов (при двухниточных рельсовых цепях). Сечение междупутных перемычек и меры по усилению, в случае необходимости, обратной тяговой сети определяются проектом на устройство ППП. Допускается в технически обоснованных случаях (пути отстоя расположены вблизи от тяговой подстанции, удаленность от главных путей и т.п.) прокладка специальной отсасывающей линии от путей отстоя до тяговой подстанции с подключением ее к сборке отсасывающих линий подстанции. Длина отсасывающей линии не должна превышать 1 км.

3.12.3. Корпуса и конструкции всего оборудования ППП напряжением выше 1000 В соединяют с его заземляющими проводниками. Вокруг оборудования ППП переменного тока сооружают выравнивающий контур согласно требованиям п. 4.23 Инструкции.

3.12.4. Корпус КТП питания собственных нужд ППП переменного тока соединяют с его заземляющими проводниками наглухо, а нулевой вывод обмотки напряжения до 1000 В — в соответствии с п. 3.10.5 и 3.10.6 Инструкции.

Резервное питание собственных нужд ППП должно осуществляться через изолировочный трансформатор (за исключением питания от ВЛ 6(10) кВ через специально устанавливаемый понижающий трансформатор).

3.13. Заземление напольных устройств СЦБ

3.13.1. Металлические напольные устройства СЦБ (светофоры, релейные шкафы, светофорные мостики и т.п.), расположенные в зоне А, подлежат заземлению на тяговую сеть. Исключение составляют карликовые светофоры, путевые коробки, групповые муфты, бутлеги, стрелочные приводы, которые не заземляют.

3.13.2. Заземление светофоров и релейных шкафов должно осуществляться, как правило, к средним выводам путевых (дополнительных) дроссель-трансформаторов, а при их отсутствии или отдаленном расположении — непосредственно к тяговому рельсу.

3.13.3. Заземление светофорных мачт и релейных шкафов выполняют глухим, если их сопротивление заземления выше допустимых как по требованиям СЦБ, так и по требованиям защиты от электрокоррозии.

Если сопротивление заземления оказывается ниже допустимых значений, необходимо выполнить изоляцию заземляемых на рельс металлических частей (головка светофора, хомуты крепления, корпус релейного шкафа и т.п.) от бетона и арматуры мачт, от анкерных болтов фундамента с помощью специальных изолирующих элементов (прокладок, втулок и т.п.) или заземлять светофоры и релейные шкафы на рельсовую сеть через защитные устройства (искровые промежутки или диодные заземлители) по схемам рис. 3,б,а.

Если корпус релейного шкафа заземляют через искровой промежуток (рис. 3.6,б), то вокруг его фундамента необходимо выполнить выравнивающий контур заземления в соответствии с требованиями п. 4.21 Инструкции.

Схему заземления по рис. 3.6,в применяют только на участках постоянного тока при наличии электрокоррозионной опасности для фундаментов светофора и релейного шкафа.

3.13.4. Оболочки и броня кабелей, заходящих в релейный шкаф и светофорную мачту, должны быть надежно изолированы от их корпусов и арматуры с помощью специальных изолирующих элементов (втулок, прокладок).

3.14. Заземление мостов и путепроводов

3.14.1. Металлические мосты, путепроводы, пешеходные мосты, металлические конструкции железобетонных мостов и путепроводов, на которых крепится контактная подвеска, усиливающие и отсасывающие провода, провода ВЛ напряжением выше 1000 В, должны быть заземлены на тяговую рельсовую сеть посредством соединения с ней ферм моста или деталей крепления контактной подвески, проводов ВЛ и т.п.*) Заземлению на тяговую рельсовую сеть подлежат также металлические мосты и путепроводы, конструкции которых расположены от проводов и элементов, находящихся под напряжением на расстоянии менее указанного в п. 2.1.3 Инструкции, и конструкции металлических

*) Примечание. Заземление на рельсовую сеть осуществляется независимо от наличия контура заземления моста, выполненного по требованиям прокладки по нему других ВЛ (35, 110, 220 кВ).

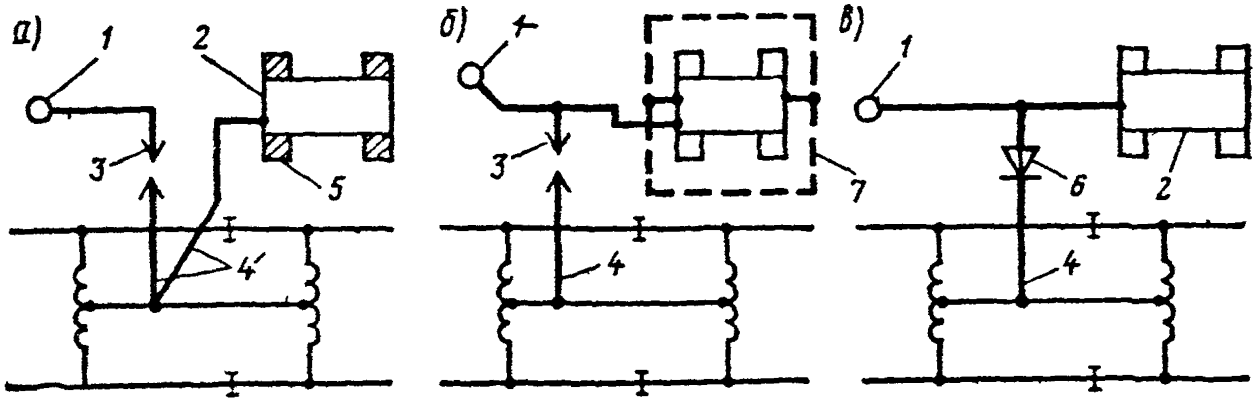


Рис. 3.6.

Схема заземления светофорных мачт и релейных шкафов на сигнальной точке

1 — светофор; 2 — корпус релейного шкафа; 3 — искровой промежуток; 4 — *заземляющий* проводник; 5 — изолирующие элементы; 6 — диодный заземлитель; 7 — выравнивающий контур

а)

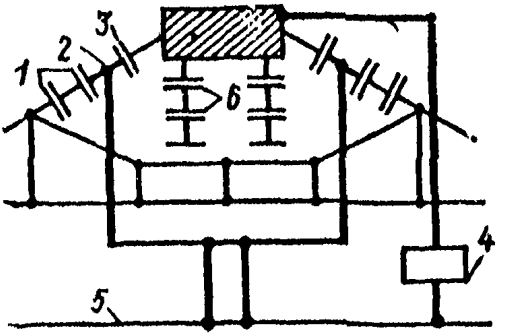


Рис. 3.7.

Способ заземления искусственных сооружений с устройством нейтральных вставок:

1 — изоляторы контактной сети; 2 — нейтральная вставка; 3 — дополнительные изоляторы; 4 — защитное устройство; 5 — тяговые рельсы; 6 — отбойники контактной сети.

мостов (путепроводов) с электрифицированными путями и ездой поверху — независимо от наличия на них поддерживающих конструкций контактной сети и ВЛ.

3.14.2. Металлические части мостов (металлических и железобетонных) и других искусственных сооружений заземляют двумя заземляющими спусками на тяговую рельсовую сеть. При постоянном токе в цепь заземления включают диодно-искровой заземлитель, при переменном — два искровых промежутка по одному в каждом спуске.

Металлические и железобетонные опоры, установленные на мостах, а также конструкции крепления контактной сети должны быть соединены наглухо с конструкцией металлического моста или с цепью заземления железобетонного моста.

3.14.3. В случае заземления мостов и путепроводов на рельсовую сеть через искровые промежутки или диодно-искровые заземлители и наличии на мосту ВЛ напряжением до 1000 В, металлическая арматура крепления которых не изолирована от конструкций моста, необходимо:

при сетях с заземленной нейтралью соединять конструкцию моста с системой за нуления этой сети;

при сетях с изолированной нейтралью иметь сопротивление заземления конструкции моста не выше 10 Ом (включая собственное сопротивление заземления моста как естественного заземлителя).

3.14.4. На электрифицированных участках постоянного тока при наличии электрокоррозионной опасности для конструкции мостов (путепроводов), расположенных в общедоступных местах, узлы крепления контактной сети выполняют с дополнительной изоляцией и устройством заземленной нейтральной вставки (см. табл. 2.4, схема IV): конструкцию моста (путепровода) в этом случае заземляют в соответствии с п. 3.14.2 Инструкции.

Нейтральные вставки присоединяют к рельсовой сети наглухо двойным заземляющим спуском, изолированным от конструкции сооружения (рис. 3.7).

3.14.5. На электрифицированных участках постоянного тока металлические конструкции, расположенные на железобетонных мостах (путепроводах) и имеющие металлическую связь с арматурой, заземлять наглухо на рельсы запрещается. Заземление в этом случае осуществляют либо через искровые промежутки, либо через диодно-искровые заземлители в зависимости от электрокоррозионной опасности.

3.14.6. Металлические детали крепления элементов контактной сети постоянного тока на железобетонных мостах (путепроводах) не должны иметь связь с их арматурой.

3.14.7. Металлические пролетные строения однопролетных железобетонных мостов и путепроводов заземляют на рельсы только в одном месте. Соседние мосты (четного и нечетного путей), электрически изолированные друг от друга, заземляют каждый отдельно на соответствующий путь. Электрически соединенные мосты заземляют только в одном месте на один из путей.

Конструкция узла присоединения заземляющего проводника к ферме моста должна соответствовать требованиям п. 4.6 Инструкции.

3.14.8. Многопролетные железнодорожные мосты и путепроводы заземляют в одном месте преимущественно к средним выводам путевых (дополнительных) дроссель-трансформаторов. Если между пролетами таких мостов нет металлической связи, они соединяются двойными гибкими медными перемычками сечением не менее 70 мм кв.

3.14.9. Металлические трубопроводы и кабели при прохождении по металлическим и железобетонным мостам, путепроводам и переходным мостикам должны иметь изоляцию от металлических частей моста в виде деревянных или полимерных настилов, желобов, труб толщиной не менее 15 мм.

3.14.10. Железнодорожные путепроводы при пересечении разных электрифицированных линий или направлений, не имеющих электрической связи по тяговой рельсовой сети, заземляют на междупутную перемычку, подключаемую к путевым или дополнительным дроссель-трансформаторам (при однониточных рельсовых цепях — к тяговым нитям) обеих линий. Сечение перемычек должно соответствовать п. 2.1.11 Инструкции.

3.14.11. Конструкция крепления контактной сети городского транспорта (трамвай, троллейбус) на железнодорожных мостах и путепроводах должна исключить возможность попадания их рабочего напряжения на конструкцию моста (путепровода) и железнодорожные коммуникации. С этой целью к нижней конструкции путепровода должны крепиться деревянные щиты (подшивки) толщиной 50 мм, шириной 1200 мм с бортами по краям, исключающими сход штанги; щиты должны выступать по концам конструкции путепровода на 250 мм.

Установка щитов, их эксплуатация и контроль должны осуществляться в соответствии с действующими Правилами организацией, эксплуатирующей трамвай или троллейбус.

3.15. Заземление в тоннелях

3.15.1. Детали крепления изоляторов контактной сети к конструкции тоннеля должны объединяться проводом (шиной) группового заземления, соединяемым с тяговой рельсовой сетью. Длина провода и схема подключения к рельсам должны соответствовать требованиям п.3.2.3, а конструкция группового заземления требованиям пп. 4.14-4.17 Инструкции.

3.15.2. Все металлические элементы группового заземления в тоннелях покрывают антикоррозионным составом (кузбасслак, битумные мастики и т.п.).

3.15.3. В цепь спусков группового заземления на участках переменного тока включают искровые промежутки, если сопротивление цепи заземления ниже допустимых по требованиям СЦБ (см. табл. 2.1).

На участках постоянного тока в спуски группового заземления включают диодные или диодно-искровые заземлители (см. п. 3.2.6 Инструкции).

При постоянном токе преимущественной в тоннелях является система заземления с нейтральными вставками (элементами), когда между деталями крепления к тоннельной обделке и изоляторами

контактной сети устанавливают дополнительную изоляцию (не менее чем на 1000 В); нейтральные вставки (элементы) объединяют групповым заземлением, соединенным в этом случае с тяговой рельсовой сетью наглухо.

3.15.4. Заземление релейных шкафов и светофоров, расположенных внутри тоннелей, должно осуществляться на тяговую рельсовую сеть преимущественно глухим способом, с установкой изолирующих элементов в узлах крепления конструкции шкафов и светофоров к тоннельной обделке.

3.15.5. На участках постоянного тока при оборудовании рельсовых цепей внутри тоннеля вентильным секционированием все заземления присоединяют к обходной отсасывающей перемычке (третьему рельсу).

3.16. Заземление светильников, прожекторных мачт, ВЛ электроснабжения и линий освещения, проложенных по опорам контактной сети, отдельно стоящих опор освещения

3.16.1. Прокладку ВЛ напряжением до и выше 1000 В по опорам контактной сети осуществляют с соблюдением требований п. 2.3.12 Инструкции. Детали крепления траверсы линии напряжением выше 1000 В подключают к заземляющему проводу опоры контактной сети.

3.16.2. Линии гирляндного освещения в станционных парках допускается крепить к нижнему фиксирующему тросу гибкой поперечины контактной сети, если это крепление осуществляется посредством изоляции, по уровню аналогичной изоляции контактной сети.

Питание таких линий осуществляют только через изолировочные трансформаторы.

3.16.3. Отдельно стоящие опоры и опоры обходов ВЛ напряжением выше 1000 В заземляют посредством группового заземления на рельсовую сеть или на самостоятельный контур с соблюдением требований ПУЭ для соответствующей категории линий и ГОСТ 12.1.030-81.

3.16.4. Светильники и прожекторы, устанавливаемые на опорах контактной сети и жестких поперечинах, расположенные в зоне А, крепят изолированно на деревянных брусьях (траверсах). Корпуса светильников и прожекторов заземляют на участках постоянного тока путем присоединения к заземленному нулевому проводу. На участках переменного тока корпуса светильников и прожекторов к нулевому проводу не присоединяют и заземлению не подлежат.

На питающих концах ВЛ устанавливают аппараты для отключения всех проводов, включая нулевой. На ВЛ, прокладываемых по опорам контактной сети, устройство повторного заземления нулевого провода не допускается.

3.16.5. Отдельно стоящие железобетонные опоры ВЛ до 1 кВ и прожекторные мачты, расположенные в зоне А, заземляют на тяговую рельсовую сеть с соблюдением требований п. 2.3 и 2.4 Инструкции. Электрооборудование, устанавливаемое на опорах ВЛ до 1 кВ и прожекторных мачтах, изолируют от железобетонной стойки и металлоконструкций; нулевой провод изолируют от конструкций наравне с фазным.

На участках переменного тока электроборудование, устанавливаемое на высоте более 2,5 м на железобетонных опорах ВЛ до 1 кВ и расположенное в зоне Б, на рельсовую сеть не заземляют.

На участках постоянного тока заземление электрооборудования, расположенного на опорах ВЛ до 1 кВ и прожекторных мачтах, выполняют согласно п. 3.16.4 Инструкции.

Кронштейны и хомуты на железобетонных опорах ВЛ до 1 кВ, используемых для освещения пассажирских платформ, не заземляют.

3.16.6. При прокладке ВЛ 6(10) кВ на металлических кронштейнах должны выполняться следующие требования:

изоляция ВЛ не должна быть ниже 20 кВ; при использовании подвесных изоляторов — не менее двух для каждого провода фазы;

ВЛ должна быть оборудована защитой, действующей на отключение без выдержки времени при однофазном замыкании на землю;

крепежные болты кронштейнов или хомутов не должны изолироваться от тела железобетонной или металлической опоры.

3.17. Заземление волноводов и линий связи, проложенных по опорам контактной сети

3.17.1. Прокладку линий связи и волноводов по опорам контактной сети выполняют с соблюдением требований п. 2.3.12 Инструкции.

3.17.2. Заземление волноводного провода, проложенного по опорам контактной сети переменного тока, выполняют в соответствии с требованиями «Правил организации и расчета сетей поездной радиосвязи, утвержденных МПС 10.10.90 г. ЦШ 4818, посредством присоединения заземляющих спусков к средним точкам дроссель-трансформаторов при двухниточных рельсовых цепях или к тяговому рельсу — при однониточных с соблюдением требований п. 2.3 Инструкции.

3.17.3. Волноводный провод на электрифицированных участках постоянного тока заземляют с целью защиты линейной аппаратуры от перенапряжений на собственный контур сопротивлением 40-60 Ом.

3.17.4. Заземление возбуждающих проводов радиопоездной связи следует выполнять на тяговую рельсовую сеть, как правило, к средней точке дроссель-трансформатора или тяговой нити однониточной рельсовой цепи через защитные элементы СК-6(ЗК-6). Допускается включение последовательно с защитным элементом диодного заземлителя (при постоянном токе).

3.17.5. Спуски заземления от аппаратуры волноводного и возбуждающих проводов выполняют стальным прутком диаметром 12 мм при электротяге постоянного тока и 10 мм — при переменном токе и изолируют от опор, конструкций и заземляющих спусков элементов контактной сети.

Аналогично изолируют от опор контактной сети корпуса линейной и стационарной аппаратуры и защитные элементы.

3.17.6. Узлы подвески кабелей связи, прокладываемых открытым способом по опорам контактной сети крепят к последним посредством изоляторов ПФ-70 (ПС-70).

3.18. Заземление протяженных воздухопроводов систем пневмоочистки стрелок и пневмопочты

3.18.1. Воздухопроводы открытой прокладки, расположенные полностью или частично в зоне А, заземляют на средний вывод дроссель-трансформатора или тяговый рельс через искровой промежуток, заземление выполняют в одной точке по Т-образной схеме. Трубы воздухопроводов не должны иметь металлической связи (кроме указанной) с рельсами, рельсовыми скреплениями, стрелочными приводами, конструкциями, заземленными на рельс.

3.18.2. На участках переменного тока воздухопроводы открытой прокладки подлежат дополнительному заземлению по концам и вдоль трассы с шагом 200-300 м на стальные электроды длиной 1,0 м, забиваемые в грунт; сопротивление заземления таких электродов не нормируется. На вводах воздухопроводов в здании или обслуживаемые помещения устанавливают изолирующие фланцы.

3.19. Заземление отдельно стоящих объектов вблизи электрифицированных путей

3.19.1. Отдельно стоящие вблизи электрифицированных путей металлические устройства и конструкции (шкафы питания устройств электрообогрева стрелочных переводов ШПАЭ, гидроколонки, табло, часы, опоры и колонки радиовещания и т.п.) заземляют в соответствии с п. 2.1.3 Инструкции.

На тяговую рельсовую сеть заземляют все металлические элементы этих устройств или конструкций, расположенные полностью или частично в зоне А. При этом должны соблюдаться требования пп. 2.3, 2.4 Инструкции.

Отдельно стоящие устройства и конструкции, опоры или фундаменты которых расположены далее 5 м (в плане) от проводов, находящихся под напряжением, а верхние элементы конструкции входят в зону Б, не заземляют на тяговую сеть; не заземляют также металлические устройства и конструкции на железобетонных опорах, установленных ближе 5 м (в плане) от этих проводов, если упомянутые конструкции полностью расположены в зоне Б.

Данное требование распространяется на устройства и конструкции, расположенные и в общедоступных местах. Вокруг фундамента шкафа ШПАЭ выполняют контур заземления в соответствии с п. 4.21.

3.19.2. Не подлежат заземлению на рельсовую сеть наземные металлические шкафы, ящики, коробки и т.п., аналогичные приведенным в п. 3.13.1, если в таком заземлении нет необходимости по условиям работы размещенного в них оборудования.

3.19.3 При воздушном пересечении электрифицированных путей неметаллическими газо-, нефтепродуктопроводами и теплотрассами высота прохода их над контактной сетью должна быть больше расстояния, при котором требуется заземление на рельсы. В исключительных случаях (пересечения существовали до электрификации железных дорог, не позволяют другие габариты и т.п.) допускается уменьшение этого расстояния при условии установки под трубопроводом или рядом с ним портала с изолированными отбойниками; портал заземляется на тяговый рельс.

3.20. Заземление передвижных тяговых подстанций

3.20.1. Настоящие требования распространяются на заземление оборудования передвижных тяговых подстанций (ПТП), работающих в стационарном*) режиме на действующих электрифицированных участках. Заземление оборудования ПТП, работающих во временных режимах, осуществляют по отдельным техническим условиям.

3.20.2. Заземление вагонов ПТП переменного тока осуществляют (рис. 3.8,а) двумя заземляющими проводниками наглухо на отсасывающую линию подстанции, подключаемую к тяговой рельсовой сети электрифицированных путей.

Вагоны соединяют между собой специальными заземляющими проводниками. Вокруг вагонов оборудуют выравнивающий контур заземления в соответствии с п. 3.20.4 Инструкции.

3.20.3. Заземление вагонов ПТП (рис. 3.8,б) постоянного тока осуществляется следующим образом:

вагонов (одного или более), на которых установлено оборудование переменного тока, — аналогично п. 3.20.2 Инструкции;

вагонов (одного или более) с оборудованием постоянного тока на отсасывающую линию каждый через отдельную цепь с реле земляной защиты.

При размещении оборудования РУ постоянного и переменного тока в одном вагоне (на платформе) его заземляют через реле земляной защиты.

Специальным заземляющим проводником вагоны объединяют между собой в две раздельные группы — вагоны РУ постоянного тока и вагоны РУ переменного тока. Между ними не должно быть металлической связи (по оболочкам кабелей, автосцепке, заземляющим проводникам, рельсам и т.п.); с этой целью в рельсовые пути в местах раздела вагонов постоянного тока устраивают видимый разрыв цепи по рельсам или оборудуют изолирующие стыки. Вокруг всех вагонов оборудуется выравнивающий контур заземления в соответствии с п. 3.20.4 Инструкции.

3.20.4. Выравнивающий контур заземления ПТП выполняют:

при питании от сети 6, 10, 35 кВ с изолированной нейтралью в виде стальной полосы сечением 40х5 мм, укладываемой на глубине 0,3 м вдоль вагонов на расстоянии 0,8 м от проекции их края;

при питании от сети 110 кВ и выше с заземленной нейтралью в виде двух стальных полос сечением 40х5 мм, уложенных на глубине 0,3 м с каждой стороны вагонов на расстоянии 0,8 и 1,8 м от проекции края вагона, и вертикальных электродов длиной 5 м, забиваемых вдоль полос с шагом 15 м. Полосы соединяют между собой в месте расположения вертикальных электродов. Каждый вагон переменного тока должен иметь соединение с контуром не менее чем в двух местах; на вагонах постоянного тока контур подключают к цепи заземления через реле земляной защиты.

Минимальное расстояние от выравнивающего контура до внешней ограды ПТП, при котором не требуется ее соединения с контуром, а также требования по выравниванию потенциалов за ограждением, должны соответствовать ПУЭ.

---

*) Определение стационарного и временного режимов см. в Приложении 1.

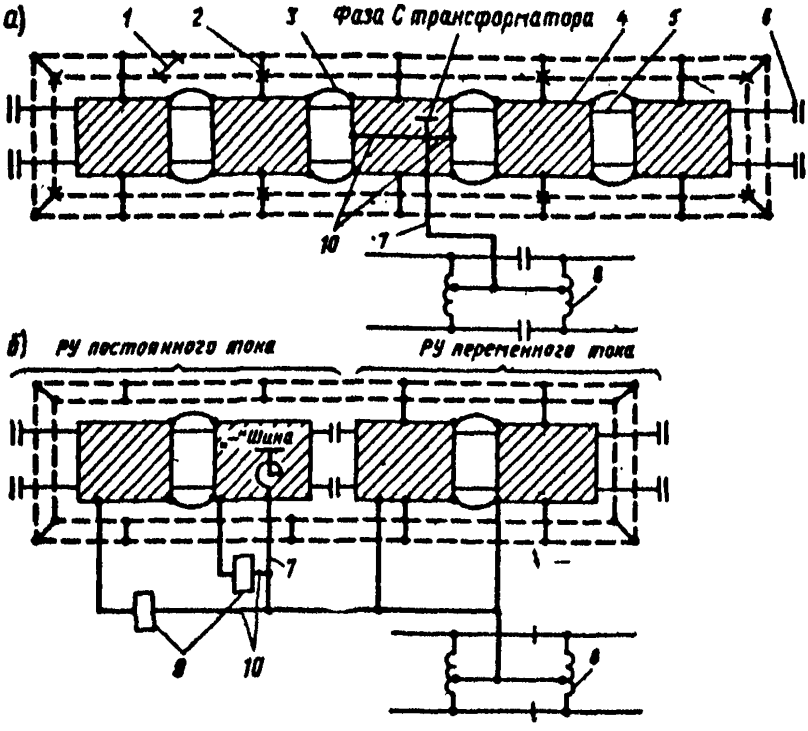


Рис. 3.8.

Схема заземления передвижных тяговых подстанций переменного(а) и постоянного тока (б) при установке их на перегоне

1 — выравнивающий контур заземления; 2 — вертикальный электрод, 3 — перемычка между корпусами вагонов, 4 — вагон; 5 — рельсы; 6 — видимый разрыв рельсовой нити; 7 — отсасывающая линия; 8 — путевой дроссель-трансформатор; 9 — реле земляной защиты; 10 — заземляющие проводники.

При наличии у ПТП ОРУ-6, 10, 35 или 100 кВ (порталы и разъединители вводов) на территории ОРУ устраивают выравнивающий контур заземления из стальной полосы 40х5 мм, который не менее чем в 2-х местах соединяют с выравнивающим контуром заземления ПТП. На выравнивающий контур заземления ОРУ ПТП заземляют приводы разъединителей и все металлические поддерживающие конструкции. В ОРУ-110 кВ под каждым приводом разъединителя на расстоянии 0,5 м от него забивается один вертикальный стальной электрод длиной 5 м (диаметром не менее 18 мм или уголок 45х45).

Сопротивление выравнивающего контура заземления ОРУ ПТП не нормируют.

3.20.5. При питании ПТП от сети 100 кВ и выше с заземленной нейтралью для прохода вокруг вагонов укладывается деревянный решетчатый настил высотой 10-15 см, покрытый в местах перехода с земли на настил и с настила в вагоны резиновыми ковриками; подъем в вагоны должен осуществляться по деревянным лестницам.

3.20.6. Территорию ПТП ограждают деревянным забором, устанавливаемым за пределами полос выравнивающего контура.

3.20.7. В местах ввода на территорию ПТП постоянного тока неэлектрифицированного подъездного пути или временного тупика устраивают видимый разрыв цепи по рельсам или рельсы подъездного пути оборудуют двумя парами изолирующих стыков, устанавливаемых на территории подстанции и в месте примыкания их к станционным путям.

3.20.8. При установке ПТП на электрифицированном пути специального заземления вагонов с оборудованием переменного тока на отсасывающую линию не делают; вагоны с оборудованием постоянного тока ограждают с двух сторон видимым разрывом цепи по рельсам или изолирующими стыками; заземление их осуществляют способом, приведенным в п. 3.20.3 Инструкции.

Выравнивающие контуры заземления оборудуют в соответствии с п. 3.20.4 Инструкции.

3.20.9. Передвижные тяговые подстанции или отдельные передвижные устройства тягового электроснабжения (выпрямительные агрегаты, трансформаторы и т.п.), устанавливаемые на территории действующих стационарных тяговых подстанций, заземляют совместно с их оборудованием на основе требований п. 3.1 Инструкции; при этом вагоны РУ постоянного тока изолируют от рельсов подъездного пути посредством установки их на изолирующие прокладки или видимого разрыва рельсовых нитей изолирующих стыков.

3.20.10. Защита от однофазных замыканий на землю в сетях 6, 10 и 35 кВ на вводе ПТП должна работать на отключение с временем не более 0,5 с.

3.21. Основные положения по выполнению заземлений в районах вечной мерзлоты и скалистых грунтов

3.21.1. Для заземления устройств тягового электроснабжения и электроснабжения нетяговых потребителей необходимо использовать такие естественные заземлители, как:

тяговую рельсовую сеть;

подземные металлические трубопроводы (за исключением трубопроводов, транспортирующих горючие или взрывчатые жидкости и газы);

подземные кабели в металлических оболочках, броне (за исключением кабелей в алюминиевых оболочках);

металлические и железобетонные фундаменты зданий и сооружений;

обсадные металлические колонны, трубы скважин, колодцев, штолен и т.п.;

металлическую или железобетонную обделку тоннелей.

3.21.2. Использование тяговой рельсовой сети в качестве естественного заземлителя обеспечивает выполнение требований к сопротивлению заземлителей установок тягового электроснабжения и электроснабжения нетяговых потребителей.

3.21.3. Выбор типа и конструкции контуров заземления должен осуществляться с учетом геоэлектрической структуры грунтов и наличия естественных заземлителей.

3.21.4. Контуры заземления, как правило, следует располагать в местах с пониженным электрическим сопротивлением грунта преимущественно в его деятельном слое (на глубине 0,25-0,4 м, на южных склонах возвышенностей, в местах стока талых вод и т.п.). Применение глубинных заземлителей допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании.

3.21.5. Выравнивающий контур постов секционирования, комплектных трансформаторных подстанций, автотрансформаторных пунктов и т.п. выполняют в виде полосы, уложенной по периметру с одной ячейкой на стороне.

3.21.6. Заземляющие устройства тяговых подстанций постоянного и переменного тока в зонах вечномерзлых (и скалистых) грунтов выполняют, как правило, по нормам напряжения прикосновения. При этом должны выполняться требования п. 3.1.6 Инструкции.

3.21.7. Общая длина одной секции троса группового заземления опор контактной сети переменного тока может достигать 800 м при Т-образной и 400 м при Г-образной схемах как при железобетонных, так и металлических опорах при условии обеспечения отключения режима к.з.

3.21.8. Присоединение заземляющих проводников разрядников и постов секционирования контактной сети непосредственно к рельсу при двухниточных рельсовых цепях автоблокировки допускается на перегонах не ближе 300 м от путевых дроссель-трансформаторов, на станциях — в любой точке.

3.21.9. При использовании рельсовых путей в качестве естественных заземлителей допускается на тяговых подстанциях установка молниеотводов на порталах открытого распредустройства независимо от значения эквивалентного удельного сопротивления грунта и площади заземления.

3.21.10. При измерении электрического сопротивления заземлителей учитывается геоэлектрическая структура грунта.

4. КОНСТРУКТИВНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

4.1. Материал, конструкция, размеры заземлителя и заземляющих проводников, их контактные соединения должны обеспечивать достаточную степень устойчивости к механическим, термическим и коррозионным воздействиям.

4.2. В качестве заземляющих проводников следует использовать:

специально предусмотренные для этой цели проводники;

металлические конструкции сооружений и устройств (фермы, ригели, балки, мачты и т.п.).

При использовании в качестве заземляющих проводников металлических конструкций, сооружений и устройств должна быть обеспечена непрерывность их электрической цепи.

В местах, где отсутствует металлический контакт между элементами конструкций, соединение между ними должно осуществляться металлическими перемычками. В местах сварных, болтовых и заклепочных соединений устанавливать перемычки не требуется.

4.3. Использование проложенных заземляющих проводников для иных целей не допускается; рабочие и защитные заземления, как правило, совмещаются.

4.4. Каждый заземляемый элемент установки должен быть присоединен к заземлителю (индивидуальное заземление) или к заземляющей магистрали (групповое заземление) посредством отдельного ответвления. Последовательное включение в заземляющий проводник нескольких заземляемых частей установки запрещается.

4.5. Контуры заземления и заземляющие проводники выполняют преимущественно из стали (прутки, полоса, стержни, уголки); допускается использовать сталеалюминиевые провода для групповых заземлений, медные провода для рабочих заземлений, а также для металлических перемычек при заземлении подвижных элементов конструкций.

4.6. Соединение стальных заземляющих проводников между собой и контактные соединения их с заземляемыми конструкциями и заземлителями выполняют преимущественно сваркой; при этом длина нахлестки должна быть равна двойной ширине при прямоугольном сечении и шести диаметрам при круглом сечении проводников. Сварку выполнять по всему периметру нахлестки. Допускается соединять заземляющие проводникик с помощью двухболтовых зажимов при условии обеспечения в процессе эксплуатации периодического контроля за их состоянием, клеммы должны иметь контргайки, контршайбы и т.п.

Заземляющие проводники присоединяют к рельсам без применения сварки только механическим способом следующим способом:

к клеммам дроссель-трансформатора под болт, к рельсу — при помощи крюкового болта.

Заземления ПС и ППС при подключении их к рельсу выполняют следующим образом: один заземляющий проводник присоединяют

к рельсу штепсельным соединением в специальное отверстие, а второй проводник — при помощи крюкового болта за подошву рельса.

Присоединение всех заземляющих проводников к междроссельным перемычкам дроссель-трансформаторов выполняют зажимами К-054 или под болт клеммных выводов дроссель-трансформатора.

Рабочие заземления присоединяют к рельсовой цепи с установкой знака-указателя «Опасно. Высокое напряжение» красного цвета с изображенной на нем стрелкой, предупреждающего персонал против ошибочных отключений рабочего заземления.

Двойные заземляющие спуски от роговых разрядников, приводов разъединителей и КТП у рельса должны образовывать петлю.

Присоединение заземляющих проводников к мостовым металлоконструкциям выполняют к их второстепенным элементам с помощью высокопрочных болтов диаметром 22 мм. Применение сварки к мостовым конструкциям не допускается.

4.7. Для присоединения заземляющих проводников к заземляемым конструкциям и заземлителям должны выполняться самостоятельные узлы контактных соединений.

4.8. Способ включения защитных устройств (искровые промежутки, диодные заземлители и т.п.) в цепи заземления должен обеспечивать возможность их монтажа и демонтажа в условиях эксплуатации.

4.9. Заземляющие проводники открытой прокладки изолируют от земли (например, укладкой на деревянных полушпалах) и по всей длине покрывают антикоррозионным составом (лак, битумная мастика и др.).

4.10. В случае опасности усиленной коррозии заземляющих проводников и заземлителей должно выполняться в соответствии с проектом одно из следующих мероприятий:

увеличение сечения заземляющих проводников и заземлителей;

применение полимерных покрытий или напыление изолирующих материалов;

применение оцинкованных или омедненных элементов заземляющих проводников и заземлителей;

электрическая защита заземлителей от коррозии с помощью катодной поляризации.

4.11. Заземляющие проводники на всем протяжении открытой прокладки должны быть доступны для визуального контроля (в том числе и покрытые изоляцией или проложенные под путями). В общедоступных местах заземления прокладывают под низом платформы или в желобе, расположенном в теле платформы.

При необходимости прокладки заземляющего проводника под рельсами должно быть обеспечено жесткое крепление его к деревянной шпале, при железобетонных шпалах проводник под рельсами прокладывают в изолирующих трубах (асбоцементные, полимерные и т.п.).

В местах пересечения заземляющих проводников с кабелями, трубопроводами и т.п., а также в других местах, где возможны их

механические повреждения, заземляющие проводники необходимо защищать посредством изолирующих прокладок, механического закрепления и т.п.

4.12. Заземляющие проводники на железобетонных опорах и мачтах располагают с полевой (или боковой) стороны в натянутом состоянии, не касаясь бетона опоры, с креплением на изолирующих прокладках (клицах).

Допускается на линиях переменного тока заземляемые металлические элементы конструкций, расположенные в верхней части железобетонной опоры, присоединять к верхним выводам заземляющего проводника, проложенного внутри стенки опоры. Наружный заземляющий проводник в этом случае прокладывают от нижнего вывода внутреннего проводника до тяговых рельсов. Не допускается использовать заземляющий проводник, проложенный внутри стенки опоры, в качестве заземляющего спуска группового заземления опор.

4.13. Заземляющие проводники при индивидуальном заземлении конструкций и устройств выполняют стальным прутком диаметром не менее 12 мм для постоянного тока и 10 мм для переменного тока.

4.14. Групповое заземление конструкций и устройств выполняется посредством объединения их единой заземляющей магистралью (проводом, тросом), причем каждая конструкция или устройство должны соединяться с магистралью самостоятельно специальным проводником; механические узлы крепления (подвески) провода группового заземления на конструкциях нельзя считать одновременно и электрическим присоединением. Подключение группового заземления к рельсовой сети должно удовлетворять требованиям п. 2.3.1.-2.3.3. Инструкции.

4.15. Для группового заземления опор контактной сети применяют преимущественно сталеалюминиевый провод АС-70; биметаллические провода ПБСМ-70, ПБСА-50/70, допускается использовать и другие провода большего сечения. Узлы присоединения опор к проводу выполняют зажимами:

К-054 — при проводе марки ПБСМ;

ПА-2 (КС-130) — при сталеалюминиевых или алюминиевых проводах сечением до 95 мм кв. включительно;

К-064 — при тросах А-120, А-150 и А-185.

Зажимы устанавливают по одному в месте каждого присоединения. От провода группового заземления до защитного устройства (диодный заземлитель, искровые промежутки и т.п.) присоединение выполняют одинарным многопроволочным проводом того же сечения, что и провод группового заземления; от защитного устройства к рельсам — двумя стальными прутками (изолированными от опоры) сечением соответственно п. 4.13 Инструкции.

Если защитное устройство не устанавливается, присоединение выполняют двумя стальными прутками на всем ..ротяжении от провода группового заземления до рельсов.

4.16. Диодные заземлители устанавливают на высоте не менее 1,7 м, в общедоступных местах — не менее 2,5 м, а искровые промежутки — не менее 0,5 м от уровня земляного полотна.

Искровые промежутки в групповом заземлении устанавливают по одному в каждом проводе спуска к рельсам.

4.17. При креплении группового заземления на опорах, не подключенных к нему, провод группового заземления подвешивают изолированно от опоры на изоляторах ПФ-70, ПС-70; допускается использовать для этой цели старогодные изоляторы, изоляторы с дефектным фарфором, другие изолирующие элементы с уровнем изоляции на 1 кВ.

4.18. Магистраль заземления внутри зданий выполняют из стальной полосы сечением 40х5 мм, прокладываемой по стене здания для оборудования постоянного тока и в кабельных каналах для оборудования переменного тока, каждое оборудование присоединяют к магистралям стальной полосой 25х5 мм. Магистрали соединяют не менее чем в двух местах с внешним контуром на открытой части, для переменного тока — непосредственно, а постоянного — через реле земляной защиты.

4.19. Размещение элементов внешнего контура заземления тяговых подстанций производят таким образом, чтобы было достигнуто по возможности равномерное распределение электрического потенциала по площади подстанции с учетом удобства присоединения заземляемого оборудования.

4.20. Контур заземления на открытой части стационарной тяговой подстанции располагают по всей площади, занимаемой электрооборудованием. Его выполняют в виде горизонтальной заземляющей сетки из проводников, уложенных в земле на глубине 0,5-0,7 м; продольные заземлители прокладываются вдоль осей электрооборудования со стороны обслуживания на расстоянии 0,8-1,0 м от фундамента или основания. Допускается увеличение этого расстояния до 1,5 м с прокладкой одного заземлителя для двух рядов оборудования, если расстояние между их фундаментами и основаниями не превышает 3,0 м.

Поперечные заземлители прокладывают в удобных местах между оборудованием с расстоянием, увеличивающимся от периферии к центру, но не более 4,0; 5,0; 6,0; 7,5; 9,0; 11,0; 13,5; 16,0 и 20,0 м. Размеры ячеек заземляющей сетки, примыкающих к местам присоединения нейтралей силовых трансформаторов и короткозамыкателей должны быть не более 6х6 м.

Горизонтальная заземляющая сетка при необходимости (доведение до нормы сопротивления заземлителя или напряжения на нем) может дополняться вертикальными электродами, количество которых и размещение определяют расчетом.

При выполнении заземляющего устройства по нормам напряжения прикосновения размеры ячеек определяют расчетом, но не более 30 м на сторону; глубина прокладки заземляющей сетки может быть уменьшена до 0,3 м.

В зоне рабочего места у электрооборудования выполняют подсыпку щебня слоем 0,1-0,2 м.

Контурный проводник по периметру сетки должен охватывать распределительные устройства, а также производственные здания и сооружения. Расстояние от границ контурного проводника до ограды тяговой подстанции с внутренней стороны должно быть не менее 2 м; у входов и въездов на территорию подстанции между оградой и заземлителем осуществляется выравнивание потенциалов

двумя вертикальными заземлителями длиной 3-5 м, размещенными напротив входа (по его ширине) у контурного проводника.

Если контур заземления не размещается на ограждаемой территории, он может быть вынесен за пределы территории подстанции; при этом металлические части и арматура стоек железобетонной ограды подстанции соединяют с контуром.

Вокруг границы выносного заземлителя на расстоянии 1 м укладывают один проводник на глубине 1,5 м, соединяемый с заземлителем не менее чем в четырех местах.

4.21. Выравнивающий контур заземления вокруг одиночных объектов (мачта, опора, шкаф и т.п.), выполняют на глубине 0,3 м в виде одноячейкового горизонтального прямоугольного контура, стороны которого должны отстоять от контструкции на расстоянии 1 м; контур соединяют с заземляемой конструкцией двумя проводниками.

4.22. Выравнивающий контур заземления КТП сооружают путем укладки в землю на глубине 0,3 м на расстоянии 1 и 2 м от краев металлических конструкций КТП двух прямоугольников, соединенных между собой и с конструкцией КТП.

4.23. Выравнивающий контур заземления автотрансформаторных пунктов, пунктов группировки переключателей контактной сети, пунктов компенсации реактивной мощности, обогрева вагонов и т.п. выполняют на глубине 0,3 м в виде сетки, проводники которой отстоят от фундаментов и оснований оборудования на расстоянии 1,0 м; сетка охватывается контурным проводником.

Вокруг электрооборудования, размещаемого на одном фундаменте (посты секционирования, пункты параллельного соединения и т.п.) укладывают только контурный проводник (выравнивающий контур) на глубине 0,3 м и расстоянии 1,0 от основания фундамента.

4.24. Продольные и поперечные проводники внешнего контура заземления тяговой подстанции и выравнивающих контуров (сеток) объектов, указанных в пп. 4.22-4.23, выполняют из стальной полосы 40х4 мм, укладываемой в грунт на ребро; вертикальные электроды изготавливают из угловой стали 50х50 мм, стальных стержней (диаметром 16-20 мм) или труб (диаметром 50-60 мм) длиной 3 м. Полосы при пересечении в углах каждой ячейки сетки сваривают между собой и с электродами. Сварка производится внахлестку с соблюдением требований п. 4.6 Инструкции. После монтажа сварные швы, расположенные в земле, покрывают битумом. Заземляющие проводники оборудования выполняют полосой 25х5 мм, прокладываемой в земле на глубине 0,3 м, или другим проводником того же сечения.

5. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

5.1. Проверку соответствия устройств защитного заземления предъявляемым к ним требованиям осуществляют после их монтажа при приемке в эксплуатацию электрифицированных или отдельных электроустановок.

5.2. При сдаче-приемке в эксплуатацию смонтированных заземляющих устройств должна представляться следующая техническая документация (участниками приемки по сфере обслуживания):

проект заземляющего устройства с изменениями, внесенными в процессе строительства;

акты освидетельствования скрытых работ по монтажу заземлителей и присоединений к естественным заземлителям;

акты осмотра и проверки состояния открыто проложенных заземляющих проводников.

Для опор контактной сети, искусственных сооружений, напольных устройств СЦБ и т.п. составляют только приемочные акты осмотра и проверки заземляющих устройств.

5.3. На каждое находящееся в эксплуатации заземляющее устройство со скрытыми элементами (контур заземления, выравнивающая сетка и т.п.) должен иметься паспорт, содержащий схему заземления, основные технические данные, данные о результатах проверки состояния заземляющего устройства, о характере проведенных ремонтов и изменениях, внесенных в устройство заземления.

5.4. Эксплуатация заземляющих устройств заключается в своевременном проведении работ по техническому обслуживанию (ТО), текущему ремонту (ТР), капитальному ремонту (КР).

5.5. Техническое обслуживание включает в себя все виды осмотров, проверок и измерений параметров заземляющих устройств с периодичностью, приведенной в табл. 5.2.

Содержание и периодичность работ по техническому обслуживанию заземляющих устройств, выполненных по Правилам устройства электроустановок определяется Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей (табл. 24).

5.6. При текущем ремонте заменяют и восстанавливают отдельные элементы заземляющих устройств в случае обнаружения их неисправности.

5.7. Капитальный ремонт включает в себя замену и восстановление элементов заземляющих устройств и выполняется вместе с капитальным ремонтом заземляющих конструкций и устройств.

5.8. Для конструкций и устройств, в цепи заземления которых установлены искровые промежутки, диодные заземлители и т.п., сопротивление заземления не измеряется. Контроль исправности защитных устройств осуществляют в сроки, установленные табл. 5.2.

5.9. Внеочередные измерения сопротивления заземляющих устройств должны производиться после восстановления их повреждений, реконструкции или капитального ремонта.

Таблица 5.1

Объекты, подлежащие заземлению	Служба, осуществляющая эксплуатацию и контроль заземляющего устройства
Устройства тягового электроснабжения	Служба электрификации и электроснабжения
Линии и трансформаторные подстанции ДПР, ВЛ 6(10) кВ, проложенные по опорам контактной сети	то же
Линии освещения, светильники, прожекторные мачты	— « —
Искусственные сооружения (мосты, путепроводы): а) с креплением на них контактной сети, ВЛ, питающих и отсасывающих линий*)	— « —
б) без крепления контактной сети, ВЛ, питающих и отсасывающих линий	Пути (П) (в объеме п.1 табл.5.2); электрификации и электроснабжения (Э) (в объеме п.3.5, табл. 5.2), сигнализации, связи и вычислительной техники (Ш) (в объеме п.4 табл.5.2)
Напольные устройства СЦБ	Ш
Волноводы, устройства радиовещания, линии связи, проложенные по опорам контактной сети	Ш
Устройства пневмопочты	Ш
Устройства пневмоочистки стрелок	П (в объеме пп.1 и 5 табл. 5.2)
Устройства электрообогрева стрелок	Э
Пункты питания обогрева пассажирских вагонов	Э
Одиночные объекты, расположенные вблизи электрифицированных путей	Служба, эксплуатирующая данный объект

ПРИМЕЧАНИЕ: *) Заземляющие устройства ВЛ, не принадлежащие МПС, эксплуатируются и контролируются организацией — владельцем ВЛ.

Таблица 5.2

Наименование работ в объеме технического обслуживания заземляющих устройств	Периодичность
1. Осмотр всех видимых элементов заземляющего устройства, проверка плотности прилегания контактов, исправности монтажа, отсутствия механических повреждений; затяжка ослабленных болтовых контактов, устранение обнаруженных неисправностей	Два раза в год (весной и осенью)
2. Выборочное вскрытие грунта для осмотра элементов заземляющего устройства, находящихся в земле	1 раз в 5 лет
3. Измерение сопротивления заземляющего устройства (если нормируется его значение)	После монтажа, не позднее 6 мес. после ввода в эксплуатацию, и в последующем не реже 1 раза в 3 года
4. Измерение сопротивлений заземления конструкции и устройств, подключаемых к рельсовой сети (при необходимости контроля их значений по условиям влияния на работу рельсовых цепей СЦБ и защиты от электрокоррозии)	При приемке в эксплуатацию и в последующем не реже 1 раза в 5 лет (постоянный ток) и не реже 1 раза в 10 лет (переменный ток)
5. Проверка исправности защитных устройств в цепи заземления:	
искровых промежутков	1 раз в квартал
диодных, диодно-искровых заземлителей	2 раза в год
искровых промежутков типа ИПВ-ЦНИИ	1 раз в год
6. Проверка исправности цепей заземления электрическим измерением (согласно п.8.3.1 Инструкции ЦЭ-3551)	— « —

6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

6.1. При техническом обслуживании и ремонте заземляющих устройств и электрических измерениях на них следует руководствоваться Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, Правилами безопасности для работников железнодорожного транспорта на электрифицированных линиях, Правилами техники безопасности при эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог и устройств электроснабжения автоблокировки, Инструкцией по технике безопасности для электромонтера контактной сети.

6.2. Работы по техническому обслуживанию защитных заземлений выполняют без снятия напряжения. При этом должна сохраняться непрерывность цепи заземления конструкций и электроустановок. В случае необходимости разрыва цепи заземления с целью ремонта или производства измерений место разрыва должно быть шунтировано глухой перемычкой из медного провода сечением не менее 50 мм^2, оборудованной соединительными зажимами. Для присоединения перемычки к рельсу применяется специальный рельсовый башмак; отсоединять от рельса (контура заземления) основной заземляющий проводник допускается после установки перемычки.

При измерениях сопротивления заземления конструкций на рельсовую сеть допускается включать в цепь перемычки искровой промежуток.

6.3. Работы на рабочих заземлениях, а также на заземляющих устройствах тяговых или трансформаторных подстанций, когда невозможно сохранить непрерывность цепи заземления или производится практически полная замена элементов заземляющего устройства, производят со снятием напряжения и заземлением электроустановки.

6.4. При электрических измерениях без снятия напряжения на действующих подстанциях с использованием выносных (за пределы территории подстанции) измерительных электродов должны приниматься следующие меры безопасности (для защиты от воздействия полного напряжения на заземлителе при стекании с него тока однофазного к.з.):

— измерительная установка, а также отдельные элементы измерительной схемы (например, вспомогательное заземление, зонд и т.п.), на которых могут появиться опасные напряжения, должны быть ограждены. На ограждении вывешивают стандартные плакаты, предупреждающие об опасности поражения электрическим током. У места испытаний должен быть выставлен наблюдающий;

— персонал, производящий измерения, обязан работать в диэлектрических ботах, резиновых перчатках, пользоваться инструментом с изолирующими ручками.

6.5. При нахождении на железнодорожных путях и производстве электрических измерений вблизи путей должны обеспечиваться меры безопасности обслуживающего персонала от наезда подвижного состава. Эти работы должны выполняться бригадой не менее чем из двух человек. При этом руководитель должен наблюдать как за работающим, так и за движением поездов.

Расположение прибора и производящего измерения должно быть не ближе 5 м (на участках скоростного движения 10 м) от крайней нити железнодорожного пути.

6.6. Запрещается проводить ремонт и электрические измерения на заземляющих устройствах во время дождя, грозы, мокрого снега и тумана, а также в темное время суток.

6.7. Отсоединять заземляющие проводники от заземлителей (рельсов, контуров и т.п.) следует с соблюдением требований п. 43 Правил безопасности для работников железнодорожного транспорта на электрифицированных линиях, утвержденных МПС 11.09.75, № ЦЭ-3288.

Инструкция по заземлению устройств электроснабжения на электрифицированных железных дорогах, утвержденная МПС СССР 16.12.83 г. № ЦЭ/4173 считается не действующей в системе Министерства путей сообщения Российской Федерации.

Зам. начальника Управления электрификации и электроснабжения

Г.Б. ЯКИМОВ

Зам. директора Всероссийского научно-исследовательского института железнодорожного транспорта

В.А. МАТЮШИН

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
к Инструкции от 10.06.93 г. № ЦЭ/191

ТЕРМИНЫ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ИНСТРУКЦИИ

Защитное заземление — преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом (рельсовой сетью) металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Рабочее заземление — преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом (рельсовой сетью) токоведущих частей электроустановки, по которому постоянно или временно протекает ток рабочего режима данной электроустановки.

Заземляющее устройство — система проводников и конструкций, обеспечивающих защитное и рабочее заземление; в него входят заземляющие проводники и магистрали, спуски от конструкций, контуры заземления и рельсовая сеть, включая узлы присоединения к ним.

Заземляющий проводник (провод) — проводник, осуществляющий металлическую связь с заземляемой конструкцией и контуром заземления (рельсом).

Заземляющая магистраль (магистраль заземления, шина заземления) — проводник, обеспечивающий металлическую связь группы заземляющих конструкций с контуром заземления (рельсом).

Контур заземления (заземлитель) — система расположенных в земле неизолированных горизонтальных и вертикальных проводников (электродов), объединенных между собой и обеспечивающих контакт с землей заземляемых конструкций.

Выравнивающий(щая) контур (сетка) заземления — система расположенных в земле горизонтальных пересекающихся проводников, обеспечивающая выравнивание потенциалов на территории электроустановки.

Внутренний контур заземления (применяется для распредустройства постоянного тока) — заземляющая магистраль, прокладываемая внутри подстанций, постов и т.п., к которой подключаются заземляющие проводники электрооборудования; обеспечивает связь заземляемого оборудования с контуром заземления.

Внешний контур заземления — имеет то же определение, что и контур заземления; термин применяется как отличительный в установках, имеющих внутренний контур заземления.

Групповое заземление — разновидность заземляющей магистрали, объединяющая, как правило, однотипные объекты, расположенные на расстоянии друг от друга, но присоединяемые к одному контуру заземления.

Защитное устройство в цепи заземления — искровой промежуток, диодный, диодно-искровой, включаемые в цепь заземления на рельсовую сеть с целью исключения влияния на работу рельсовых цепей автоблокировки или защиты заземляемых конструкций от электрокоррозии.

Диодный заземлитель — защитное устройство, содержащее группу силовых полупроводниковых диодов, включенных параллельно, с проводимостью от заземляемой конструкции к рельсам (см. Приложение 2).

Диодно-искровой заземлитель — защитное устройство, содержащее диодный заземлитель и включенные последовательно с ним два параллельно соединенных искровых промежутка (см. Приложение 2).

Зануление — преднамеренное электрическое соединение с нулевым проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Нулевой защитный проводник — проводник, соединяющий зануляемые части с глухозаземленной нейтралью трансформатора.

Тяговая рельсовая сеть — электрическая непрерывная цепь обратных токов тягового электроснабжения, представляющая систему электрически объединенных (последовательно и параллельно) ходовых рельсов электрифицированных путей.

Рельсовая цепь (блок-участок) — участок рельсового пути, обтекаемый сигнальными токами автоблокировки и ограниченный, как правило, изолирующими стыками.

Однониточная рельсовая цепь — рельсовая цепь на электрифицированном участке, в которой тяговый ток проходит только по одной рельсовой нити, в то время как другая нить изолируется; сигнальный ток протекает по обеим нитям.

Дроссель-трансформатор — индуктивная катушка из двух полуобмоток значительного реактивного и малого активного сопротивления, включаемая в тяговую рельсовую сеть на электрифицированных участках для пропуска обратного тягового тока в обход изолирующих стыков; одновременно является трансформатором рельсовой цепи (питающим или релейным).

Дополнительный дроссель-трансформатор — дроссель-трансформатор, используемый только для подключения отсасывающих линий, заземляющих устройств, междупутных перемычек и т.п.

Тяговый рельсовый соединитель — провод, соединяющий противоположные рельсовые нити у изолирующих стыков или дроссельного пункта для обеспечения прохода тягового тока по одной нити в обход изолирующего стыка или через параллельные рельсовые пути.

Стыковой соединитель — провод, прикрепленный к смежным концам рельсов на каждом сборном стыке (кроме изолирующих) для обеспечения необходимой и постоянной электрической проводимости стыкового соединения (совместно с путевыми рельсовыми накладками).

Изолирующий стык — стыковое соединение рельсов железнодорожного пути, электрически изолирующее их друг от друга.

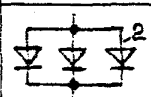
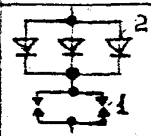
Стационарный режим — режим работы передвижной тяговой подстанции (ПТП), установленной на длительное время с целью усиления электроснабжения (до постройки стационарной подстанции).

Временный режим — режим работы ПТП в аварийной ситуации (выход из строя стационарной подстанции, повреждения в энергосистеме) при необходимости кратковременного повышения пропускной способности, в особых условиях.

Глухое заземление — непосредственное металлическое соединение заземляющих проводников с контуром заземления (заземлителем).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
к Инструкции от 10.06.93 г. № ЦЭ/191

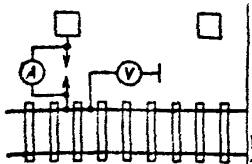
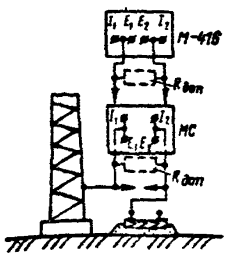
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ, ВКЛЮЧАЕМЫХ В ЦЕПЬ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ Ж.Д.

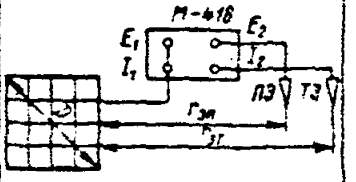
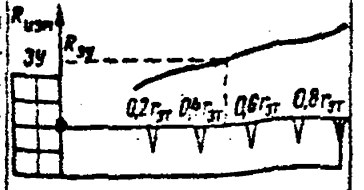
Тип защитного устройства	Заводская марка	Электрическая схема	Максимально допустимый ток длительностью 0,1 с, кА	Напряжение открытия в прямом направлении, В	Максимально допустимое обратное напряжение, В	Габариты, мм	Масса, кг	Примечание
Искровой промежуток	ИПМ-62 М ИПВ-ЦНИИ		5—6 5—6	800—1200 600—1200	800—1200 600—1200	300х60	0,4	
Диодный заземлитель	ЗД-1		10	0,5	800	350х220х х200	11	
Диодно-искровой заземлитель	ЗД-1 + + 2ИПМ-62		5—6	800—1200	1500—2000	—	12,5	

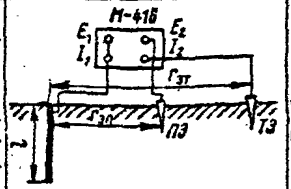
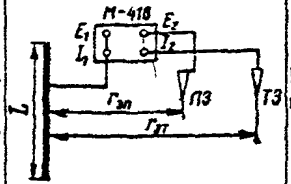
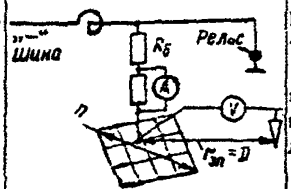
ПРИМЕЧАНИЕ: 1 — ИПМ-62М; 2 — диоды на 200 А 8-10 кл

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
к Инструкции от 10.06.1993 г. № ЦЭ/191

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

№№ пп	Вид измерения	Схема измерения	Приборы	Особенности измерения
1	2	3	4	5
	А. Измерение сопротивления заземления одиночных объектов			
1.	Измерение сопротивления заземления фундаментов, опор, шкафов, ПС (ППС), КТП, мостов и т.п.			
	а) методом амперметра-вольтметра		Вольтметр с сопротивлением 2000 Ом на 1 В шкалы, амперметр с малым входным сопротивлением	Измерения выполняются при разности потенциалов рельс-земля Uр3 в несколько Вольт, $R_З = \frac{U_{р3}}{I}$
	б) измерителем заземлений		Измеритель заземлений М-416, МС-08(07)	Отсчет по шкале $R_З = R_{изм}$. Если $R_{изм} > 1000$ Ом, то на вход прибора подключается резистор 1000 Ом ($R_{доп}$). При этом измерения прибором М-416 следует производить при положении переключателя х100, а МС-08 — при положении х1 $R_З = \frac{1000 \cdot R_{изм}}{1000 - R_{изм}}$ Ом.

1	2	3	4	5
	Б. Измерение сопротивления растеканию сложных заземляющих устройств			
1.	Измерение сопротивления растеканию заземлителя, состоящего из заземляющей сетки или контура с вертикальными электродами.	 Д — наибольшая диагональ заземления		Отсчет по шкале $R_З = R_{изм}$ $\ell_{ЗТ} = 2D$ (от края испытываемого заземляющего устройства) ПЭ располагается поочередно на расстояниях $0{,}4\ell_{ЗТ}$, $0{,}5\ell_{ЗТ}$, $0{,}6\ell_{ЗТ}$. Если вид полученной зависимости соответствует сплошной линии, а величины сопротивлений, измеренных при положениях потенциального электрода на расстояниях $0{,}4\ell_{ЗТ}$ и $0{,}6\ell_{ЗТ}$ отличаются не более, чем на 10%, то сопротивление ЗУ принимается величина, измеренная при $\ell_{ЗП} = 0{,}5\ell_{ЗТ}$
	а) измерителем заземлений		Измерители заземлений М-416, МС-08(07)	Если значение сопротивлений отличаются более, чем на 10%, то измерения следует повторить при $\ell_{ЗТ}$, увеличенном в 1,5-2 раза.
	График изменения $R_{изм}$ в зависимости от положения потенциального электрода			Если сопротивление $R_{изм} < 0{,}1$ Ом, то необходимо снять перемычку между зажимами I1 и E1 прибора и соединить эти зажимы с испытываемым заземляющим устройством отдельными проводами

1	2	3	4	5
2.	Измерение сопротивления растеканию а) одиночных вертикальных заземлителей длиной ℓ		Измеритель заземлений М-416, МС-08(07)	Расстояние между электродами принимается При $\ell \leq 6$ м — $l_{зт} = 40$ м $l_{зп} = 25$ м При $\ell > 6$ м $l_{зт} \geq 6\ell$ $l_{зп} = 0{,}5 l_{зт}$
	б) одиночной горизонтальной полосы длиной L		Измеритель заземлений М-416, МС-08(07)	При $L > 40$ м $l_{зт} = 2L$, $l_{зп} = L$ При $10 \leq L \leq 40$ $l_{зт} \geq 80$ м, $l_{зп} = 0{,}5 l_{зт}$ При $L < 10$ м $l_{зт} = 40$ м; $l_{зп} = 20$ м.
	б) метод амперметра-вольтметра	 Rб — балластное сопротивление 1-2 Ом на 10 А	Вольтметр с сопротивлением 2000 Ом на 1 В шкалы амперметр с малым входным сопротивлением	Схема применяется для измерения сопротивления растеканию контурного заземлителя тяговых подстанций постоянного тока $R_З = \frac{\Delta U}{I}$; $R_З = R_{изм} - R_б$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
к Инструкции от 10.06.1993 г. № ЦЭ/191

ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА

Удельное электрическое сопротивление грунта по глубине определяется методом вертикального электрического зондирования при помощи измерителей сопротивления МС-08(07) или М-416 (рис. 114-1). К токовым электродам А-В подключаются токовые клеммы прибора, напряжение между потенциальными электродами MN подается на потенциальные клеммы прибора. По измеренной величине сопротивления Rизм определяется кажущееся удельное сопротивление $\rho_к$ по формуле:

$$\rho_к = \rho_{изм}, \qquad (1)$$

где к — коэффициент , зависящий от расстояния между электродами измерительной установки.

При равных расстояниях между электродами (схема Веннера), т.е. а = 1/3 АВ коэффициент к определяется выражением:

$$к = 2\pi a$$

а — принимается равным двойной глубине слоя грунта, до которого производится измерение ρ.

При исследовании измерения сопротивления грунта по глубине целесообразно провести 10-15 измерений при различных расстояниях между электродами. Центр установки «0» при этом остается неизменным. Трассу для измерений нужно выбирать на расстоянии 5-10 м от металлических коммуникаций в направлении перпендикулярном железнодорожным путям.

В таблице приведены значения к для соответствующих расстояний между электродами при проведении измерений с разносом электродов

Таблица

АВ, м	20	30	45	60	90	120	150	200
MN, м	6,6	10	15	20	30	40	50	66
к	42,1	62,8	94,2	125,6	188,4	251,2	314	421

Рассчитанные по формуле (1) значения кажущегося удельного сопротивления грунта следует представить в виде графика на логарифмической бумаге с логарифмической единицей, равной 6,25 см, называемой кривой ВЭЗ.

По оси ординат откладывают значения $\rho_к$ в Ом·м, а по оси абсцисс 0,5 АВ в метрах. Для определения параметров двухслойного грунта удельного сопротивления первого и второго слоев Р1, Р2 и мощности верхнего слоя h , пользуются расчетными кривыми палетками (рис. 114.1). Полученную экспериментальную кривую калькируют вместе с осями координат и накладывают на набор палеток. Перемещая кальку по набору, добиваются наилучшего совпадения кривой с одной из теоретических кривых. Оси координат при этом должны оставаться параллельными. Затем, отсчитав ординату эмпирической кривой $\rho_к$, отсекаемую осью абсцисс палетки λ, получают значение удельного сопротивления верхнего слоя грунта.

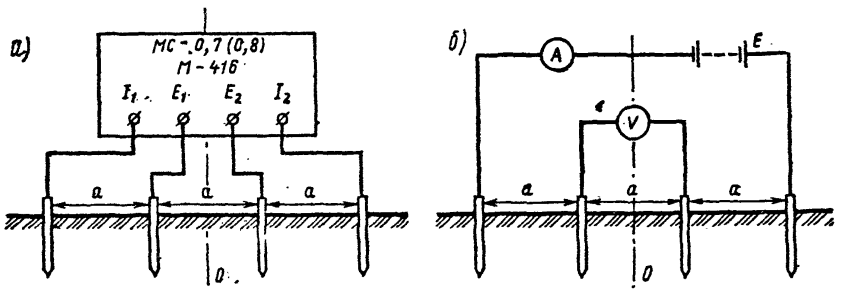


Рис. П.4.1.

Схема для определения удельного сопротивления грунта:

а — измерителем заземления МС-08 (М-416);
б — по методу амперметра-вольтметра.

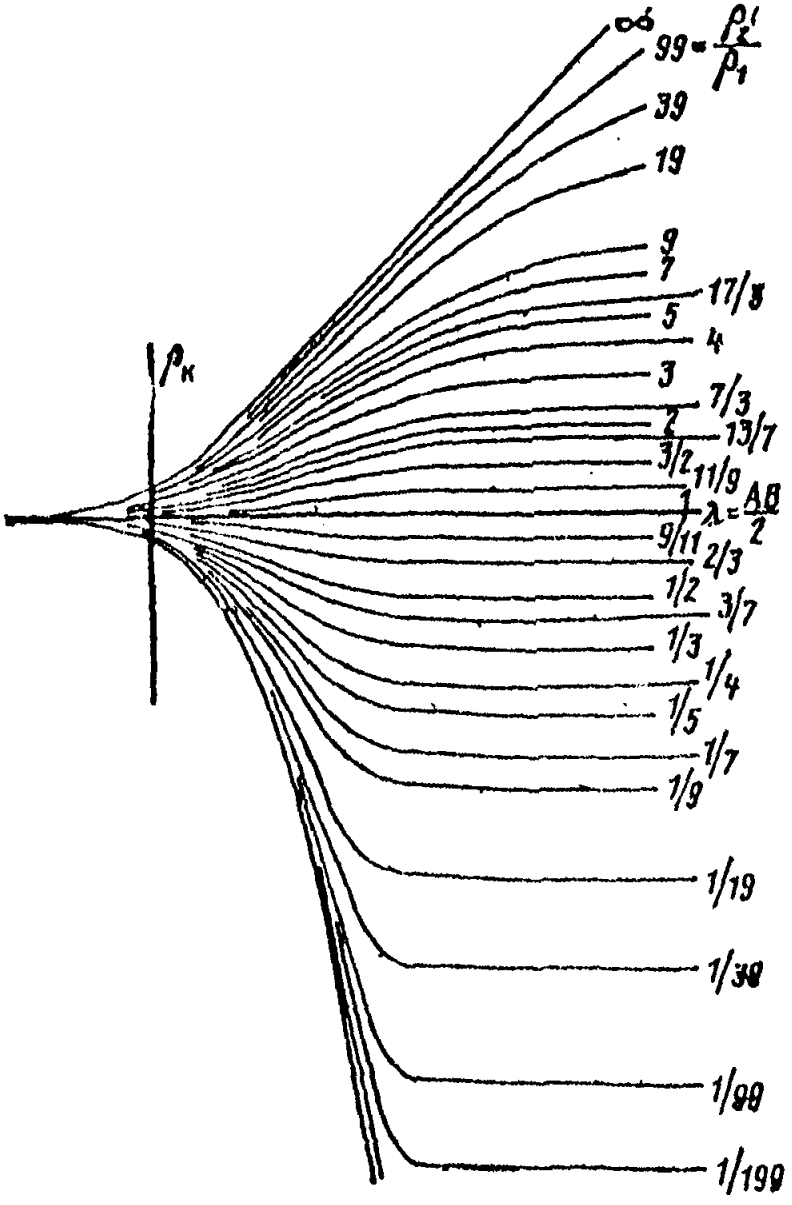

∞
99
39
19
9
7
17/8
5
4
3
7/3
2
13/7
3/2
11/9
1
9/11
2/3
1/2
3/7
1/3
1/4
1/5
1/7
1/9
1/19
1/39
1/99
1/199
$\rho_к$
$\frac{\rho_2'}{\rho_1}$
$\lambda = \frac{AB}{2}$

Рис. П.4.2.

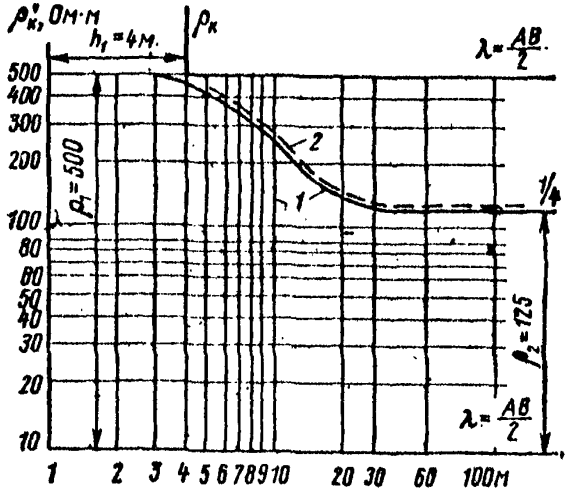


Рис. П.4.3.

Определение параметров электрической структуры грунта

1 — кривая палетки ВЭЗ;
2 — экспериментальная кривая ВЭЗ.

Ось ординат палетки $\rho_к$ отсекает на оси абсцисс эмпирической кривой λ' отрезок h'_1, определяющий глубину границы раздела слоев, т.е. толщину верхнего слоя. Сопротивление второго слоя определяется асимптотой эмпирической кривой при больших значениях AB/2.

На рис. П4.3 приведен пример определения параметров грунта. В рассматриваемом примере экспериментальная кривая ВЭЗ (2, пунктирная линия) совпадает с палеткой $\rho_2/\rho_1 = 1/4$. Палетка построена в осях ординат $\rho_к$ — ось ординат, λ — ось абсцисс. Оси координат экспериментальной кривой $\rho'_к$ и λ'. При совмещении кривой ВЭЗ с палеткой ось ординат палетки $\rho_к$ отсекает на оси абсцисс экспериментальной кривой λ' отрезок, определяющий толщину верхнего слоя: $h_1 = 4$ м. ось абсцисс палетки λ отсекает на оси ординат эмпирической кривой $\rho'_к$ ординату $\rho'_к$, определяющую сопротивление верхнего слоя грунта ρ_1. Для рассматриваемого примера $\rho_1 = 500$ Ом·м. Сопротивление второго слоя

$$\rho_2 = \rho_1/4 = 125 \text{ Ом·м}$$

Величина эквивалентного сопротивления земли, применяемого при расчетах сопротивления заземлителя, определяется выражением

$$\rho_{экв} = \rho_1 \left(1 - e^{-\alpha \frac{h}{\sqrt{S}}}\right) + \rho_2 \left(1 - e^{-\beta \frac{\sqrt{S}}{h}}\right),$$

где S — площадь, занимаемая заземляющим устройством;

α, β — безразмерные коэффициенты, зависящие от соотношения электрических сопротивлений слоев земли.

При $\rho_1 > \rho_2$	$\alpha = 3{,}6$;	$\beta = 0{,}1$;
При $\rho_1 < \rho_2$	$\alpha = 1{,}1 \cdot 10^2$;	$\beta = 0{,}3 \cdot 10^2$.

gost.e-ecolog.ru