Ассоциация «Росэлектромонтаж»

Инструкция

по устройству защитного заземления и уравнивания потенциалов в электроустановках

И 1.03-08

Москва
2012

gost.e-ecolog.ru

Ассоциация «Росэлектромонтаж»

ИНСТРУКЦИЯ

по устройству защитного заземления и уравнивания потенциалов в электроустановках

И 1.03-08

Москва 2012

РАЗРАБОТАНА: Московский институт энергобезопасности и энергосбережения (МИЭЭ)

РАЗРАБОТЧИКИ: Шалыгин А. А., Хейн В. П.

АННОТАЦИЯ

Настоящая Инструкция разработана в развитие положений ГОСТ Р 50571-5-54-2011 (МЭК 60364-5-54:2002) «Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов» с учетом указаний технических циркуляров Ассоциации «Росэлектромонтаж» №№ 6,10,11,23,26,27 и некоторых положений главы 1.7 ПУЭ седьмого издания с учетом накопленного опыта проектирования и монтажа заземляющих устройств и систем уравнивания потенциалов зданий и сооружений.

В Инструкции приведены основные нормы, правила и требования, касающиеся монтажа заземляющих устройств и систем уравнивания потенциалов зданий и сооружениях, даны рекомендации по выбору способов монтажа и условий применения.

Инструкция предназначена для проектных, монтажных и эксплуатирующих организаций.

Требования Инструкции, согласованные с действующими национальными стандартами, являются обязательными при выполнении монтажных работ.

© Ассоциация «Росэлектромонтаж», 2012 г.

Термины и определения

(По ГОСТ Р МЭК 60050-195-2005 – ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАЩИТА ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ. Термины и определения)

195-01-01
[151-01-07 MOD]
[826-04-01 MOD]

относительная земля
reference earth
reference ground (US)

Часть Земли, принятая в качестве проводящей, находящаяся вне зоны влияния какого-либо заземляющего устройства, электрический потенциал которой обычно принимается равным нулю.

Примечание – Понятие «Земля» означает планету со всеми её физическими свойствами.

195-01-02

электрический контакт
electric contact

Состояние двух или более проводящих частей, которые касаются друг друга случайно или преднамеренно и образуют единую непрерывную проводящую цепь.

195-01-03

(локальная) земля
(зона растекания)
(local) earth
(local) ground (US)

Часть Земли, которая находится в электрическом контакте с заземлителем и электрический потенциал которой не обязательно равен нулю.

195-01-05

защита от поражения электрическим током
protection against electric shock

Выполнение мер, снижающих риск поражения электрическим током.

195-01-06 [441-11-09 MOD]
проводящая часть
conductive part
Часть, которая способна проводить электрический ток.

195-01-07 [151-01-02 MOD]
проводник
conductor
Проводящая часть, предназначенная для проведения электрического тока определённого значения.

195-01-08 [604-04-01 MOD]
заземление
earth (verb)
ground (verb) (US)
Создание электрического соединения между данной точкой системы или установки или оборудования и локальной землёй.

Примечание – Соединение с локальной землей может быть:
- преднамеренным или
- непреднамеренным или случайным – и может быть постоянным или временным.

195-01-09
эквипотенциальность
equipotentiality
Состояние, при котором проводящие части имеют практически равный электрический потенциал.

195-01-10 [826-04-09 MOD]
уравнивание потенциалов
equipotential bonding
Электрическое соединение проводящих частей для достижения эквипотенциальности.

195-01-11
защитное заземление
protective earthing

protective grounding (US)
Заземление точки или точек системы или установки, или оборудования в целях электробезопасности.

195-01-12 [604-04-13 MOD]
заземление для выполнения работ
earthing for work
grounding for work (US)
Заземление отключённых токоведущих частей для безопасного производства работ.

195-01-13
функциональное заземление
functional earthing
functional grounding (US)
Заземление точки или точек системы, или установки, или оборудования в целях, отличных от целей электробезопасности.

195-01-14
(энергетическая) система заземления
(power) system earthing
(power) system grounding (US)
Функциональное заземление и защитное заземление точки или точек электроэнергетических систем.

195-01-15
защитное уравнивание потенциалов
protective-equipotential-bonding
Уравнивание потенциалов, выполняемое в целях электробезопасности.

195-01-16
функциональное уравнивание потенциалов
functional-equipotential-bonding
Уравнивание потенциалов, не связанное с обеспечением электробезопасности.

195-01-17
полное сопротивление относительно земли
impedance to earth

Полное сопротивление (импеданс) между точкой системы или установки, или оборудования и относительной землёй на данной частоте.

195-01-18 сопротивление относительно земли
resistance to earth
resistance to ground (US)
Активная составляющая полного сопротивления относительно земли.

195-01-19 проводимость грунта
electric resistivity of soil
Проводимость типового образца грунта.

195-02-01 заземлитель
[461-06-18 MOD] заземляющий электрод
[604-04-03 MOD] earth electrode
[826-04-02 MOD] ground electrode (US)
Проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с Землёй непосредственно или через промежуточную проводящую среду, например бетон.

195-02-02 независимый заземлитель
[604-04-04 MOD] независимый заземляющий электрод
[604-04-05 MOD] independent earth electrode
[826-04-04 MOD] independent ground electrode (US)
Заземлитель (заземляющий электрод), расположенный на таком расстоянии от других заземлителей (заземляющих электродов), что токи растекания этих заземлителей (заземляющих электродов) не оказывают существенного влияния на его электрический потенциал.

195-02-03 заземляющий проводник
[461-06-19 MOD] earthing conductor
[604-04-06 MOD] grounding conductor (US)[826-04-07 MOD]

Проводник, создающий электрическую цепь или ее часть между данной точкой системы, или электроустановки, или оборудования с заземлителем (заземляющим электродом).

195-02-05
[601-02-22 MOD]

нейтральная точка
neutral point
Общая точка многофазной системы, соединенной в звезду, или заземлённая средняя точка однофазной системы.

195-02-06
[601-03-10 MOD]
[826-01-03 MOD]

нейтральный проводник
(нулевой рабочий проводник)
neutral conductor
Проводник, присоединенный к нейтральной точке и используемый для распределения электроэнергии.

195-02-08
[601-03-09 MOD]

линейный проводник
line conductor
Проводник, находящийся под напряжением в нормальном режиме работы электроустановки, используемый для передачи и распределения электрической энергии, но не являющийся нулевым рабочим проводником или средним проводником.

195-02-09
[826-04-05 MOD]

защитный проводник (обозначение: PE)
protective conductor (identification: PE)
Проводник, предназначенный для целей безопасности, например, для защиты от поражения электрическим током.

195-02-10
[826-04-10 MOD]

защитный проводник уравнивания потенциалов
protective bonding conductor
Защитный проводник, предназначенный для защитного уравнивания потенциалов.

195-02-11 защитный заземляющий проводник
protective earthing conductor
protective grounding conductor (US)
Защитный проводник, предназначенный для защитного заземления.

195-02-12
[826-04-06 MOD] PEN-проводник
PEN conductor
Проводник, совмещающий функции защитного проводника и нулевого рабочего проводника.

195-02-14 PEL-проводник
PEL conductor
Проводник, совмещающий функции защитного проводника и линейного проводника.

195-02-15 проводник функционального заземления
functional earthing conductor
functional grounding conductor (US)
Заземляющий проводник, предназначенный для функционального заземления.

195-02-16 проводник функционального уравнивания потенциалов
functional bonding conductor
Проводник, предназначенный для функционального уравнивания потенциалов.

195-02-17 проводник защитного и функционального заземления
protective earthing and functional earthing conductor
protective grounding and functional grounding conductor (US)
Проводник, совмещающий функции защитного заземляющего проводника и проводника функционального заземления.

195-02-18 проводник защитного заземления и функционального уравнивания потенциалов
protective earthing and functional bonding conductor
protective grounding and functional bonding conductor (US)
Проводник, совмещающий функции проводника защитного заземления и проводника функционального уравнивания потенциалов.

195-02-19 [826-03-01 MOD] токоведущая часть
live part
Проводник или проводящая часть, предназначенный(ая) для работы под напряжением в нормальном режиме, включая нулевой рабочий проводник. PEN-проводник, PEM-проводник или PEL-проводник, как правило, таковыми не являются.

195-02-20 [604-04-02 MOD] заземляющее устройство
earthing arrangement
grounding arrangement (US)
Совокупность всех электрических соединений и устройств, включенных в заземление системы или установки, или оборудования.

195-02-21 [604-04-07 MOD] сеть заземлителей
earth-electrode network
ground-electrode network (US)
Часть заземляющего устройства, состоящая из соединенных между собой заземлителей.

195-02-22 система уравнивания потенциалов
equipotential bonding system
EBS(abbreviation)
Совокупность соединений проводящих частей, обеспечивающая уравнивание потенциалов между ними.

Примечание – Заземленная система уравнивания потенциалов является частью заземляющего устройства.

195-02-23 система защитного уравнивания потенциалов
protective equipotential bonding system
PEBS (abbreviation)
Система уравнивания потенциалов, обеспечивающая защитное уравнивание потенциалов.

195-02-24 система функционального уравнивания потенциалов
functional equipotential bonding system
FEBS (abbreviation)
Система уравнивания потенциалов, обеспечивающая функциональное уравнивание потенциалов.

195-02-25 совмещенная система уравнивания потенциалов
common equipotential bonding system
common bonding network
CBN (abbreviation)
Система уравнивания потенциалов, обеспечивающая защитное уравнивание потенциалов и функциональное уравнивание потенциалов.

195-02-26 заземляющий провод воздушной линии
overhead earthing wire
overhead grounding wire (US)
Проводник, преднамеренно заземленный на части или всех опорах воздушной линии, как правило, но не обязательно расположенный выше линейных проводников.

195-02-27 [466-10-27 MOD] (электрическая) уравновешивающая система
(electric) counterpoise system
Проводник или система проводников, проложенных в земле и электрически соединяющих основания опор воздушной линии.

195-02-28 [461-06-20 MOD] заземляющий электрод подземных кабельных трасс

underground cable-route earth electrode
underground cable-route ground electrode (US)
Заземляющий электрод, обычно заложенный вдоль кабельной трассы в целях заземления этой трассы.

195-02-29
[461-15-01 MOD]
параллельный заземляющий проводник
parallel-earthing-conductor
parallel-grounding-conductor (US)
Проводник, обычно проложенный вдоль подземной кабельной трассы в целях снижения полного сопротивления между заземляющими устройствами на концах этой трассы.

195-02-30
[704-02-03 MOD]
обратная заземляющая цепь
earth-return path
ground-return path (US)
Электропроводящая цепь, образуемая Землей между заземляющими устройствами.

195-02-31
[436-03-02 MOD]
[581-06-06 MOD]
[604-04-08 MOD]
заземляющий зажим
earthing terminal
grounding terminal (US)
Зажим, предусмотренный на оборудовании или устройстве для электрического соединения с заземляющим устройством.

195-02-32
зажим уравнивания потенциалов
equipotential bonding terminal
Зажим, предусмотренный на оборудовании или устройстве для электрического соединения с системой уравнивания потенциалов.

195-02-33
[605-02-33 MOD]
[826-04-08 MOD]
главный заземляющий зажим
главная заземляющая шина
main earthing terminal
main earthing busbar

main grounding terminal (US)
main grounding busbar (US)
Зажим или шина, являющийся(аяся) частью заземляющего устройства установки и предназначенный(ая) для электрического присоединения нескольких проводников в целях заземления.

195-02-34
[441-14-11 MOD]
[605-02-43 MOD]

выключатель заземления
earthing switch
grounding switch (US)
Механический коммутационный аппарат для заземления частей электрической цепи, способный выдерживать электрические токи заданной продолжительности при ненормальных режимах, например при коротких замыканиях, но не предназначенный для пропускания электрического тока в нормальных режимах работы электрической цепи.

Примечание – Выключатель может быть стойким к токам короткого замыкания.

195-02-35
[426-04-01 MOD]
[826-03-12 MOD]

оболочка
enclosure
Кожух, обеспечивающий тип и степень защиты, необходимые для данного применения.

195-02-37
[151-01-13 MOD]

экран
screen
Устройство, предназначенное для уменьшения проникновения электрического, магнитного или электромагнитного поля в данное пространство.

195-02-38

(проводящий) экран
(conductive) screen
(conductive) shield (US)
Проводящая часть, которая окружает или разделяет электрические цепи и/или проводники.

195-02-39 магнитный экран
[151-01-15 MOD] magnetic screen
Экран из ферромагнитного материала, предназначенный для уменьшения проникновения магнитного поля в данное пространство.

195-02-40 электромагнитный экран
[151-01-06 MOD] electromagnetic screen
Экран из проводящего материала, предназначенный для уменьшения проникновения электромагнитного поля в данное пространство.

195-02-41 функциональная изоляция
functional insulation
Изоляция между проводящими частями, необходимая для надлежащего функционирования оборудования.

195-04-05 режим нейтральной точки
[601-02-23 MOD] neutral point treatment
Способ электрического соединения нейтральной точки с относительной землей.

195-04-06 система с глухозаземленной нейтралью
[601-02-25 MOD] solidly earthed neutral system
solidly grounded neutral system (US)
Система, в которой, по крайней мере, одна нейтральная точка заземлена непосредственно.

195-04-07 система с изолированной нейтралью
[601-02-24 MOD] isolated neutral system
Система, в которой нейтральная точка не заземлена преднамеренно, за исключением заземления через большое сопротивление для целей защиты и измерения.

195-04-08 система с нейтралью, заземленной через сопротивление
impedance earthed neutral system
impedance grounded neutral system (US)
Система, в которой, по крайней мере, одна нейтральная точка заземлена через устройство, имеющее сопротивление, предназначенное для ограничения тока короткого замыкания между фазой и землей.

195-04-09 система с компенсированной нейтралью
resonant earthed neutral system
arc-suppression-coil earthed neutral system
resonant grounded neutral system (US)
arc-suppression-coil grounded neutral system (US)
Система, в которой, по крайней мере, одна нейтральная точка заземлена через устройство, имеющее индуктивность, предназначенную для компенсации емкостных токов в случае единичного замыкания линейного (фазного) проводника на землю.

195-04-10 автоматическое отключение питания
automatic disconnection of supply
Отключение одного или нескольких линейных проводников в результате автоматического срабатывания защитного устройства в случае повреждения.

195-04-11 [151-03-41 MOD] короткое замыкание
short-circuit
Случайное или преднамеренное соединение двух или более проводящих частей, вызывающее снижение разности электрических потенциалов между этими частями до нуля или значения, близкого к нулю.

195-04-12 короткое замыкание на землю
line-to-earth short-circuit

Короткое замыкание между линейным (фазным) проводником и землей в системе с глухозаземлённой нейтралью или в системе с нейтралью, заземленной через сопротивление.

Примечание – Короткое замыкание может установиться, например, через заземляющий проводник и заземляющий электрод.

195-04-14 замыкание на землю
earth fault
ground fault (US)
Возникновение случайной проводящей цепи между проводником, находящимся под напряжением, и землей.

Примечание – Проводящая цепь может проходить через повреждённую изоляцию, строительные конструкции (колонны, леса, краны, лестницы) или растения (деревья, кусты) и может иметь значительное полное сопротивление.

195-04-15 нарушение непрерывности цепи
[448-13-06 MOD] разрыв цепи
(conductor) continuity fault
Состояние, характеризующееся случайным возникновением относительно высокого значения сопротивления между двумя точками данного проводника.

195-04-16 междуфазное короткое замыкание
line-to-line short-circuit
Короткое замыкание между двумя или более линейными (фазными) проводниками, которое может совпадать или не совпадать с коротким замыканием на землю в этой же точке.

195-05-01 линейное напряжение
[601-01-29 MOD] line-to-line voltage
Напряжение между двумя линейными проводниками в данной точке электрической цепи.

195-05-02 [601-01-30 MOD]
фазное напряжение
line-to-neutral voltage
Напряжение между линейным и нейтральным проводником в данной точке электрической цепи переменного тока.

195-05-03 [601-01-31 MOD]
фазное напряжение относительно земли
line-to-earth voltage
line-to-ground voltage (US)
Напряжение между линейным проводником и относительной землёй в данной точке электрической цепи переменного тока.

195-05-04 [601-01-32 MOD]
напряжение смещения нейтральной точки
neutral-point displacement voltage
Напряжение между реальной или искусственной нейтральной точкой и относительной землей в многофазной системе.

195-05-05
напряжение относительно земли при коротком замыкании
voltage to earth during a short-circuit
voltage to ground during a short-circuit(US)
Напряжение между рассматриваемой точкой и относительной землей для данного места короткого замыкания и данного значения тока короткого замыкания.

195-05-06
напряжение относительно земли при замыкании на землю
voltage to earth during an earth fault
voltage to ground during a ground fault (US)
Напряжение между рассматриваемой точкой и относительной землей для данного места замыкания на землю и данного значения тока замыкания на землю.

195-05-07
напряжение заземляющего проводника
earthing-conductor voltage (to earth)

grounding-conductor voltage (to ground) (US)
Напряжение между заземляющим проводником и относительной землей.

195-05-08 *напряжение на поверхности земли*
earth-surface voltage (to earth)
ground-surface voltage (to ground) (US)
Напряжение между рассматриваемой точкой на поверхности Земли и относительной землей.

195-05-09 ожидаемое напряжение прикосновения
[826-02-03 MOD] prospective touch voltage
Напряжение между одновременно доступными проводящими частями, когда человек или животное их не касается.

195-05-10 допустимое напряжение прикосновения
[826-02-04 MOD] conventional touch voltage limit
Максимальное значение ожидаемого напряжения приикосновения, продолжительность воздействия которого не ограничивается при определенных внешних условиях.

195-05-11 (эффективное) напряжение прикосновения
(effective) touch voltage
Напряжение между проводящими частями при одновременном прикосновении к ним человека или животного.

Примечание – На значение эффективного напряжения прикосновения может существенно влиять сопротивление тела человека или животного, находящегося в контакте с проводящими частями.

195-05-12 шаговое напряжение
step voltage
Напряжение между двумя точками на поверхности Земли, находящимися на расстоянии 1 м одна

от другой, которое рассматривается как длина шага человека.

195-05-13 потенциал прикосновения на органах управления
signal-touch-potential
Электрический потенциал на находящихся под некоторым напряжением органах управления, предназначенных для использования персоналом в целях подачи сигнала или управления.

195-05-14 коэффициент замыкания на землю
[604-03-06 MOD] earth fault factor
ground fault factor (US)
Для данного места трехфазной системы заданной конфигурации отношение максимального значения фазного напряжения промышленной частоты на исправном линейном проводнике во время замыкания на землю одного или нескольких линейных проводников в какой-либо точке системы к значению напряжения промышленной частоты в данном месте при отсутствии какого-либо замыкания на землю.

195-05-15 ток утечки
[151-03-35 MOD] leakage current
[826-03-08 MOD] Электрический ток, протекающий по нежелательным проводящим путям в нормальных условиях эксплуатации.

195-05-16 блуждающий ток
[604-04-14 MOD] stray current
Ток утечки в земле или металлических конструкциях, находящихся в земле, вследствие их преднамеренного или непреднамеренного заземления.

195-05-17 местный ток короткого замыкания
[603-02-26 MOD] partial short-circuit current

Электрический ток в данной точке электрической сети, вызванный коротким замыканием в другой точке этой сети.

195-05-18
[603-02-28 MOD]

ток короткого замыкания
short-circuit current
Электрический ток в данной короткозамкнутой цепи.

195-05-19
[603-02-25 MOD]

местный ток при нарушении непрерывности цепи
partial (conductor) continuity fault current
Электрический ток в данной точке электрической сети, вызванный нарушением непрерывности проводника в другой точке этой сети.

195-05-20
[603-02-27 MOD]

ток при нарушении непрерывности цепи
(conductor) continuity fault current
Электрический ток, определяемый полным сопротивлением поврежденной цепи.

195-05-21

ток прикосновения
touch current
Электрический ток, проходящий через тело человека или животного при прикосновении к одной или более доступным прикосновению частям электроустановки или оборудования.

195-06-01

основная защита
basic protection
Защита от поражения электрическим током при отсутствии повреждений.

195-06-02

защита при повреждении
fault protection
Защита от поражения электрическим током при единичном повреждении.

195-06-03 прямое прикосновение
[826-03-05 MOD] direct contact
Электрический контакт людей или животных с токоведущими частями.

195-06-04 косвенное прикосновение
[826-03-06 MOD] indirect contact
Электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями, которые оказались под напряжением при повреждении.

195-06-05 опасная токоведущая часть
[826-03-15 MOD] hazardous-live-part
Токоведущая часть, которая при определённых условиях может вызвать существенное поражение электрическим током.

195-06-06 основная изоляция
[826-03-17 MOD] basic insulation
Изоляция опасных токоведущих частей, которая обеспечивает защиту от прямого прикосновения.

Примечание – Это не относится к изоляции, используемой исключительно для функциональных целей.

195-06-07 дополнительная изоляция
[826-03-18 MOD] supplementary insulation
Независимая изоляция, применяемая дополнительно к основной изоляции для защиты при повреждении.

195-06-08 двойная изоляция
[826-03-19] double insulation
Изоляция, включающая в себя основную и дополнительную изоляцию.

195-06-09 усиленная изоляция
[826-03-20 MOD] reinforced insulation

Изоляция опасных токоведущих частей, которая обеспечивает степень защиты от поражения электрическим током, эквивалентную двойной изоляции.

Примечание – Усиленная изоляция может состоять из нескольких слоев, каждый из которых не может быть испытан отдельно как основная и дополнительная изоляция.

195-06-10
[441-11-10 MOD]
[826-03-02 MOD]

открытая проводящая часть
exposed-conductive-part
Доступная для прикосновения проводящая часть оборудования, которая нормально не находится под напряжением, но может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции.

195-06-11
[826-03-03 MOD]

сторонняя проводящая часть
extraneous-conductive-part
Проводящая часть, не являющаяся частью электрической установки, но на которой может присутствовать электрический потенциал, обычно потенциал локальной земли.

195-06-12
[826-03-11 MOD]

зона досягаемости рукой
arm's reach
Зона доступного прикосновения, простирающаяся от любой точки поверхности, на которой обычно находятся или передвигаются люди, до границы, которую можно достать рукой в любом направлении без использования дополнительных средств.

195-06-13

оболочка (электрическая)
(electrical) enclosure
Оболочка, обеспечивающая защиту от предвиденных опасностей, создаваемых электричеством.

195-06-14

защитная оболочка (электрическая)
(electrically) protective enclosure

Оболочка, окружающая находящиеся внутри ее части оборудования, для предотвращения доступа к опасным токоведущим частям с любого направления.

195-06-15 защитное ограждение (электрическое)
(electrical) protective barrier
Ограждение, обеспечивающее защиту от прямого прикосновения со стороны обычного направления доступа.

195-06-16 защитный барьер (электрический)
[826-03-14 MOD] (electrically) protective obstacle
Часть, предотвращающая непреднамеренное прямое прикосновение, но не предотвращающая прямое прикосновение при намеренных действиях.

195-06-17 защитный экран (электрический)
(electrically) protective screen
(electrically) protective shield (US)
Проводящий экран, применяемый для отделения электрической цепи и/или проводников от опасных токоведущих частей.

1. Общие требования

1.1. Настоящая Инструкция разработана в развитие положений ГОСТ Р 50571-5-54-2011 (МЭК 60364-5-54:2002) «Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов» с учетом указаний технических циркуляров Ассоциации «Росэлектромонтаж» №№ 6,10,11,23,26,27 и некоторых положений главы 1.7 ПУЭ седьмого издания.

Требования Инструкции должны выполняться при производстве работ по устройству систем заземления и уравнивания потенциалов в электроустановках, за исключением подземных электроустановок предприятий угольной и горнорудной промышленности, электрифицированного транспорта и других специальных электроустановок.

Инструкция предназначена для инженерно-технических работников проектных, монтажных и эксплуатирующих организаций.

1.2. Для выполнения работ по устройству систем заземления и уравнивания потенциалов в электроустановках монтажной организации должна быть передана проектная документация в необходимом объеме.

1.3. Защитное заземление в зависимости от типа системы защитного заземления, номинального (фазного) напряжения электроустановки и условий воздействия окружающей среды следует выполнять в соответствии с указаниями стандартов серии ГОСТ Р 50571 и главы 1.7 ПУЭ седьмого издания в части, не противоречащей в/у стандартам.

1.4. В соответствии с указаниями серии стандартов ГОСТ Р 50571 (МЭК 60364) в электроустановках напряжением до 1 кВ параметры системы защитного заземления обеспечивают условия выполнения автоматического отключения питания и защиту от напряжения прикосновения при повреждениях.

1.5. В электроустановках напряжением выше 1 кВ (энергетическая) система заземления должна обеспечивать функционирование энергетической системы и защиту при повреждениях.

1.6. Уравнивание потенциалов с целью снижения напряжения прикосновения выполняется в электроустановках, в которых применяется защитное заземление и автоматическое отключение питания.

1.7. Части электроустановок, технологических агрегатов, конструкции, подлежащие заземлению, приведены ниже:

1.7.1. Открытые проводящие части электротехнического оборудования и изделий:

а) корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников, соединителей штепсельных;

б) приводы электрических аппаратов;

в) вторичные обмотки измерительных трансформаторов;

г) оболочки, каркасы, конструкции комплектных устройств;

д) металлические оболочки и броня кабелей;

е) кабельные муфты, соединительные коробки и т.п.

1.7.2. Сторонние проводящие части, находящиеся в непосредственном соприкосновении с частями электротехнического оборудования:

а) рамы электрических машин, трансформаторов;

б) основания комплектных устройств;

в) станины станков, машин, механизмов;

г) кабельные конструкции, лотки, короба;

д) ограждения отдельных частей электроустановок;

е) оболочки изоляционных трубок, металлорукава;

ж) опорные конструкции шинопроводов, струны, тросы, стальные полосы, металлические трубы электропроводок и т.п.

1.7.3. Сторонние и открытые проводящие части передвижных и переносных установок.

1.7.4. Сторонние и открытые проводящие части движущихся частей станков, машин и механизмов.

1.8. Части электроустановок, технологических агрегатов и конструкций, не требующие преднамеренного заземления, приведены ниже:

1. Корпуса и оболочки электрооборудования, в том числе корпуса электродвигателей, установленных на заземленных основаниях, при условии обеспечения электрического контакта с заземленными основаниями.

2. Корпуса аппаратов и электромонтажных конструкций, установленных на заземленных металлических конструкциях, в распределительных устройствах, щитах, шкафах, щитках, станинах станков, машин и механизмов, если они не находятся во взрывоопасных зонах и помещениях особо сырых и с химически активной средой.

3. Арматура изоляторов всех типов, оттяжки, кронштейны и осветительная арматура, установленные на деревянных конструкциях (опорах), при отсутствии на этих конструкциях заземленных металлических оболо-

чек кабелей, неизолированных защитных проводников и т.д., если заземление не требуется по условиям защиты от атмосферных перенапряжений.

4. Металлические скобы, закрепы, отрезки труб механической защиты кабелей в местах их прохода через стены и перекрытия; отрезки стальных труб электропроводки; отрезки стальной полосы при прокладке по ним отдельных кабелей, а также другие доступные прикосновению и имеющие длину стороны или диаметр основания не более 50 мм подобные детали электропроводок, выполняемых кабелями или изолированными проводами, прокладываемыми по стенам, перекрытиям и другим элементам строений.

5. Съемные и открывающиеся части металлических оболочек, каркасов, конструкций комплектных устройств и т.п., если они не расположены во взрывоопасных зонах, на этих частях не установлено электрооборудование или напряжение установленного оборудования не превышает значений, указанных в п. 1.7.53 ПУЭ.

6. Корпуса электроприемников с двойной изоляцией.

1.9. С целью уравнивания потенциалов строительные и производственные конструкции, стационарно проложенные трубопроводы всех назначений, металлические корпуса технологического оборудования, подкрановые и железнодорожные рельсовые пути и т.п. должны быть присоединены к главной заземляющей шине установки. При этом естественные электрические контакты в сочленениях являются достаточными.

1.10. Расчет сечения заземляющих проводников и проводников уравнивания потенциалов следует выполнять в соответствии с указаниями раздела 3 настоящей Инструкции.

2. Заземлители

2.1. Естественные заземлители

2.1.1. В качестве естественных заземлителей рекомендуется использовать части, указанные в табл. 1.

Таблица 1 – Естественные заземлители

Естественные заземлители	Пояснения, требования к использованию
Железобетонные фундаменты зданий, включая железобетонные и буронабивные сваи, в том числе имеющие защитные гидроизоляционные покрытия в неагрессивных и слабоагрессивных средах.	Для соединения арматуры железобетонных колонн с арматурой фундамента необходимо использовать перемычку диаметром не менее 12 мм (рис. 1). Соединение металлических колонн с арматурой фундамента следует выполнять по рис. 2. Необходимость приварки анкерных болтов стальных колонн (арматурных стержней железобетонных колонн) к арматурным стержням железобетонных фундаментов определяется допустимой плотностью тока в приарматурном слое бетона.
Железобетонные фундаменты технологических, кабельных, совмещенных эстакад в неагрессивных и слабоагрессивных грунтах во всех климатических зонах РФ.	Металлические соединения арматуры железобетонных опор и фундаментов не являются обязательными.
Кабельные тоннели из сборного железобетона при условии установки в них закладных деталей, приваренных к арматуре тоннеля, и последующего соединения закладных деталей стальными перемычками.	Допускается использовать в качестве дополнительных естественных заземлителей, если сопротивление растеканию железобетонных фундаментов производственного здания или напряжение прикосновения превышает нормы, установленные ПУЭ.

Продолжение табл. 1

Естественные заземлители	Пояснения, требования к использованию
Рельсы электрифицированных железных дорог на станциях и перегонах, а также рельсы подъездных путей тяговых подстанций переменного тока.	Заземляющие проводники должны присоединяться к рельсам только механическим способом без применения сварки (рис. 3).
Рельсы кранового пути при установке крана на открытом воздухе. Стыки рельсов должны быть надежно соединены сваркой, приваркой перемычек.	Рельсы должны быть присоединены к дополнительному заземлителю, располагаемому вблизи крана.
Обсадные трубы скважин.	—
Заземлители опор воздушных линий электропередач, соединенные с заземляющим устройством электроустановки при помощи грозозащитного троса линии, если трос не изолирован от опор линии.	—
Металлические шпунты гидротехнических сооружений, водоводы, затворы и т.п.	—
Заземлители повторных заземлений PEN-проводников воздушных линий напряжением до 1 кВ в случае использования не менее двух воздушных линий.	—
Проложенные в земле металлические трубопроводы, кроме трубо-	Если на трубопроводах, используемых в качестве протяженных

Окончание табл. 1

Естественные заземлители	Пояснения, требования к использованию
проводов канализации и центрального отопления. Запрещается применять в качестве естественных заземлителей чугунные трубопроводы и временные трубопроводы строительных площадок.	заземлителей, установлены задвижки, водомеры или болтовые фланцевые соединения, то в этих местах следует смонтировать обходные перемычки из полосовой стали сечением не менее 100 мм^2. Перемычки приваривают непосредственно к трубам или хомутам, установленным на трубопроводе.
Броня и оболочки кабелей, проложенных в земле. Оболочки кабелей могут служить единственными заземлителями при числе кабелей не менее двух.	Алюминиевые оболочки кабелей не допускается использовать в качестве заземлителей.

Примечание – При соединении металлической колонны с арматурой железобетонного фундамента необходимо учитывать следующее:

а) фундаментные болты (не менее двух) должны быть соединены с арматурой подколонника сваркой;

б) соединение арматуры подколонника с арматурой подошвы должно быть выполнено сваркой;

в) если пространственный каркас подколонника не пересекается с арматурными сетками подошвы фундамента, то его следует нарастить в двух местах с помощью отдельных арматурных стержней и соединить их сваркой с арматурными сетками;

г) если подошва фундамента не армируется, то достаточно соединить сваркой арматуру подколонника и фундаментные болты;

д) все стержни каркаса арматуры фундамента должны быть соединены между собой сваркой;

е) пластины размером 50х100 мм должны иметь толщину более 5 мм для приварки заземляющих проводников. Расстояние от пластины до уровня чистого пола должно быть не более 500 мм. Сварной шов выполняют по ширине пластины с двух сторон.

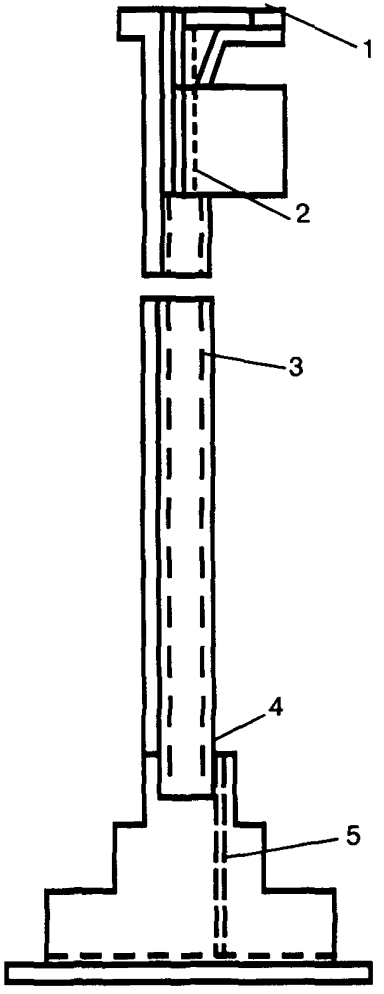


Рис. 1. Соединение арматуры железобетонных конструкций:
1 – молниеприемная сетка; 2 – токоотвод; 3 – арматура колонны;
4 – заземляющая перемычка; 5 – арматура фундамента

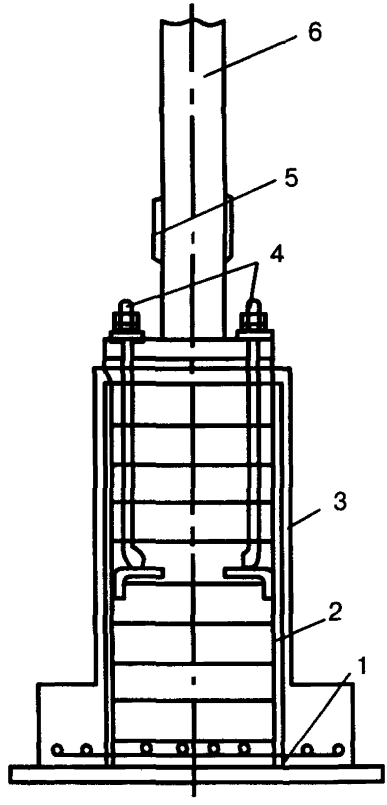


Рис. 2. Соединение металлической колонны с арматурой железобетонного фундамента:
1 – арматура подошвы; 2 – арматура фундамента; 3 – фундамент;
4 – фундаментные болты (не менее двух), соединенные с арматурой фундамента;
5 – пластины для приварки проводников заземления; 6 – стальная колонна

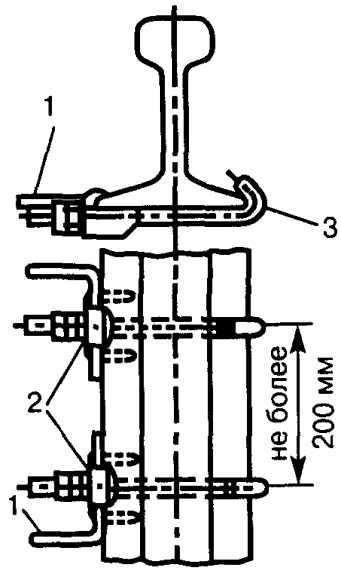


Рис. 3. Присоединение к тяговому рельсу проводников защитного заземления: 1 – провод заземления; 2 – зажим заземления; 3 – крюковой болт

2.1.2. Естественные заземлители должны быть связаны с магистралями заземлений не менее чем двумя проводниками, присоединенными к заземлителю в разных местах. Это требование не распространяется на опоры воздушных линий электропередачи (ВЛ), повторное заземление нулевого проводника и металлические оболочки кабелей.

2.1.3. В случае использования естественных заземлителей (особенно протяженных) при выборе мест присоединения к ним защитных проводников необходимо учитывать возможность разъединения заземлителя, например, при ремонтных работах.

2.2. Искусственные заземлители

2.2.1. При невозможности использования естественных заземлителей, а также в случаях, когда токовые нагрузки на естественные заземлители превышают допустимые значения (см. гл. 1.7 ПУЭ) или естественные заземлители не обеспечивают безопасных значений напряжения прикосновения, в дополнение к естественным заземлителям необходимо сооружать искусственные заземлители. Искусственные заземлители не должны иметь окраски.

2.2.2. Заземляющие электроды рассматриваются как заглубленные (как правило, вертикальные), когда они установлены на глубине более 0,5 м. Установка вертикальных электродов изображена на рис. 4. Длина вертикальных электродов определяется проектом, но не должна быть менее 1 м.

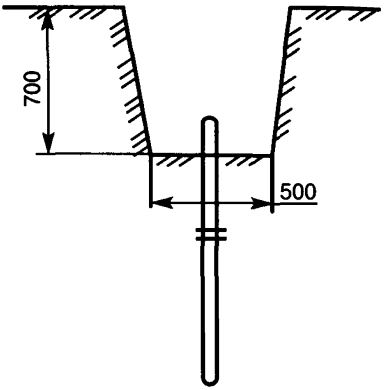


Рис. 4. Установка вертикальных заземлителей

2.2.3. Заземляющие электроды рассматриваются как поверхностные (горизонтальные), когда они установлены на глубине не более 0,5 м. Горизонтальные заземлители используют для связи вертикальных заземлителей или в качестве самостоятельных заземлителей. Глубина прокладки горизонтальных заземлителей обычно составляет порядка 0,5 м. Меньшая глубина прокладки допускается в местах их присоединений к оборудованию, при вводе в здания, при пересечении с подземными сооружениями и в зонах многолетнемерзлых и скальных грунтов. Горизонтальные заземлители из полосовой стали следует укладывать на дно траншеи вертикально (рис. 5).

2.2.4. Поверхностные горизонтальные заземлители в местах пересечения с подземными сооружениями, железнодорожными путями и дорогами, а также в других местах возможных механических повреждений следует защищать металлическими или асбоцементными трубами.

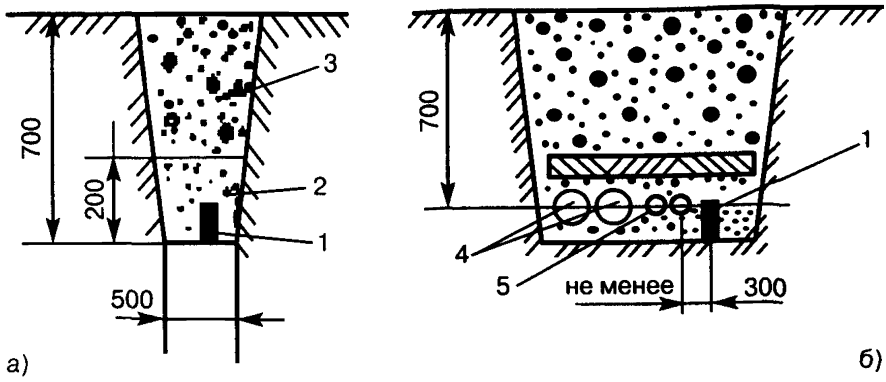


Рис. 5. Прокладка горизонтальных заземлений в траншее (а) и совместно с кабелем (б): 1 – полоса; 2 – мягкий грунт; 3 – грунт; 4 – силовые кабели; 5 – контрольные кабели

Прокладку заземлителей параллельно кабелям или трубопроводам следует выполнять на расстоянии не менее 0,3 м, а при пересечениях не менее 0,1 м.

Траншеи для горизонтальных заземлителей должны быть заполнены сначала однородным грунтом, не содержащим щебня и строительного мусора, с утрамбовкой на глубину 200 мм, а затем местным грунтом.

2.2.5. Материалы и размеры заземляющих электродов должны выбираться с учетом защиты от коррозии, соответствующих термических и механических воздействий.

2.2.6. Минимальные размеры заземляющих электродов из наиболее распространенных материалов с точки зрения коррозионной стойкости и механической прочности, проложенных в земле, приведены в табл. 2;

2.2.7. Сечение заземляющих проводников должно соответствовать расчетным формулам п. 1.7.126 ПУЭ, при этом ожидаемые токи повреждений не должны вызывать недопустимых перегревов.

2.2.8. Минимальное сечение заземляющих проводников в системе защитного заземления TN может быть принято равным 6 мм^2 Cu, 16 мм^2 Al, 50 мм^2 Fe при условии, что протекание существенных токов повреждения (превосходящих допустимый ток заземляющего проводника) не ожидается.

2.2.9. Минимальные поперечные сечения заземляющих проводников, проложенных в земле, приведены в табл. 3;

2.2.10. При использовании заземляющего устройства для установки выше 1 кВ с изолированной нейтралью (с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор или резистор) и одновременно для установки до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью, например на трансформаторных подстанциях 10(6)/0,4 кВ, сечение заземляющего проводника, соединяющего сторонние проводящие части установки с заземлителем, следует принимать с учетом расчетного тока замыкания в электроустановке выше 1 кВ с изолированной нейтралью.

2.2.11. Соединения заземляющих электродов, заземляющих и защитных проводников в соответствии с требованиями п. 1.7.139 ПУЭ должны выполняться по второму классу соединений по ГОСТ 10434 «Соединения контактные электрические. Общие технические требования» (см. приложение).

2.2.12. При соединении элементов заземляющих устройств, выполненных из различных материалов, следует предусматривать меры по защите от электрохимической коррозии.

2.2.13. Соединения элементов заземляющих устройств рекомендуется выполнять с использованием специальных соединителей, при использовании сварки должны быть выполнены мероприятия по восстановлению антикоррозионного покрытия.

Таблица 2 – Минимальные размеры заземляющих электродов из наиболее распространенных материалов, удовлетворяющих требованиям коррозионной стойкости и механической прочности, проложенных в земле

Материал	Поверхность	Профиль	Минимальный размер				
			диаметр, мм	площадь поперечного сечения, мм^2	толщина, мм	толщина покрытия/оболочки	
						единичный размер, мкм	средний размер, мкм
Сталь	Горячего оцинкования[1] или нержавеющая[1,2]	Полоса[3]		90	3	63	70
		Угловой		90	3	63	70
		Круглые стержни для заглубленных электродов	16			63	70

Продолжение табл. 2

Материал	Поверхность	Профиль	Минимальный размер				
			диаметр, мм	площадь поперечного сечения, мм^2	толщина, мм	толщина покрытия/оболочки	
						единичный размер, мкм	средний размер, мкм
		Круглая проволока для поверхностных электродов[7]	10				50[5]
		Трубный	25		2	47	55
	В медной оболочке	Круглые стержни для заглубленных электродов[7]	15			2000	
	С электрохимическим медным покрытием	Круглые стержни для заглубленных электродов	14			90	100
Медь	Без покрытия[1]	Полоса		50	2		
		Круглый провод для поверхностных электродов[7]		25[6]			
		Трос	1,8 для каждой проволоки	25			
		Трубный	20		2		

Окончание табл. 2

Материал	Поверхность	Профиль	Минимальный размер				
			диаметр, мм	площадь поперечного сечения, мм^2	толщина, мм	толщина покрытия/оболочки	
						единичный размер, мкм	средний размер, мкм
	Луженая	Трос	1,8 для каждой проволоки	25		1	5
	Оцинкованная	Полоса[4]		50	2	20	40

[1] Может также использоваться для электродов, уложенных (заделанных) в бетоне.

[2] Применяется без покрытия.

[3] Прокат(полоса) или нарезанная полоса со скругленными краями.

[4] Полоса со скругленными краями.

[5] В случае использования проволоки, изготовленной методом непрерывного горячего цинкования, толщина покрытия в 50 мкм принята в соответствии с настоящими техническими возможностями.

[6] Если экспериментально доказано, что вероятность повреждения от коррозии и механических воздействий мала, то может использоваться сечение 16 мм^2.

[7] Заземляющие электроды рассматриваются как поверхностные, когда они установлены на глубине не более 0,5 м.

Таблица 3 – Минимальное поперечное сечение заземляющих проводников, проложенных в земле

	Механически защищенные	Механически не защищенные
Защищенные от коррозии	2,5 мм^2 Cu 10 мм^2 Fe	16 мм^2 Cu 16 мм^2 Fe
Не защищенные от коррозии	25 мм^2 Cu 50 мм^2 Fe	

2.2.14. Места входа в грунт заземлителей и места пересечения ими грунтов с различной воздухопроницаемостью рекомендуется гидроизолировать.

При пересечении трасс кабелей, имеющих свинцовую или алюминиевую оболочку, с трассой горизонтального заземлителя, если оба элемента прокладывают непосредственно в грунте, расстояние между заземлителем и кабелем в местах пересечения должно быть выбрано не менее 1 м.

При невозможности выполнения этого требования кабель, наоборот, рекомендуется прокладывать максимально близко к заземлителю, и его оболочку следует дополнительно соединить с заземлителем. Место соединения необходимо гидроизолировать.

2.2.15. Гидроизоляцию можно выполнить при помощи специальных коррозионно-стойких лент, полихлорвиниловых обмоток и тафтяных лент с пропиткой их горячим битумом. Верхняя точка наложения изоляции должна находиться на 10 – 15 см выше поверхности грунта, нижняя — на том же расстоянии ниже уровня поверхности или под слоем раздела грунтов в случае их неоднородности.

2.2.16. Общие требования к конструктивному выполнению заземлителей электроустановок в зависимости от принципа нормирования заземляющего устройства принимаются в соответствии с указаниями главы 1.7 ПУЭ.

2.2.17. При сооружении искусственных заземлителей в зонах с большим удельным сопротивлением земли ($\rho_г$>500 Ом·м) необходимы следующие мероприятия:

1) установка вертикальных заземлителей увеличенной длины, если с глубиной удельное сопротивление грунта снижается, а естественные углубленные заземлители, например скважины с металлическими обсадными трубами, отсутствуют;

2) установка выносных заземлителей, если вблизи от электроустановки есть участки с меньшим удельным сопротивлением грунта;

3) укладка в траншеи вокруг горизонтальных заземлителей в скальных грунтах влажного глинистого грунта или другого электропроводящего материала с последующей трамбовкой и засыпкой обратным грунтом до верха траншеи;

4) применение искусственной обработки грунта с целью снижения его удельного сопротивления.

Если другие способы не могут быть применены или не дают нужного эффекта;

5) помещение заземлителей в непромерзающие водоемы и талые зоны;

6) использование обсадных труб скважин;

7) применение в дополнение к углубленным заземлителям горизонтальных заземлителей на глубине не менее 0,3 м, предназначенных для работы в летнее время при оттаивании поверхностного слоя земли;

8) создание искусственных талых зон путем покрытия грунта над заземлителем слоем торфа или другого теплоизоляционного материала на зимний период и раскрытия его на летний период, а также использование электроподогрева.

Мероприятия, изложенные в п.п. 5 — 8, относятся к районам многолетнемерзлых пород.

2.3. Монтаж заземлителей

2.3.1. До начала электромонтажных работ должны быть закончены работы по планировке и рытью траншей или котлована.

Работы по соединению арматуры фундаментов с арматурой колонн должна выполнять строительная организация по строительному заданию к проекту, выданному проектировщиками-электриками. Замоноличиваемые соединения внутри арматуры железобетонных изделий должны быть переданы строителями по акту скрытых работ заказчику.

2.3.2. Перед погружением в грунт заземлители должны быть очищены. Погружение электродов в грунт следует выполнять с помощью специальных приспособлений.

2.3.3. Соединение частей заземлителя, а также соединение заземлителей с заземляющими проводниками следует выполнять с помощью специальных соединителей, допускается использование сварки (рис. 6, 7).

Сварные швы, расположенные в земле, следует покрывать битумным лаком.

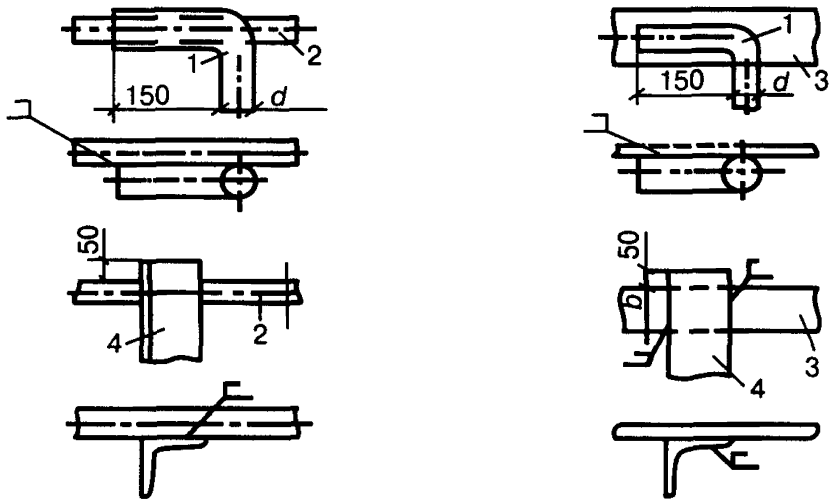


Рис. 6. Соединение заземляющих проводников с вертикальными заземлителями: 1 – стержневой заземлитель; 2 – заземляющий проводник из круглой стали; 3 – заземляющий проводник из полосовой стали; 4 – заземлитель из угловой стали

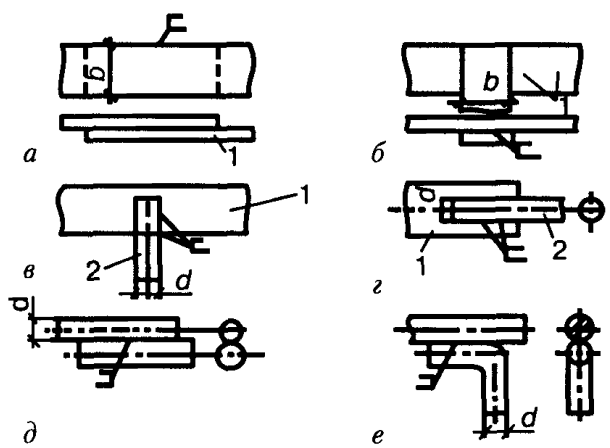


Рис. 7. Соединение заземляющих проводников с горизонтальными заземлителями: а) – продольное соединение проводников из полосовой стали; б) – ответвление проводника из полосовой стали; в) – ответвление проводника из круглой стали; г) – продольное соединение проводников из полосовой и круглой стали: д) – продольное соединение проводников из круглой стали; е) – ответвление проводника из круглой стали: 1 – стальная полоса, 2 – сталь круглая

2.3.4. Присоединение заземляющих проводников к трубопроводам должно осуществляться либо сваркой, либо с помощью хомута (рис. 8).

Присоединение к трубопроводу заземляющего проводника с помощью хомута следует применять в случае невозможности присоединения заземляющих проводников сваркой.

При установке хомутов контактные поверхности должны быть очищены от ржавчины и выполнено защитное покрытие, например цинковым спреем.

Хомуты должны быть изготовлены из полосовой стали шириной не менее 40 мм и толщиной 4 мм. Работы выполняются специализированной организацией, монтирующей трубопровод.

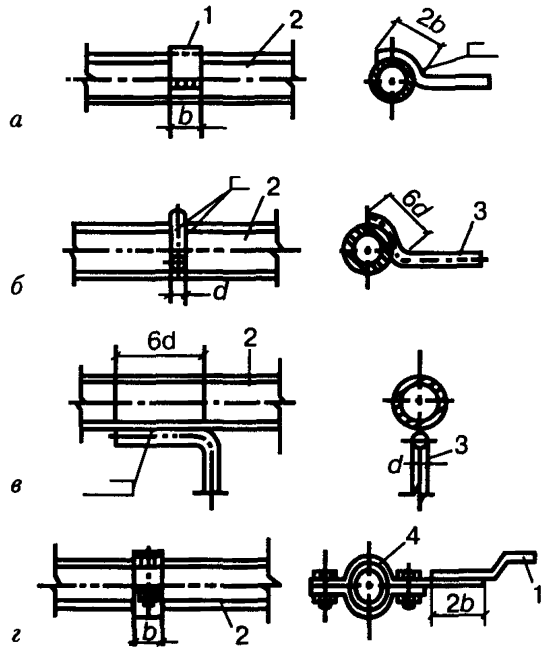


Рис. 8. Присоединение заземляющего проводника к трубопроводу сваркой (а – в) и с помощью хомута (г);
1 – заземляющий проводник из полосовой стали; 2 – трубопровод;
3 – заземляющий проводник из круглой стали; 4 – хомут

2.3.5. При работе на отдаленных объектах и линиях электропередач рекомендуется соединение частей заземлителей с заземляющими проводниками выполнять термитной сваркой (рис. 9, 10).

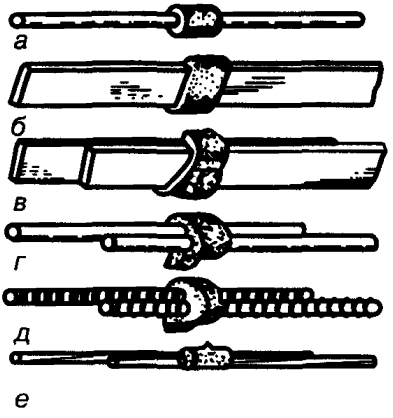


Рис. 9. Соединения стальных полос и стержней, выполненные термитной сваркой

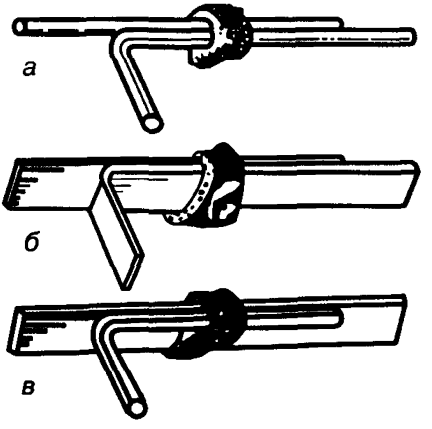


Рис. 10. Ответвления стальных заземляющих проводников, выполненные термитной сваркой

2.3.6. После монтажа заземляющих устройств перед засыпкой траншеи должен быть составлен акт на скрытые работы согласно Инструкции И1.13-07 «Инструкция по оформлению приемо-сдаточных документов по электромонтажным работам».

3. Заземляющие, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов

3.1. Общие требования

3.1.1. Заземляющие проводники должны соответствовать указаниям п.п. 1.7.113-1.7.118 ПУЭ.

3.1.2. Защитные проводники должны соответствовать указаниям п.п. 1.7.121-1.7.125, 1.7.127 ПУЭ.

3.1.3. Использование металлических оболочек трубчатых проводов и изоляционных трубок, несущих тросов тросовой электропроводки, металлорукавов и свинцовых оболочек проводов и кабелей в качестве заземляющих и защитных проводников запрещается.

3.1.4. Разборные соединения в цепях заземления или уравнивания потенциалов должны быть доступны для осмотра, доступ к месту соединения может быть непосредственным или с помощью специального инструмента.

3.1.5. При использовании сторонних проводящих частей в качестве заземляющих и защитных проводников следует учитывать возможность их отсоединения и демонтажа. При этом должна обеспечиваться целостность цепей заземления, защиты или уравнивания потенциалов.

3.1.6. Каждая часть электроустановки, подлежащей подключению к цепи защиты или заземления, должна быть присоединена при помощи отдельного ответвления. Последовательное включение в заземляющий или защитный проводник частей электроустановки не допускается (рис. 11).

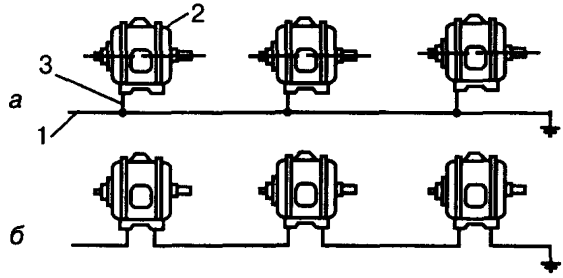


Рис. 11. Правильное (а) и неправильное (б) присоединение частей электроустановок к сети заземления:
1 – магистраль заземления; 2 – заземляемая часть электроустановки;
3 – ответвление к магистрали заземления

Примечание. К ответвлению от магистрали 3 могут быть присоединены вторичные ответвления (двухступенчатая иерархическая схема), при условии, что подключаемое оборудование и/или конструкции являются принадлежностью одного агрегата и/или сооружения.

3.1.7. Заземляющие и защитные проводники следует прокладывать горизонтально или вертикально, допускается также прокладка их параллельно наклонным конструкциям зданий.

В сухих помещениях магистрали заземления (уравнивания потенциалов) в виде полосы можно прокладывать непосредственно по строительным основаниям, в сырых и особо сырых помещениях и в помещениях с химически активными веществами полосы следует прокладывать на опорах. В качестве опор используются закладные изделия в железобетонных основаниях, держатели шин заземления К 188 У2 (рис. 12), при этом расстояние от поверхности основания до заземляющих проводников должно быть не менее 10 мм.

Держатели крепятся к строительным основаниям приваркой, с помощью дюбелей или шурупами.

Опоры крепления заземляющих проводников следует устанавливать с соблюдением следующих расстояний, мм:

на прямых участках (между креплениями) 600-1000
на поворотах (от вершин углов) 100
от мест ответвлений 100
от нижней поверхности съемных перекрытий каналов.....50
от уровня пола помещения 400-600

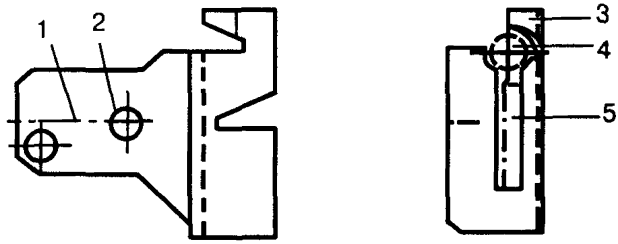


Рис. 12. Держатель шин заземления:
1 – место пристрелки; 2 – отверстие для крепления шурупами;
3 – отгибаемый элемент; 4 – место установки круглого проводника;
5 – место установки плоского проводника

3.1.8. В местах ввода в здания, перекрещивания с трубопроводами, железнодорожными путями и других, где возможны механические повреждения, заземляющие проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов должны иметь механическую защиту.

3.1.9. Проходы неизолированных проводников через стены и перекрытия внутри здания следует выполнять, как правило, с непосредственной заделкой мест прохода, в том числе если проход выполняют в трубах. В этих местах заземляющие проводники не должны иметь соединений и ответвлений (рис. 13). Размеры проема должны быть минимальными, обеспечивающими свободный проход проводника.

При пересечении заземляющими проводниками дверных и стенных проемов, каналов и т. п., необходимо выполнять обходы с открытой прокладкой проводников.

Если открытая прокладка проводника невозможна, допускается обход заземляющего проводника в стальной трубе (рис.14).

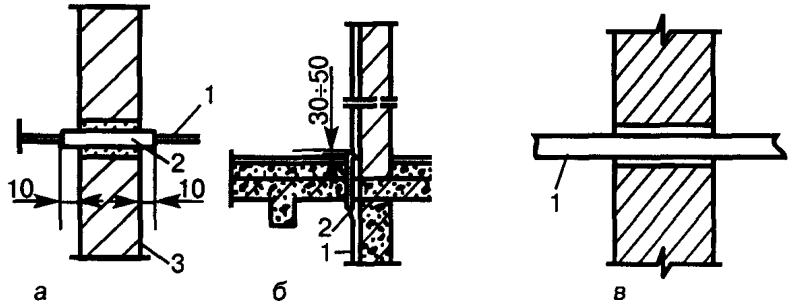


Рис. 13. Проходы заземляющего проводника сквозь стену (а), через перекрытие (б), в открытом проеме (в):
1 – заземляющий проводник из полосовой стали;
2 – гильза (стальная тонколистовая толщиной 1 мм); 3 – штукатурка

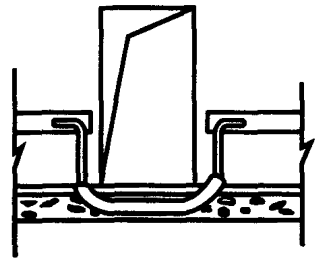


Рис. 14. Обход заземляющим проводником дверных и других проемов снизу

3.1.10. В электроустановках до 1 кВ допускается замоноличенная прокладка заземляющих и защитных проводников в стене, под чистым полом, в фундаментах оборудования и т. п.

В наружных установках заземляющие и защитные проводники допускается прокладывать непосредственно в земле, в полу, в площадках, в фундаментах и т. п.

3.1.11. У мест ввода защитных проводников в здания следует устанавливать опознавательные знаки по ГОСТ 21130-75* «Изделия электротехнические. Зажимы заземляющие и знаки заземления. Конструкция и размеры».

3.1.12. Защитные проводники должны иметь отличительную окраску в соответствии с указаниями ГОСТ Р 50462-2009:

5.3.2 Защитные проводники

Защитные проводники должны быть идентифицированы посредством двухцветной желто-зеленой комбинации.

Примечание 1 – Для однозначной идентификации определенного защитного проводника может потребоваться дополнительная маркировка.

Примечание 2 – Для PEN-, PEL- и PEM-проводников требуется дополнительная цветовая маркировка.

Комбинация желтого и зеленого цветов предназначена только для идентификации защитного проводника.

Желто-зеленая цветовая комбинация должна быть такой, чтобы на любых 15 мм длины проводника, где применяют цветовое обозначение, один из этих цветов покрывал не менее 30 % и не более 70 % поверхности проводника, а другой цвет покрывал остаток этой поверхности.

Если неизолированные проводники, используемые в качестве защитных проводников, поставляют с окраской, они должны быть окрашены в желто-зеленый цвет или по всей длине каждого проводника, или в каждом отсеке или блоке, или в каждом доступном месте. Если для цветовой идентификации используют липкую ленту, то должна быть применена только двухцветная желто-зеленая лента.

Примечание 3 – В тех случаях, когда защитный проводник может быть легко идентифицирован посредством его формы, конструкции или положения, например концентрическая жила, допускается не выполнять цветовое обозначение по всей его длине, однако концы или доступные места должны быть идентифицированы графическим символом ⏚ или желто-зеленой двухцветной комбинацией, или буквенно-цифровым обозначением «PE».

Примечание 4 – Если сторонние проводящие части используют в качестве защитного проводника, то допускается не выполнять их идентификацию цветами.

5.3.3 PEN-проводники

PEN-проводники, когда они изолированы, должны быть маркированы посредством одного из следующих способов:

желто-зеленым цветом по всей их длине и, кроме того, метками синего цвета на их концах и в точках соединений;

синим цветом по всей их длине и, кроме того, метками желто-зеленого цвета на их концах и в точках соединений.

Примечание – Дополнительные синие метки можно не наносить на концы PEN-проводников внутри электрического оборудования, если соответствующее требование имеется в стандарте на это электрооборудование.

5.3.4 PEL-проводники

PEL-проводники, когда они изолированы, должны быть маркированы желто-зеленым цветом по всей их длине и, кроме того, метками синего цвета на их концах и в точках соединений.

Если возможна путаница с PEN- или PEM-проводником, на концах PEL-проводника и в точках соединений должно быть указано буквенно-цифровое обозначение согласно 6.2.4.

Примечание – Дополнительные синие метки можно не наносить на концы PEL-проводников внутри электрического оборудования, если соответствующее требование имеется в стандарте на это электрооборудование

5.3.5 PEM-проводники

PEM-проводники, когда они изолированы, должны быть маркированы желто-зеленым цветом по всей их длине и, кроме того, метками синего цвета на их концах и в точках соединений.

Если возможна путаница с PEN- или PEL-проводником, на концах PEM-проводника и в точках соединений должно быть указано буквенно-цифровое обозначение согласно 6.2.5.

Примечание – Дополнительные синие метки можно не наносить на концы PEM-проводников внутри электрического оборудования, если соответствующее требование имеется в стандарте на это электрооборудование.

5.3.6 Защитные проводники уравнивания потенциалов

Защитные проводники уравнивания потенциалов должны быть идентифицированы посредством желто-зеленой двухцветной комбинации, которая определена в 5.3.2.

3.1.13. В местах пересечения температурных и осадочных швов зданий на заземляющих проводниках необходимо устанавливать компенсаторы с проводимостью, равной или большей проводимости заземляющего проводника такой же длины.

3.1.14. При использовании стальных труб электропроводки в качестве заземляющих проводников их следует соединить между собой и с оболочками электрооборудования.

3.1.15. Заземление тросов, катанки или стальной проволоки, используемой в качестве несущего троса, необходимо выполнять с двух противоположных концов присоединением к магистрали заземления или защиты при помощи сварки (рис. 15). Для оцинкованных тросов следует использовать их механическое соединение с защитой места соединения от коррозии.

3.1.16. Гибкие вводы должны быть заземлены.

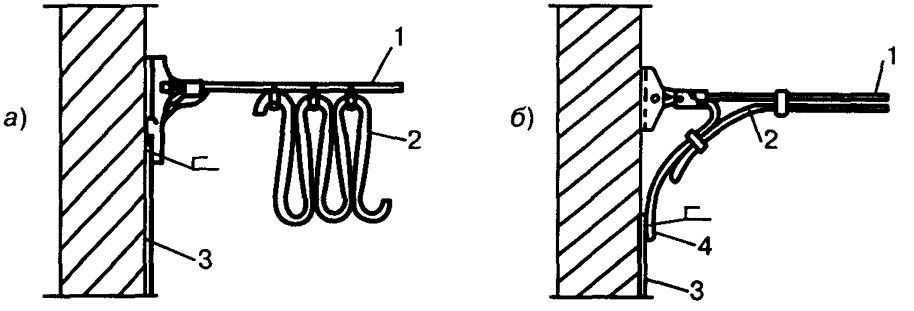


Рис. 15. Примеры заземления тросов:
а) трос (проволока стальная) для гибкого токопровода, непосредственное присоединение; б) трос (канат стальной) для подвески кабеля, присоединение с помощью гильзы.
1 — несущий трос; 2 — кабель с незаземленной оболочкой или броней; 3 — проводник заземления; 4 — гильза

Заземление гибкого ввода (рис. 16) следует осуществлять путем подключения одного конца ввода к стальной трубе электропроводки с помощью трубной муфты, а второго конца – к вводному устройству электрооборудования с помощью вводной муфты. В этом случае, если труба используется в качестве единственного заземляющего (защитного) проводника, она должна быть соединена с корпусом перемычкой. Перемычка не требуется, если для заземления используется специальный проводник.

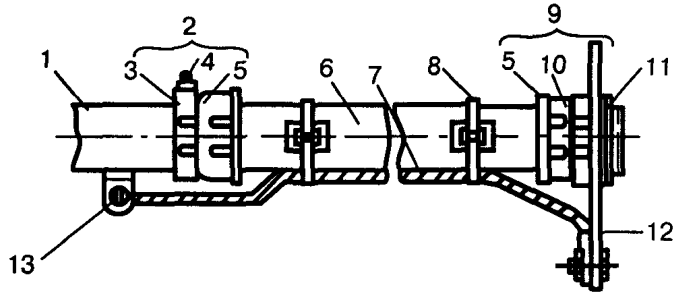


Рис. 16. Заземления гибкого ввода (К 1080 УЗ – К 1088 УЗ) или комплекта ВГ: 1 – труба электропроводки; 2 – трубная муфта; 3 – трубный штуцер; 4 – винт; 5 – колпачок пластмассовый; 6 – электромонтажный шланг (металлорукав с полимерным покрытием); 7 – проводник заземления (перемычка); 8 – полоска-пряжка; 9 – муфта вводная; 10 – вводный штуцер; 11 – установочная заземляющая гайка; 12 – оболочка электрооборудования; 13 – флажок

3.1.17. Соединение заземляющих и защитных проводников между собой должно выполняться в соответствии с указаниями ГОСТ 10434-82 «Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования» для 2-го класса соединений.

3.1.18. Заземляющие зажимы должны соответствовать требованиям ГОСТ 21130-75* «Изделия электротехнические. Зажимы заземляющие и знаки заземления. Конструкция и размеры», а также ГОСТ 12.2.007.0-75* «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности».

Не допускается использование для заземления болтов, винтов, шпилек, выполняющих роль крепежных деталей.

3.2. Защитные проводники уравнивания потенциалов

3.2.1. Если здание имеет несколько обособленных вводов, то главная заземляющая шина (ГЗШ) должна быть выполнена для каждого вводного устройства (ВУ) или вводно-распределительного устройства (ВРУ)

В качестве ГЗШ может быть использована РЕ-шина ВУ, ВРУ или РУНН, при этом все главные заземляющие шины и РЕ-шины НКУ должны соединяться между собой проводниками системы уравнивания потенциалов (магистралью) сечением (с эквивалентной проводимостью), равным сечению меньшей из попарно сопрягаемых шин.

3.2.2. Сечение РЕ-шины в вводных устройствах (ВУ, ВРУ) электроустановок зданий и соответственно ГЗШ принимается по ГОСТ Р 51321.1-2000. табл. 4.

Если ГЗШ установлены отдельно и к ним не подключаются нулевые защитные проводники установки, в том числе PEN (PE)- проводники питающей линии, то сечение (эквивалентная проводимость) каждой из отдельно установленных ГЗШ принимается равным половине сечения РЕ-шины наибольшей из всех РЕ-шин, но не менее меньшего из сечений РЕ-шин вводных устройств.

ГОСТ Р 51321.1-2000. Таблица 4. Сечения РЕ-шин

Сечение фазного проводника S ($мм^2$)	*Наименьшее сечение РЕ-шины ($мм^2$)*
До 16 включительно	*S*
От 16 до 35 вкл.	*16*
От 35 до 400 вкл.	*S/2*
От 400 до 800 вкл.	*200*
Св. 800	*S/4*

Площади поперечного сечения приведены для случая, когда защитные проводники изготовлены из того же материала, что и фазные проводники. Защитные проводники, изготовленные из других материалов, должны иметь эквивалентную проводимость.

РЕ-шина низковольтных комплектных устройств (НКУ) должна проверяться по нагреву по максимальному значению рабочего тока в PEN-проводнике (например, в неполнофазных режимах, возникающих при перегорании предохранителей, при наличии третьей гармоники и т.д.). Для ГЗШ, не являющейся РЕ-шиной НКУ, такая проверка не требуется.

3.2.3. Сечение главных проводников основной системы уравнивания потенциалов должно быть не менее 6 мм^2 по меди, 16 мм^2 по алюминию и 50 мм^2 по стали. Это условие распространяется и на заземляющие проводники, соединяющие ГЗШ с заземлителями защитного заземления и/или функционального заземления (при их наличии), а также с естественными заземлителями.

Сечения проводников основной системы уравнивания потенциалов, используемых для присоединения к ГЗШ металлических труб коммуникаций, имеющих дополнительную металлическую связь с нейтралью трансформатора и через которые возможно протекание токов короткого замыкания (например, трубопроводы отдельно стоящих насосных, которые питаются от тех же трансформаторов, что и вводы в здание), должны выбираться по термической стойкости в соответствии с п.п. 1.7.113 и 1.7.126 ПУЭ.

Присоединение к заземлителю молниезащиты заземляющих проводников основной системы уравнивания потенциалов и заземляющих проводников от естественных заземлителей (при использовании естественных заземлителей в качестве заземлителей системы молниезащиты) должно производиться в разных местах.

Если имеется специальный заземлитель системы молниезащиты, к которому подключены молниеотводы, то такой заземлитель также должен подключаться к ГЗШ.

3.2.4. При наличии в здании нескольких электрических вводов от одной ТП трубопроводные системы и заземлители рекомендуется подключать к ГЗШ основного ввода.

3.2.5. Соединения сторонних проводящих частей с ГЗШ могут выполняться: по радиальной схеме, по магистральной схеме с помощью ответвлений, по смешанной схеме. Трубопроводы одной системы, например прямая и обратная труба центрального отопления, не требуют выполнения отдельных присоединений. В этом случае достаточно иметь одно ответвление от магистрали или одну радиальную линию, а прямую и обратную трубы достаточно соединить перемычкой сечением, равным сечению проводника системы уравнивания потенциалов.

3.2.6. Для проведения измерений сопротивления растекания заземляющего устройства на ГЗШ должно быть предусмотрено разборное соединение заземляющего проводника, подключаемого к заземляющему устройству.

3.2.7. В качестве проводников основной системы уравнивания потенциалов, в первую очередь, следует использовать открыто проложенные неизолированные проводники.

Ввод защитных проводников в НКУ класса защиты 2 следует выполнять изолированными проводниками, поскольку PE-шина в них выполняется изолированной.

3.2.8. Отдельно устанавливаемые ГЗШ рекомендуется выполнять из стали. В низковольтных комплектных устройствах PE-шина, как правило, выполняется медной (допускается выполнять из стали, использование алюминия не допускается). Стальные шины должны иметь металлическое покрытие, обеспечивающее выполнение требований ГОСТ 10434 для разборных контактных соединений класса 2. При использовании разных материалов для ГЗШ и для проводников системы уравнивания потенциалов необходимо принять меры по обеспечению надежного электрического соединения.

3.2.9. В местах, доступных только квалифицированному электротехническому персоналу, ГЗШ может устанавливаться открыто. В местах доступных неквалифицированному персоналу, ГЗШ должна иметь защитную оболочку. Степень защиты оболочки выбирается по условиям окружающей среды, но не ниже IP21.

3.2.10. ГЗШ на обоих концах должна быть обозначена продольными или поперечными полосами желто-зеленого цвета одинаковой ширины. Изолированные проводники уравнивания потенциалов должны иметь изоляцию, обозначенную желто-зелеными полосами. Неизолированные проводники основной системы уравнивания потенциалов в местах их присоединения к сторонним проводящим частям должны быть обозначены желто-зелеными полосами, выполненными, например, краской или клейкой двухцветной лентой.

3.2.11. Указания по выполнению основной системы уравнивания потенциалов на вводе в здания должны быть предусмотрены в проектной документации на электроустановку здания.

3.3. Выбор защитных проводников по условию эквивалентной проводимости

3.3.1. Если защитный проводник выполнен из другого металла, нежели фазный, то его сечение должно выбираться из условия обеспечения так называемой эквивалентной проводимости. При

пересчете сечения по эквивалентной проводимости кроме величины удельного сопротивления должны также учитываться начальная и конечная температура проводника и изоляции, способ прокладки и характеристики окружающей среды. Ниже приводится методика выбора защитных проводников по условию обеспечения эквивалентной проводимости в соответствии с указаниями стандарта ГОСТ Р 50571-5-54-2011 и ГОСТ Р 50571-4-43-2012. Таблицы с характеристиками проводников, приведенные в главе 1.7 ПУЭ седьмого издания устарели.

3.3.2. Выбор сечения защитных проводников производится в следующей последовательности:

– определяется сечение S_1 защитного проводника по отношению к фазному, при условии, что защитный проводник выполнен из того же материала, что и фазный;

– по формуле $S_2=S_1\times k_1/k_2$ определяем сечение защитного проводника выполненного из материала, отличного от материала фазного проводника, где

k_1 – величина коэффициента k для фазного проводника, рассчитанного по формуле (см. ниже) в соответствие с таблицей 4 (А.54.1 ГОСТ Р 50571-5-54-2011) или взятого из таблицы 5 (43А ГОСТ Р 50571-4-43-2012), в соответствии с материалом проводника и изоляции;

k_2 – величина коэффициента k для защитного проводника, выбранного из таблиц 6-10 (А.54.2-А.54.6 ГОСТ Р 50571-5-54-2011), в соответствии с условиями применения.

Расчет коэффициента k

Коэффициент k рассчитывается по следующей формуле:

$$k=\sqrt{\frac{Q_C\left(\beta+20^{\circ}\mathrm{C}\right)}{\rho_{20}}\ln\left(1+\frac{\theta_f-\theta_i}{\beta+\theta_i}\right)},$$

где Q – объемная теплоемкость материала проводника (Дж/°С·мм^3);

β – величина, обратная температурному коэффициенту проводника при 0 °С (°С);

ρ_{20} – удельное электрическое сопротивление проводника при 20 °С (Ом·мм);

θ_i – начальная температура проводника (°С);

θ_f – конечная температура (°С).

Таблица 4 (А.54.1) – Величины параметров для различных материалов

Материал	β, °С	Q_c, Дж/°С·мм^3	ρ_{20}, Ом·мм	$\sqrt{\frac{Q_c(\beta+20^\circ C)}{\rho_{20}}}$
Медь	234,5	$3{,}45\cdot10^{-3}$	$17{,}241\cdot10^{-6}$	226
Алюминий	228	$2{,}5\cdot10^{-3}$	$28{,}264\cdot10^{-6}$	148
Свинец	230	$1{,}45\cdot10^{-3}$	$214\cdot10^{-6}$	41
Сталь	202	$3{,}8\cdot10^{-3}$	$138\cdot10^{-6}$	78

Таблица 5 (43А) – Величина k для фазных проводников

	Материал изоляции					
	ПВХ ≤300 мм^2	ПВХ >300 мм^2	сшитый полиэтилен	резина 60 °С	минеральная	
					ПВХ	неизолированные
Начальная температура, °С	70	70	90	60	70	105
Конечная температура, °С	160	140	250	200	160	250
Материал проводника:						
медь	115	103	143	141	115	135/115[a]
алюминий	76	68	68	93	–	–
паяные соединения меди	115	–	–	–	–	–

[a] – Эта величина применяется для неизолированных проводников, незащищенных от прикосновения

Примечание 1. В стадии рассмотрения находятся значения *k* для:
– проводников малого сечения (особенно для поперечного сечения меньше 10 мм^2);
– продолжительности короткого замыкания более 5 с;
– других типов соединения проводников;
– неизолированных проводников.

Примечание 2. Номинальный ток аппарата защиты от короткого замыкания может быть больше допустимого тока кабеля.

Примечание 3. Вышеуказанные параметры приняты в соответствии МЭК 60724.

Таблица 6 (А.54.2) – Значение коэффициента *k* для изолированных защитных проводников

Изоляция проводника	Температура, °C[b]		Материал проводника		
			медь	алюминий	сталь
	начальная	конечная	k		
70 °C ПВХ	30	160/140[a]	143/133[a]	95/88[a]	52/49[a]
90 °C ПВХ	30	160/140[a]	143/133[a]	95/88[a]	52/49[a]
90 °C сшитый полиэтилен	30	250	176	116	64
60 °C резина	30	200	159	105	58
85 °C резина	30	220	166	110	60
Силиконовая резина	30	350	201	133	73

[a] – Нижнее значение дано для ПВХ изоляции проводников сечением более 300 мм^2.
[b] – Предельные температуры для различных типов изоляции даны по МЭК 60724.

Таблица 7 (А.54.3) – Значение коэффициента *k* для неизолированных защитных проводников, находящихся в контакте с оболочкой кабеля, но проложенным не в общем пучке с другими кабелями

Оболочка кабеля	Температура, °C[a]		Материал проводника		
			медь	алюминий	сталь
	начальная	конечная	*k*		
ПВХ	30	200	159	105	58
Полиэтилен	30	150	138	91	50
Резина	30	220	166	110	60

[a] – Предельные температуры для различных типов изоляции даны по МЭК 60724.

Таблица 8 (А.54.4) – Значение коэффициента *k* для защитных проводников, являющихся жилой кабеля или проложенных в одном пучке с другими кабелями или изолированными проводами

Изоляция проводника	Температура, °C[b]		Материал проводника		
			медь	алюминий	сталь
	начальная	конечная	*k*		
70 °C ПВХ	70	160/140[a]	115/103[a]	76/68[a]	42/37[a]
90 °C ПВХ	90	160/140[a]	100/86[a]	66/57[a]	36/31[a]
90 °C сшитый полиэтилен	90	250	143	94	52
60 °C резина	60	200	141	93	51
85 °C резина	85	220	134	89	48
Силиконовая резина	180	350	132	87	47

[a] – Нижнее значение дано для ПВХ изоляции проводников сечением более 300 мм^2.
[b] – Предельные температуры для различных типов изоляции даны по МЭК 60724.

Таблица 9 (А.54.5) – Значение коэффициента *k* для защитных проводников, таких как металлическая основа брони кабеля, металлическая оболочка кабеля, концентрические проводники и т.п.

Изоляция кабеля	Температура, °C[a]		Материал проводника			
			медь	алюминий	свинец	сталь
	начальная	конечная	*k*			
70 °C ПВХ	60	200	141	93		51
90 °C ПВХ	80	200	128	85		46
90 °C сшитый полиэтилен	80	200	128	85		46
60 °C резина	55	200	144	95		52
85 °C резина	75	220	140	93		51
Минеральная поверхность ПВХ изоляции[b]	70	200	135	–		–
Минеральная неизолированных проводников	105	250	135	–		–

[a] – Предельные температуры для различных типов изоляции даны по МЭК 60724.
[b] – Указанные величины могут использоваться для неизолированных проводников, незащищенных от прикосновения или находящихся в контакте с горючими материалами.

Таблица 10 (А.54.6)– Значение коэффициента *k* для неизолированных проводников, когда указанные температуры не создают угрозы повреждения находящимся вблизи материалов

Условия применения	Начальная температура, °С	Медь		Алюминий		Сталь	
		k	максимальная температура, °С	*k*	максимальная температура, °С	*k*	максимальная температура, °С
Открыто и на ограниченных участках	30	228	500	125	300	82	500
Нормальные условия	30	159	200	105	200	58	200
Пожароопасные зоны	30	138	150	91	150	50	150

3.4. Выбор защитных и заземляющих проводников по термической стойкости

3.4.1. В соответствие с требованиями ГОСТ Р 50571-5-54-2011 «Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 54. Заземляющие устройства и защитные проводники» п. 542.1.4 **все** элементы заземляющих устройств должны быть выбраны с учетом возможности их повреждения токами замыкания на землю и токами защитных проводников.

Выбор заземляющих проводников и заземляющих электродов только из соображений их механической прочности и коррозионной стойкости является недостаточным. Проблемы могут возникнуть в местах соединения заземляющих проводников с естественными заземлителями, фундаментной сеткой, арматурой, поверхностными (горизонтальными) заземлителями и т.п. В точке соединения заземляющего проводника с заземлителем (заземляющим электродом) эквивалентная проводимость последнего должна быть не ниже чем у заземляющего проводника.

Система защитного заземления TN

3.4.2. В электроустановках с системой защитного заземления TN, где для автоматического отключения питания используется защита от сверхтока, в качестве защитных PE-проводников используются проводники, проложенные в общей оболочке с фазными проводниками или в непосредственной близости к ним (см. ТЦ № 27).

В качестве проводников, проложенных в непосредственной близости к фазным проводникам, могут использоваться: специально проложенные проводники, металлические покровы кабелей, металлические трубы или металлические оболочки для проводников, при выполнении условий, установленных положениями главы 1.7 ПУЭ.

Использование общей заземляющей магистрали, проложенной в помещении, в качестве защитного PE-проводника для объектов нового строительства не рекомендуется. Данное указание не распространяется на энергетические объекты, расположенные в специальных электротехнических помещениях, например на подстанции 10/0,4 кВ, при этом должны быть выполнены условия по времени автоматического отключения питания, установленные положениями главы 1.7 ПУЭ.

3.4.3. При таком выполнении системы защитного заземления TN при устройстве основной системы уравнивания потенциалов, охватывающей все заземлители и сторонние проводящие части, при выборе проводников основной системы уравнивания потенциалов и заземляющих проводников следует проверять их термическую стойкость при токе короткого замыкания, равном половине полного тока короткого замыкания по основному вводу.

3.4.4. При выборе защитных проводников основной системы уравнивания потенциалов и заземляющих проводников в системе защитного заземления TN по току короткого замыкания следует пользоваться расчетной формулой в соответствии с требованиями п. 1.7.126 ПУЭ с учетом того, что по заземляющим проводникам может протекать только часть тока короткого замыкания. Необходимые расчетные данные приведены в разделе 3.3. настоящей Инструкции.

3.4.5. При выборе защитных проводников основной системы уравнивания потенциалов и заземляющих проводников не следует пользоваться таблицей 1.7.5 ПУЭ, так как это приведет к существенному завышению сечения проводников.

3.4.6. При использовании заземляющего устройства для установки выше 1 кВ с изолированной нейтралью и одновременно для установки до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью сечение заземляющего проводника, соединяющего сторонние проводящие части установки с заземлителем, следует принимать с учетом расчетного тока замыкания в электроустановке выше 1 кВ (10 кВ) с изолированной нейтралью. В качестве расчетного принимается ток однофазного короткого замыкания. Указанные токи замыкания носят

емкостной характер и рассматриваются как малые токи замыкания (до 500 А). В сетях, где защита в распредустройстве 10 кВ работает на сигнал при первом замыкании, а это практически все городские сети, данный ток рассматривается как длительный. Величина этого тока задается при получении технических условий от местных кабельных сетей. При наличии в системе электроснабжения устройств компенсации емкостных токов для расчета заземляющих проводников рекомендуется принимать ток короткого замыкания без учета действия компенсирующих устройств.

3.4.7. В соответствии с требованиями п. 1.7.115 ПУЭ седьмого издания «В электроустановках напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью..... **Как правило**, не требуется применение медных проводников сечением более 25 мм^2 .....стальных 120 мм^2».

Для стальной шины размером 40×3 мм допустимый длительный ток составляет 125 А (см. 1.3.31.ПУЭ). То есть в некоторых случаях, когда ток замыкания превосходит 125 А сечения, указанные в п.1.7.115 ПУЭ могут оказаться недостаточными.

Система защитного заземления ТТ

3.4.8. В соответствии с требованиями п.1.7.39 ПУЭ шестого издания использование системы ТТ в электроустановках было запрещено: «Применение в ... электроустановках заземления корпусов электроприемников без их зануления не допускается».

В соответствии с указаниями п. 1.7.59 ПУЭ седьмого издания, «Питание электроустановок напряжением до 1 кВ от источника с глухозаземленной нейтралью и с заземлением открытых проводящих частей при помощи заземлителя, не присоединенного к нейтрали (система ТТ), допускается только в тех случаях, когда условия электробезопасности в системе TN не могут быть обеспечены. Для защиты при косвенном прикосновении в таких электроустановках должно быть выполнено автоматическое отключение питания с обязательным применением УЗО.....».

Примером электроустановки, где невозможно выполнить требования электробезопасности в системе TN, являются индивидуальные жилые дома, которые по местным условиям необходимо подключить к воздушной линии 0,4 кВ, выполненной неизолированными проводами (ВЛ). Дело в том, что нейтральный проводник ВЛ не может рассматриваться как PEN-проводник по определению. В этих условиях до замены неизоли-

рованных проводов ВЛ на самонесущие изолированные провода обосновано применение системы защитного заземления ТТ.

На вводе в такие установки для автоматического отключения питания, как правило, устанавливают УЗО с номинальным дифференциальным током срабатывания 300 мА. Сопротивление заземляющего устройства выбирают порядка 30 Ом, а для грунтов с высоким объемным сопротивлением – до 300 Ом. При таких параметрах заземляющего устройства обеспечивается надежное срабатывание УЗО, а токи короткого замыкания незначительны. В системе защитного заземления ТТ они, как правило, ниже номинального тока электроустановки, поэтому в системе ТТ проверять по току элементы заземляющих устройств не требуется.

Система защитного заземления IT

3.4.9. В системе защитного заземления IT сопротивление заземляющего устройства у потребителя выбирают из условия обеспечения допустимого напряжения прикосновения при однофазном коротком замыкании, (см. п. 1.7.104 ПУЭ). Токи однофазных коротких замыканий в электроустановках с изолированной нейтралью напряжением до 1 кВ не превосходят нескольких ампер, и проверка по току элементов заземляющих устройств **индивидуальных** заземлителей у потребителей не требуется.

При устройстве общего заземляющего устройства для нескольких потребителей по заземляющим проводникам возможно протекание полного тока двухфазного короткого замыкания. Выбор заземляющих проводников в этом случае должен проводиться по расчетным формулам, приведенным в п. 1.7.126 ПУЭ, и расчетным данным, приведенным в разделе 3.3 настоящей Инструкции.

4. Особенности монтажа заземляющих устройств

4.1. Распределительные устройства

4.1.1. При вертикальной установке фаз бетонных реакторов должны быть заземлены фланцы опорных изоляторов нижней фазы и фланцы распорных (при наличии таковых) изоляторов верхней фазы. При горизонтальном расположении фаз реакторов заземляющие проводники следует присоединять к заземляющим болтам фланцев изоляторов каждой фазы. Заземляющие проводники не должны образовывать вокруг реакторов замкнутых контуров.

4.1.2. У трансформаторов тока должны быть заземлены корпус, каждая закороченная (неиспользуемая вторичная) обмотка, а также все остальные вторичные обмотки, если это предусмотрено проектом. Вторичные обмотки заземляются с помощью перемычек из медного провода между одним из зажимов вторичной обмотки и заземляющим винтом на корпусе трансформатора тока. Каждая вторичная обмотка должна быть заземлена только в одной точке.

4.1.3. Батареи статических конденсаторов следует заземлять путем присоединения заземляющего проводника к заземляющему болту бака каждого конденсатора, а вентильных разрядников – к заземляющим болтам основания (цоколя) каждой фазы непосредственно или через счетчик срабатываний.

4.1.4. В системе TN нейтраль трансформатора должна быть заземлена и соединена с заземлителем отдельным проводником (рис. 17 а).

Заземление нейтрали осуществляется отдельным проводником, присоединяемым к ближайшим металлическим частям строительных конструкций. Для этих целей в первую очередь необходимо использовать металлические и железобетонные колонны. В случае сооружения искусственных заземлителей их следует располагать по возможности ближе к трансформатору. Для внутрицеховых подстанций заземлитель допускается сооружать непосредственно около стены здания.

В системе IT заземление обмотки трансформатора существляется через пробивной предохранитель в соответствии с проектом (рис. 17 б).

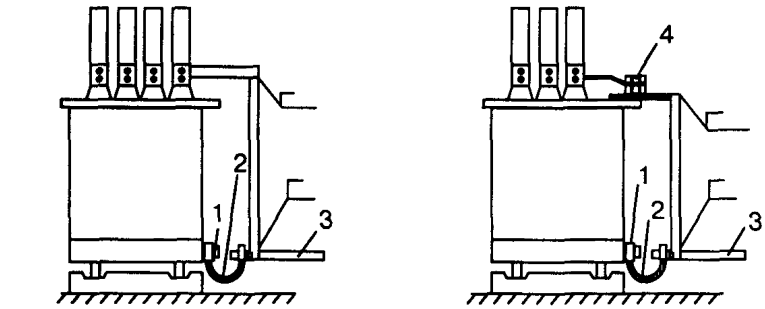


Рис. 17. Заземление силового трансформатора с заземленной нейтралью вторичной обмотки напряжением до 1000 В (а) и с изолированной нейтралью (б);
1 – заземляющий болт; 2 – гибкая перемычка; 3 – магистраль заземления;
4 – пробивной предохранитель

Для заземления корпуса силового трансформатора заземляющий проводник следует присоединить к заземляющему болту на корпусе трансформатора. Это присоединение должно быть выполнено так, чтобы не было необходимости нарушения проводки при выкатке трансформатора. В противном случае присоединение должно быть выполнено гибким проводником на подходе к трансформатору.

4.1.5. В помещениях распределительных устройств (РУ), щитов управления и защиты, КТП и ЩСУ в качестве магистралей заземления следует использовать стальные и железобетонные каркасы промышленных зданий, металлические обрамления кабельных каналов, а также закладные элементы при установке КСО, КРУ, ЩУ и т. п. при соблюдении условий, изложенных в разделе 3.1.

Отдельные участки магистрали, образованной металлическим обрамлением кабельных каналов, а также закладными элементами для установки КСО, КРУ, ЩУ и т. п. должны быть надежно соединены. Специальные заземляющие проводники надлежит прокладывать только для соединения обрамлений каналов и закладных элементов между собой и присоединения их к заземляющему устройству.

Каждый шкаф КРУ, КСО и каждая панель защиты или управления должны быть присоединены к закладным деталям или обрамлениям каналов, образующим магистраль защитного заземления.

При использовании конструкций зданий в качестве заземляющих устройств каждый шкаф КРУ, КСО и каждая панель защиты или управления должны быть присоединены к стальной колонне или к закладному элементу железобетонной колонны каркаса здания.

4.1.6. Заземляющий проводник должен быть приварен к основным рамам дверей ограждения бетонных ячеек распределительных устройств.

4.1.7. Металлические конструкции открытых распределительных устройств заземляют путем приваривания заземляющего проводника к основанию (нижней части) конструкции. Отдельные звенья конструкции должны быть соединены между собой сваркой.

4.1.8. У выключателей и приводов к ним, у опорных изоляторов, линейных выводов, проходных изоляторов, предохранителей высокого напряжения, добавочных сопротивлений, автоматических выключателей и т. п. защитный заземляющий проводник должен быть присоединен к заземляющему болту.

4.1.9. Трансформаторы напряжения следует заземлять путем присоединения защитного заземляющего проводника к заземляющему болту на кожухе (корпусе).

Нейтральная точка обмотки высокого напряжения (в случаях, указанных в проекте) должна быть присоединена медным проводом к заземляющему болту на кожухе (корпусе) трансформатора. Нулевая точка или фазный провод обмотки низкого напряжения должны быть присоединены в соответствии с указаниями, приведенными в проекте.

4.1.10. Вывод нулевого рабочего проводника от нейтрали генератора или трансформатора на щит распределительного устройства должен быть выполнен при выводе фаз шинами – шиной на изоляторе, а при выводе фаз кабелем (проводом) – жилой кабеля (провода).

4.1.11. Нейтральные проводники, отходящие от нулевой шины (независимо от того, установлена она на изоляторах или нет), должны иметь изоляцию, соответствующую напряжению данной сети, также в случае, если они используются одновременно как нулевые и как защитные.

4.2. Силовое электрооборудование

Электрические машины

4.2.1. Электрические машины, установленные на металлических заземленных основаниях (корпусах станков, опорных рамах, плитах и т. п.), дополнительно заземлять не требуется.

Электрические машины, установленные на вибрирующем основании или на салазках, необходимо заземлять с помощью гибкой перемычки между неподвижным заземляющим (защитным) проводником и корпусом электродвигателя.

4.2.2. Двигатель-генераторы, состоящие из машин напряжением до 1 кВ, следует заземлять путем присоединения заземляющих (защитных) проводников к заземляющим винтам статоров.

У машин напряжением выше 1000 В заземляющие проводники следует присоединить к заземляющим винтам как статора, так и фундаментам плиты.

Заземление обмоток машин необходимо выполнять в соответствии с проектом.

4.2.3. У машин, имеющих на статоре два винта (болта) заземления (турбогенераторы, гидрогенераторы, синхронные компенсаторы), зазем-

ляющие проводники должны подводиться к обоим винтам (болтам). Защитные заземляющие проводники должны быть подведены также к заземляющим винтам (болтам) фундаментных плит и систем водоснабжения газоохладителей.

Съемные металлические кожухи, закрывающие токоведущие части, кроме кожуха траверсы, если он не установлен на изолированном подшипнике, должны быть электрически соединены с заземленным корпусом турбогенератора.

Внешние трубопроводы подачи и слива дистиллята, а также трубопроводы продувки коллекторов, трубопроводы обмотки статора должны быть заземлены не менее чем в двух точках, – в начале и конце.

4.2.4. При наличии у машин стояков подшипников, имеющих электрическую изоляцию от фундаментной плиты, заземляющие проводники должны быть проложены на расстоянии не менее 50 мм от изолированного стояка и от присоединенных к нему маслопроводов.

Отдельные аппараты, щитки, шкафы и ящики с электрооборудованием напряжением до 1 кВ

4.2.5. Присоединение защитных заземляющих проводников к корпусам аппаратов следует выполнять с помощью болтового соединения.

4.2.6. В шкафах, ящиках, щитах должна быть предусмотрена общая PE-шина, к которой следует присоединять заземляемые части отдельных аппаратов. К этой шине должен быть присоединен корпус шкафа, ящика, щита и т. д., а также медные проводники для заземления проводов с металлической оболочкой, перемычки от металлических труб электропроводки т. п. Заземляющую шину щита (шкафа, ящика) в электроустановках с изолированной нейтралью следует присоединять к магистрали заземления, а в электроустановках с заземленной нейтралью – к PE или PEN-проводнику питающей линии.

Аппараты в металлическом корпусе, установленные непосредственно на заземленном каркасе (корпусе) щита, шкафа, ящика и имеющие с ним надежный металлический контакт, не требуют дополнительного присоединения к заземляющей шине.

Корпуса аппаратов (реле, измерительные приборы), имеющие двойную изоляцию, заземления не требуют.

4.2.7. Металлические дверцы щитка, шкафа, ящика, если на них отсутствует какое-либо оборудование, не требуют соединения с корпусом щитка, шкафа, ящика с помощью гибких перемычек. Если на металлических дверцах установлено электрооборудование, требующее заземления, такие дверцы должны быть заземлены с помощью гибких медных перемычек между дверцей и металлическим заземленным неподвижным каркасом щитка, шкафа, ящика.

4.2.8. К одному заземляющему болту (винту) запрещается присоединять более двух кабельных наконечников. На заземляющей (нулевой) шине должны быть предусмотрены болтовые присоединения необходимого числа заземляющих, нулевых защитных и нулевых рабочих проводников.

4.2.9. Не требуется преднамеренно заземлять корпуса электрооборудования и аппаратов, установленных на заземленных металлических конструкциях,распределительных устройствах, щитах, шкафах, щитках, установленных на станинах станков, машин и механизмов, при условии обеспечения надежного электрического контакта с заземленными основаниями.

Краны

4.2.10. Части кранов, подлежащие заземлению, должны быть присоединены к металлическим конструкциям крана, при этом должна быть обеспечена непрерывность электрической цепи металлических конструкций. Если электрооборудование крана установлено на его заземленных металлических конструкциях, а на опорных поверхностях предусмотрены зачищенные и незакрашенные места для обеспечения электрического контакта, то дополнительного заземления не требуется

4.2.11. Рельсы кранового пути должны быть надежно соединены на стыках сваркой, приваркой перемычек соответствующего сечения, приваркой к металлическим подкрановым балкам для создания непрерывной электрической цепи, а также заземлены.

При установке крана на открытом воздухе рельсы кранового пути, кроме того, должны быть соединены между собой (рис. 18) и заземлены не менее чем в двух разных местах, если сопротивление растеканию самих рельсов недостаточно.

4.2.12. При питании крана кабелем отдельная жила для заземления должна находиться в общей оболочке с остальными жилами.

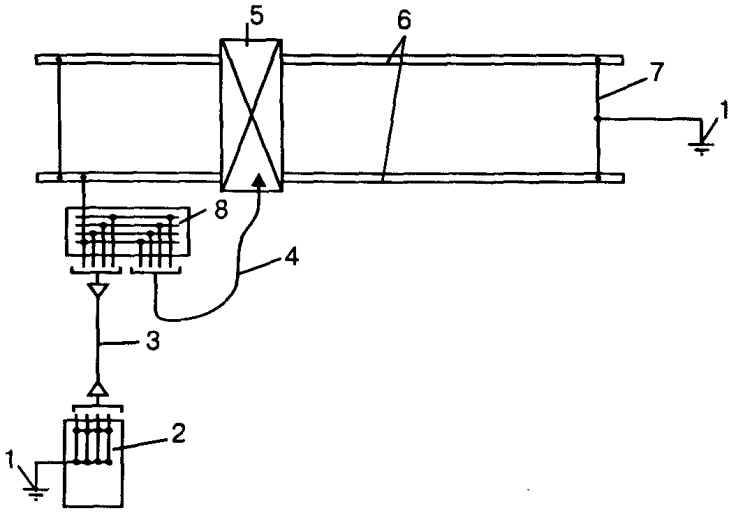


Рис. 18. Схема заземления крана, установленного на открытом воздухе и питающегося по гибкому кабелю:
1 – заземлитель; 2 – вторичная обмотка питающего трансформатора; 3 – неподвижный четырехжильный питающий кабель; 4 – гибкий переносной питающий кабель; 5 – кран; 6 – рельсовые пути крана; 7 – перемычка; 8 – вводно-распределительное устройство

4.2.13. Корпус кнопочного аппарата управления крана, управляемого с пола, должен быть изготовлен либо из изоляционного материала, либо заземлен не менее чем двумя проводниками.

В качестве одного из этих проводников может быть использован тросик, на котором подвешен кнопочный аппарат управления.

4.2.14. Троллейные конструкции должны быть заземлены.

Для заземления пневмоколесных кранов должны применяться заземлители в соответствии с ГОСТ 16556-81 «Заземлители для передвижных электроустановок. Общие технические условия».

Передвижные электроустановки и переносные электроприемники

4.2.15. При питании электроприемников передвижных установок от передвижных автономных источников с изолированной нейтралью заземляющее устройство следует выполнять с соблюдением требований либо к его сопротивлению, либо к напряжению прикосновения при однофазном замыкании на корпус.

Сопротивление заземляющего устройства, выполненного с соблюдением требований к сопротивлению, не должно превышать 25 Ом. Для земли с удельным сопротивлением более 500 Ом·м допускается превышать значения сопротивлений в 0,002ρ раз, но не более чем в 10 раз.

При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований к напряжению прикосновения 25 В сопротивление не нормируется.

4.2.16. Корпуса электроприемников, установленных на передвижном механизме, должны иметь надежную металлическую связь с корпусом механизма.

4.2.17. Для выполнения металлической связи корпуса источника питания с корпусом передвижной установки в качестве проводников могут применяться:

а) пятая жила кабеля в трехфазных сетях с нулевым рабочим проводником;

б) четвертая жила кабеля в трехфазных сетях без нулевого рабочего проводника;

в) третья жила кабеля в однофазных сетях.

4.2.18. Заземляющие и PE-проводники, а также проводники металлической связи корпусов оборудования должны быть медными, гибкими, как правило, находиться в общей оболочке с фазными проводниками.

В сетях с изолированной нейтралью допускается прокладка заземляющих проводников электрической связи корпусов оборудования отдельно от фазных проводников. При этом их сечение должно быть не менее 2,5 мм^2.

4.2.19. Заземлители (искусственные и естественные) для передвижных электроустановок и электрифицированного инструмента следует выполнять согласно требованиям раздела 2 настоящей Инструкции, если отсутствуют требования в данном разделе.

Использование временных трубопроводов в качестве естественных заземлителей запрещается.

При смене места и способа питания передвижных электроустановок необходимо проверять значения сопротивления растеканию заземлителя, к которому они присоединены, целостность заземляющих и нулевых защитных проводников и повторных заземлителей нулевого провода.

Заземление передвижных установок напряжением выше 1000 В следует выполнять в соответствии с проектом.

Заземление строительных механизмов, передвигающихся по рельсовым путям, необходимо выполнять согласно требованиям раздела 5 настоящей Инструкции.

На стыках рельсов следует применять гибкие перемычки, выполненные из стального троса.

Дополнительный заземлитель (естественный и искусственный) следует присоединять к рельсам отдельным проводником.

Гибкие перемычки для соединения в непрерывную электрическую цепь отдельных элементов подкрановых и рельсовых путей устанавливают организации, монтирующие эти пути.

Корпуса грузоподъемных машин, за исключением машин на гусеничном ходу, должны быть заземлены при помощи переносных заземлителей по ГОСТ 16556-81 «Заземлители для передвижных электроустановок. Общие технические условия» с сопротивлением, соответствующим требованиям ПУЭ.

4.2.20. При заземлении переносных или передвижных сварочных установок необходимо выполнять следующие требования:

а) питание однофазного сварочного трансформатора следует осуществлять трехжильным гибким шланговым кабелем. Третья жила кабеля должна быть присоединена к заземляющему болту (винту, шпильке) на корпусе сварочного трансформатора и к заземляющей шине питающего устройства (ящика, пункта).

Питание трехфазного преобразователя следует осуществлять четырехжильным кабелем, используя для заземления четвертую жилу;

б) заземляющая шина питающего устройства должна быть соединена либо с PE- (PEN)-проводником питающей линии (в установках с заземленной нейтралью), либо с заземлителем (в установках с изолированной нейтралью);

в) должно быть предусмотрено заземление одного из зажимов (выводов) вторичной цепи источника сварочного тока: сварочных трансформаторов, статических преобразователей и тех двигатель-генераторных преобразователей, у которых обмотки возбуждения генераторов присоединяются к сети без разделяющих трансформаторов;

г) в электросварочных установках, в которых дуга горит между электродом и электропроводящим изделием, следует заземлять зажим вторичной цепи источника сварочного тока, соединяемый проводником (обрат-

ным проводником) с изделием, при помощи соединения этого зажима с заземляющим болтом на корпусе установки;

д) использование нулевого рабочего или фазного провода двухжильного питающего кабеля для заземления сварочного трансформатора запрещается.

4.2.21. Питание переносных электроприемников следует выполнять от сети напряжением не выше 380/220 В.

В зависимости от категории помещения по уровню опасности поражения людей электрическим током переносные электроприемники могут питаться либо непосредственно от сети, либо через разделительные или безопасные разделительные трансформаторы.

4.2.22. Заземление переносных электроприемников должно осуществляться специальной жилой (третья – для электроприемников однофазного и постоянного тока, четвертая или пятая при наличии нейтрали – для электроприемников трехфазного тока), расположенной в одной оболочке с фазными жилами переносного провода и присоединенной к корпусу электроприемника и к специальному контакту вилки разъемного соединения. Сечение этой жилы должно быть равным сечению фазных проводников.

Жилы кабелей, используемые для заземления переносных электроприемников, должны быть медными, гибкими, сечением >1,5 мм^2 для переносных электроприемников в промышленных установках и >0,75 мм^2 для бытовых переносных электроприемников.

4.2.23. Переносные электроприемники испытательных и экспериментальных установок, перемещение которых в период их работы не предусматривается, допускается заземлять с использованием стационарных или отдельных переносных заземляющих проводников.

При этом переносные заземляющие проводники должны быть гибкими, медными, сечением не менее сечения фазных проводников.

В штепсельных соединителях переносных электроприемников, удлинительных проводов и кабелей к розетке должны быть подведены проводники со стороны источника питания, а к вилке – со стороны электроприемников.

Штепсельные соединители должны иметь специальные контакты, к которым присоединяются РЕ-проводники.

Соединение между защитными контактами при включении должно устанавливаться до того, как войдут в соприкосновение контакты фазных

проводников. Порядок разъединения контактов при отключении должен быть обратным.

Конструкция штепсельных соединителей должна быть такой, чтобы была исключена возможность соединения контактов фазных проводников с контактами заземления, если корпус штепсельного соединителя выполнен из металла, он должен быть электрически соединен с защитным контактом.

4.2.24. Заземляющие и защитные проводники переносных проводов и кабелей должны иметь отличительный признак.

4.3. Электроосветительные установки

4.3.1. При заземлении частей электроосветительной установки в качестве РЕ-проводников следует использовать жилы кабелей и/или специально проложенные проводники.

4.3.2. В цепи нулевых рабочих проводников допускается применять выключатели, которые одновременно с отключением нулевых рабочих проводников отключают все провода, находящиеся под напряжением.

4.3.3. Заземление корпусов светильников общего освещения с лампами накаливания и лампами ДРЛ, ДРИ, натриевыми и люминесцентными со встроенными внутрь светильника пускорегулирующими аппаратами необходимо осуществлять гибким проводом, присоединенным к заземляющему винту корпуса светильника и РЕ-проводнику.

4.3.4. Заземление нескольких светильников одной группы может быть выполнено РЕ-проводником, проложенным вдоль ряда светильников, от которого нужно сделать ответвление в каждый светильник отдельным проводом, присоединяемым к РЕ-проводу болтовым зажимом или другим разрешенным способом. Последовательное (шлейфом) заземление группы светильников не допускается.

4.3.5. Железобетонные и металлические опоры наружного освещения, в том числе опоры электрифицированного городского транспорта, используемые для установки светильников наружного освещения, должны быть заземлены.

4.4. Кабельные сети

4.4.1. Металлические корпуса кабельных муфт, защитных противопожарных кожухов, кабельных вводов в трансформаторы и КРУ; металличе-

ские оболочки, экраны и броня кабелей; панцирные оплетки проводов, а также металлические конструкции, по которым или в которых прокладывают кабели и провода, должны быть заземлены.

4.4.2. Металлические оболочки и броня кабелей должны быть соединены гибкой медной перемычкой между собой (рис. 19) и с металлическим корпусом муфт. Присоединение заземляющей перемычки должно быть выполнено в соответствии с Технической документацией на муфты для силовых кабелей.

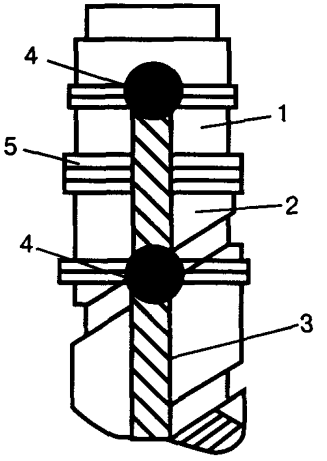


Рис. 19. Заземление кабеля с металлической оболочкой и ленточной броней на концевой заделке:
1 – оболочка кабеля; 2 – броня; 3 – провод заземления;
4 – место пайки; 5 – бандаж, скрепляющий оконцевание брони

Заземляющую перемычку из медной шины следует присоединять при помощи пайки. Допускается применение хомутов, однако при этом присоединение к ленточной броне и оболочке кабеля следует производить отдельными хомутами.

4.4.3. Сечение гибких соединительных перемычек для силовых кабелей в установках до и выше 1000 В при отсутствии указаний в проекте должно быть не менее значений, приведенных ниже, мм^2:

сечение жилы кабеля	<10	16-35	50-120	>150
сечение медной перемычки	6	10	16	25

Заземление металлических оболочек контрольных кабелей следует выполнять медными проводниками сечением не менее 4 мм^2.

4.4.4. В сырых помещениях, туннелях и каналах места пайки необходимо покрывать антикоррозионным составом.

4.4.5. При переходе кабельной линии в воздушную и при отсутствии у опоры ВЛ заземляющего устройства кабельные (мачтовые) муфты допускается заземлять на металлическую оболочку кабеля, если оболочка кабеля на другом конце присоединена к заземляющему устройству.

4.4.6. Если на опорной конструкции установлены концевые муфты и комплект разрядников, то броня, металлические оболочки и экраны кабелей, а также металлические корпуса кабельных муфт должны быть присоединены к заземляющему устройству разрядников.

Использование в данном случае в качестве заземляющего устройства только металлической оболочки, экрана и брони кабеля запрещается.

4.5. Воздушные линии электропередачи

ВЛ и ВЛИ напряжением до 1 кВ

4.5.1. PEN-проводник ВЛИ, PEN-проводник ВЛ, выполненной изолированными проводами или N-проводник ВЛ, выполненной неизолированными проводами, должен быть заземлен у трансформатора и повторно на линии согласно проектной документации.

Для всех трех видов линий в местах повторного заземления арматура изоляторов, оттяжки, кронштейны, осветительная арматура и другое электрическое оборудование, установленные на опорах любого типа, должны быть присоединены к PEN (N) проводнику линии и к заземлителю. Соединение с PEN (N) проводником следует выполнять специальной перемычкой (защитным заземляющим проводником), которую следует присоединить к PEN (N) проводнику специальными зажимами.

Заземляющие перемычки присоединяют непосредственно к металлической опоре или траверсе (рис. 20), а на железобетонной опоре к специальному выводу, соединенному с арматурой опоры и заземляющему проводнику (если таковой имеется).

4.5.2. При использовании металлических или железобетонных опор на ВЛ, выполненных неизолированными проводами, и для ВЛИ, выполненных СИП с неизолированным несущим тросом, заземление должно быть выполнено на всех опорах в соответствии с указаниями п.4.5.1.

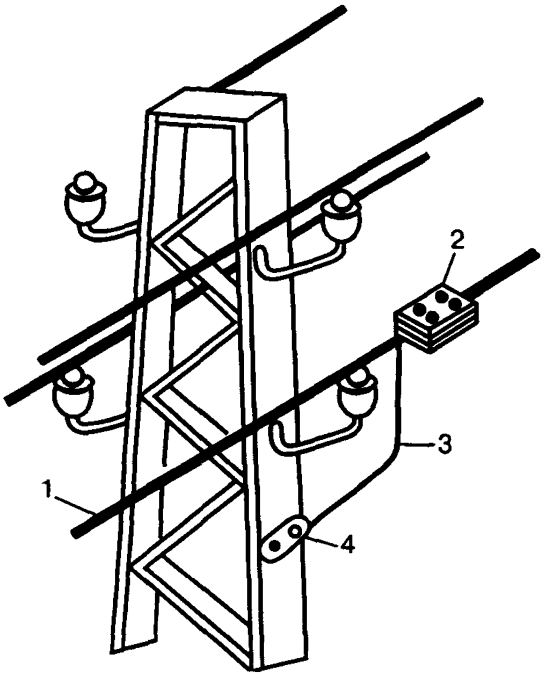


Рис. 20. Заземление металлической опоры воздушной линии электропередачи напряжением до 1000 В в сетях с заземленной нейтралью:
1 – нулевой провод; 2 – ответвительный зажим; 3 – заземляющая перемычка; 4 – заземляющий болт

При использовании деревянных опор на ВЛ, выполненных неизолированными проводами, заземление N-проводника и для ВЛИ, выполненных СИП с неизолированным несущим тросом, заземление PEN-проводника не требуется, за исключением см. п.4.5.1.

ВЛ напряжением 3 – 35кВ

4.5.3. На ВЛ напряжением 3 – 35 кВ должны быть заземлены:

1) опоры, имеющие грозозащитный трос или другие устройства грозозащиты;

2) железобетонные и металлические опоры;

3) опоры, на которых установлены силовые или измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители или другие аппараты.

4.5.4. Значения сопротивления заземляющих устройств опор должны обеспечиваться применением искусственных заземлителей, а естественная проводимость фундаментов, подземных частей опор и пасынков (приставок) при расчетах не должна учитываться.

4.5.5 Поверхностные (горизонтальные) заземлители ВЛ, как правило, должны находиться на глубине не менее 0,5 м, а в пахотной земле на глубине 1 м. В случае установки опор в скальных грунтах допускается прокладка лучевых заземлителей непосредственно под разборным слоем над скальными породами при толщине слоя не менее 0,1 м. При меньшей толщине этого слоя или в случае его отсутствия рекомендуется прокладка заземлителей по поверхности скалы с заливкой их цементным раствором.

4.5.6. Железобетонные фундаменты опор ВЛ могут быть использованы в качестве естественных заземлителей (исключение, см. п. 4.5.4) при осуществлении металлической связи между анкерными болтами и арматурой фундамента.

Наличие битумной обмазки на железобетонных опорах и фундаментах, используемых в качестве естественных заземлителеи, не должно учитываться.

4.5.7. Для заземления железобетонных опор в качестве заземляющих проводников следует использовать все те элементы напряженной и ненапряженной продольной арматуры стоек, которые металлически соединены между собой и могут быть присоединены к заземлителю.

Оттяжки железобетонных опор следует использовать в качестве заземляющих проводников дополнительно к арматуре. При этом свободный конец тросов оттяжек должен быть присоединен к рабочей части оттяжек при помощи специального зажима.

Тросы и детали крепления изоляторов к траверсе железобетонных опор должны быть металлически соединены с заземляющим спуском или заземленной арматурой.

4.5.8. Каждый из заземляющих стальных проводников опор ВЛ должен иметь сечение 35 мм^2 при многопроволочных проводниках и диаметр не менее 10 мм при однопроволочных проводниках. Допускается применение стальных оцинкованных однопроволочных спусков диаметром не менее 6 мм.

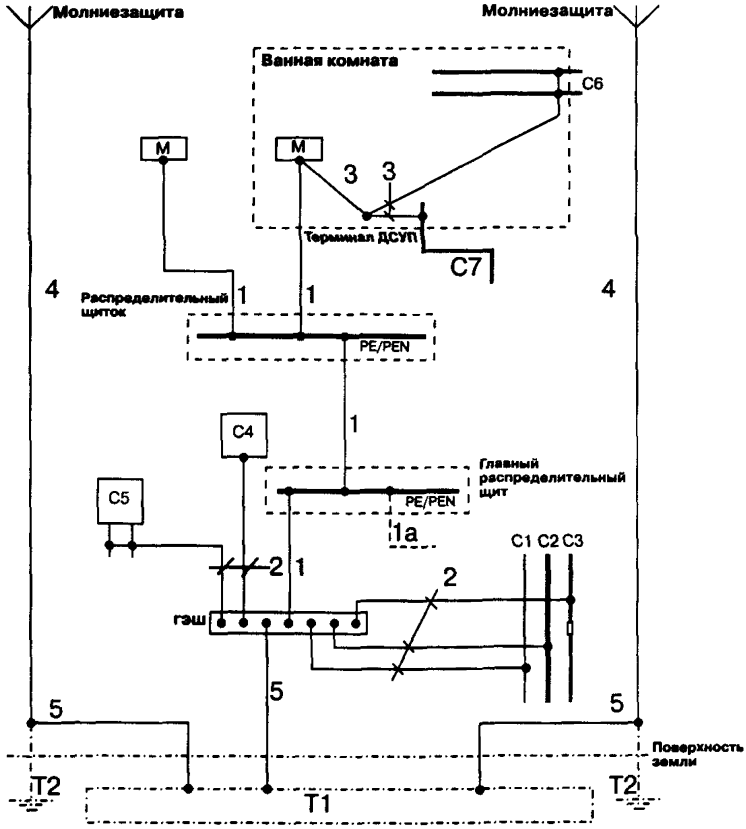
На ВЛ с деревянными опорами рекомендуется болтовое соединение заземляющих проводников, на металлических и железобетонных опорах соединение заземляющих проводников может быть выполнено как сварным, так и болтовым.

4.6. Жилые и общественные здания

4.6.1. В жилых и общественных зданиях защитное заземление и уравнивание потенциалов следует выполнять в соответствии с указаниями ГОСТ Р 50571-5-54, главы 7.1 ПУЭ и СП 31-110-2003.

4.6.2.

Пример выполнения системы заземления защитных проводников и проводников уравнивания потенциалов



M – открытая проводящая часть;

C1 – металлические трубы водопровода, входящие в здание;

C2 – металлические трубы канализации, входящие в здание;

С3 – металлические трубы газоснабжения с изолирующей вставкой, входящие в здание;

С4 – воздуховоды вентиляции и кондиционирования;

С5 – система отопления;

С6 – металлические трубы водопровода в ванной комнате;

С7 – сторонняя проводящая часть в пределах досягаемости, например, металлическая ванна, металлические трубы канализации, полотенцесушитель и т. п.;

ГЗШ – главная заземляющая шина;

ДСУП – дополнительная система уравнивания потенциалов;

Т1 – фундаментный заземлитель;

Т2 – заземлитель молниезащиты (если имеется);

1 – защитный проводник;

1а – защитный проводник для присоединения других вводов (при наличии);

2 – проводник основной системы уравнивания потенциалов;

3 – проводник дополнительной системы уравнивания потенциалов (при отсутствии оборудования с открытыми проводящими частями М, установленного в ванной комнате и подключенного к защитной цепи, терминал ДСУП следует подключить защитным проводником к РЕ-шине распределительного щитка).

4.6.3. Металлические конструкции подвесных потолков и другие протяженные металлоконструкции элементов зданий, в которых (на которых) расположено электрооборудование, должны быть заземлены.

При максимальном линейном размере металлической конструкции более 2,5 м защитное заземление следует выполнить не менее чем в двух точках.

4.7. Зрелищные предприятия

4.7.1. В зданиях зрелищных предприятий защитное заземление и уравнивание потенциалов следует выполнять в соответствии с указаниями главы 7.2 ПУЭ и СП 31-110-2003.

4.8. Взрывоопасные установки

4.8.1. Во взрывоопасных зонах любого класса должны быть заземлены электроустановки при всех напряжениях переменного и постоянного тока, в том числе электрооборудование, установленное на заземленных металлических конструкциях.

4.8.2. В качестве заземляющих и РЕ-проводников следует использовать проводники, специально предназначенные для этой цели. Использование металлических и железобетонных конструкций зданий, конструкций производственного и технологического назначения, стальных труб электропроводки, металлических оболочек кабелей и т. п. в качестве заземляющих и РЕ-проводников допускается только как дополнительное мероприятие.

4.8.3. В силовых и вторичных цепях во взрывоопасных зонах любого класса в качестве РЕ-проводника следует использовать отдельную жилу кабеля или отдельный проводник, подключенный одним концом к РЕ-шине РУ (подстанции, щиту, щитку, сборке и т.п.), расположенного вне взрывоопасной зоны, а другим – к заземляющему зажиму внутри вводного устройства электрооборудования. Совмещение нулевого рабочего и РЕ-проводника (PEN-проводник) не допускается.

4.8.4. РЕ-проводники в сетях переменного тока следует прокладывать совместно с фазными в общих оболочках, трубах, коробах, лотках, пучках.

4.8.5. Искробезопасные цепи (в том числе корпусы искробезопасных приборов, аппаратов, экранов кабелей и т. п.) заземлять не требуется. Необходимость их заземления должна быть особо оговорена в проекте.

4.8.6. Во взрывоопасных зонах любого класса должно быть выполнено уравнивание потенциалов.

4.8.7. Во взрывоопасных зонах любого класса следует выполнять защитное устройство с целью заземления, уравнивания потенциалов и защиты от вторичных проявлений молнии, а также от статического электричества.

Защитное устройство должно состоять из заземлителей молниезащиты (кроме заземлителей отдельно стоящих молниеотводов для зданий и сооружений), объединенных с заземлителями электроустановок, магистрали уравнивания потенциалов и защитных проводников (см. п. 4.8.2.). Защитное устройство должно быть выполнено таким образом или при его эксплуатации должны быть приняты такие меры, чтобы при демонтаже любого его участка или защищаемого элемента конструкции, оборудования, трубопровода и т. п. защита остальных элементов здания, помещения, сооружения, установки в целом не нарушилась.

Магистраль уравнивания потенциалов в двух или более различных местах по возможности с противоположных концов помещения или установки должна быть присоединена к защитному заземлению.

4.8.8. В защищаемом помещении, здании, сооружении, установке металлические конструкции, подкрановые и рельсовые пути, стационарно проложенные трубопроводы всех назначений, металлические и футерованные корпуса технологического и сантехнического оборудования, корпуса электрооборудования, в том числе заземленного специальным PE-проводником, должны быть присоединены к магистрали уравнивания потенциалов при помощи защитных проводников.

4.8.9. Проходы участков комплексной магистрали и защитных проводников через ограждающие взрывоопасные зоны конструкции (стены, перегородки, перекрытия) следует выполнять в отрезках труб или в проемах. Места проходов должны быть уплотнены негорючим составом (материалом) на всю глубину прохода. Проходы заземляющих проводников сквозь фундаменты должны быть выполнены в трубах или иных жестких обрамленьях с уплотнением мест прохода.

4.8.10. Соединенные секции лотков, коробов, профилей, кабельных блоков и прогонов, стальных труб электропроводок, а также струны, тросы, полосы и т. п., служащие для прокладки кабелей и проводов и (или) защиты их от механических повреждений, должны образовывать непрерывную электрическую цепь и присоединяться к магистрали уравнивания потенциалов не менее чем в двух местах – в начале и в конце трассы; при длине этих конструкций менее 2,5 м допускается присоединять их к магистрали уравнивания потенциалов в одном месте.

На участках подвода кабелей к электрооборудованию эти конструкции, кроме того, должны быть подключены к наружному зажиму заземления электрооборудования защитным проводником уравнивания потенциалов.

4.8.11. Непрерывность цепи заземления стальных водо-газопроводных труб электропроводок, а также надежный контакт их с металлическими ответвительными коробками (фитингами) и металлическими вводами (нажимной муфтой, штуцером) должны обеспечиваться резьбовыми соединениями; в этом случае не следует дополнительно подсоединять конец трубы, вводимый в электрооборудование (фитинг), к его наружному болту заземления или к комплексной магистрали.

4.8.12. Непосредственное присоединение защитных проводников к технологическому и сантехническому оборудованию, к трубопроводам и их кожухам, а также установку шунтирующих перемычек на трубопроводах, гибких рукавах и шлангах, сливно-наливных стояках и т. п. выполняют организации, монтирующие основные конструкции и оборудование.

5. Проверка, испытания и сдача работ

5.1. При сдаче-приемке в эксплуатацию смонтированных заземляющих устройств должна быть предъявлена следующая техническая документация на каждый отдельно стоящий объект:

а) паспорт, содержащий схему заземления, а также основные технические данные о результатах проверки состояния заземляющего устройства, характере ремонтов и изменениях, внесенных в данное устройство;

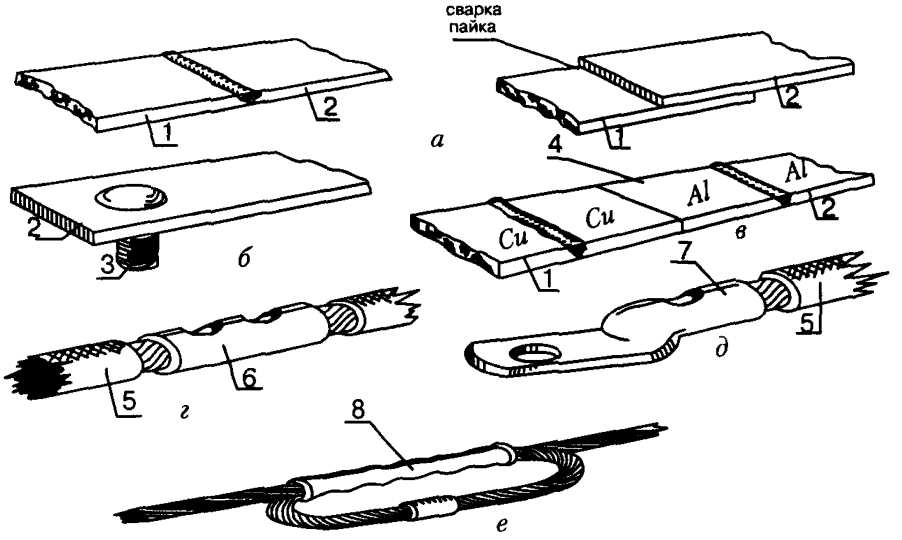
б) протокол приемо-сдаточных испытаний.

Схема заземления в паспорте должна быть в виде исполнительных чертежей проекта заземляющего устройства с изменениями, внесенными в процессе строительства.

Данные о результатах проверки состояния заземляющего устройства в паспорте должны быть в виде актов освидетельствования скрытых работ по монтажу заземляющих устройств и присоединений к естественным заземляющим устройствам, а также актов осмотра и проверки состояния открыто проложенных заземляющих проводников.

Приложение 1
Справочное

Неразборные контактные соединения



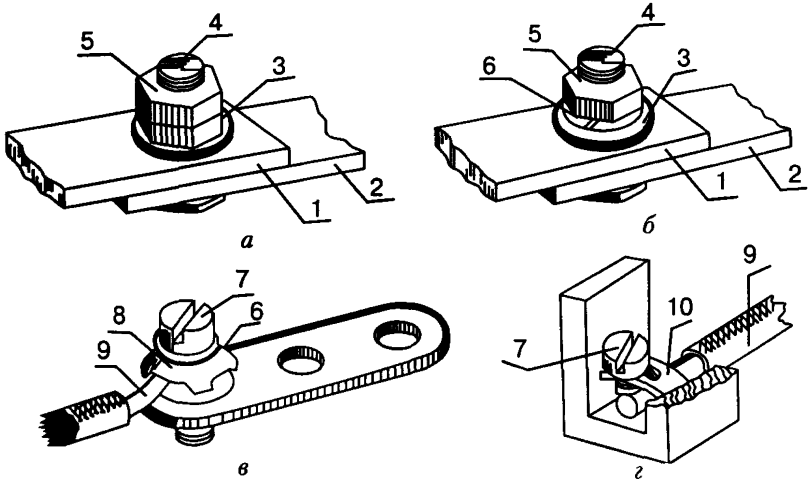
а – сваркой и пайкой; б – со штыревым выводом сваркой;
в – сваркой через переходную медно-алюминевую пластину;
г – соединение жил проводов (кабелей) через соединительную гильзу опрессовкой;
д – соединение жилы провода (кабеля) с кабельным наконечником опрессовкой (сваркой, пайкой); е – соединение жил проводов в овальных соединителях

1 – плоский вывод (шина); 2 – шина; 3 – штыревой вывод;
4 – медно-алюминевая пластина; 5 – провод (кабель); 6 – соединительная гильза;
7 – кабельный наконечник; 8 – овальный соединитель

Приложение 2
Справочное

Разборные контактные соединения

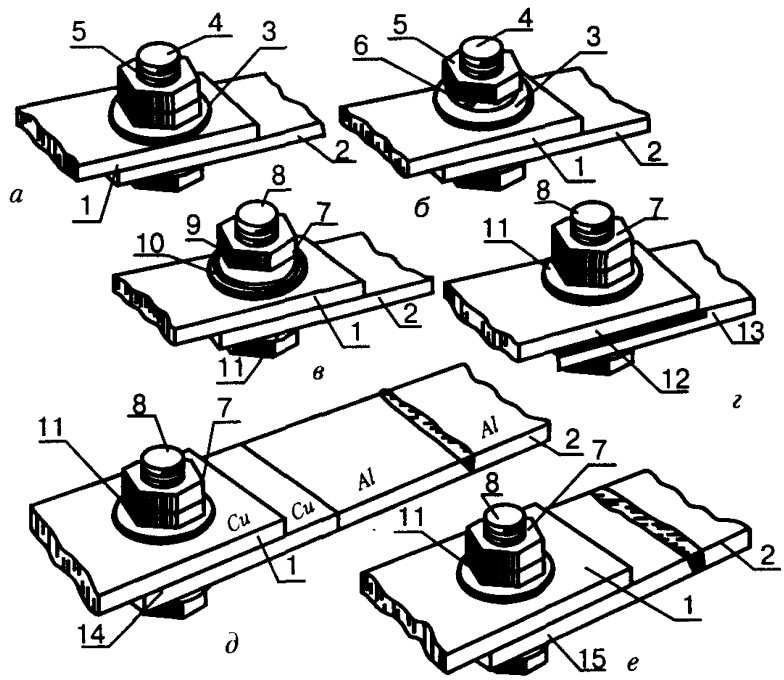
Разборные контактные соединения проводников с плоскими выводами без средств стабилизации электрического сопротивления



а – с контргайкой; б – с пружинной шайбой; в – однопроволочная (многопроволочная) жила провода (кабеля) сеч. до 10 мм^2 с изгибанием в кольцо; г – однопроволочная (многопроволочная) жила провода (кабеля) сеч. до 10 мм^2 без изгибания в кольцо

1 – плоский вывод (шина); 2 – шина (кабельный наконечник); 3, 4, 5 – шайба, болт и гайка стальные; 6 – пружинная шайба; 7 – винт; 8 – фасонная шайба (шайба-звездочка); 9 – провод (кабель); 10 – фасонная шайба (арочная шайба)

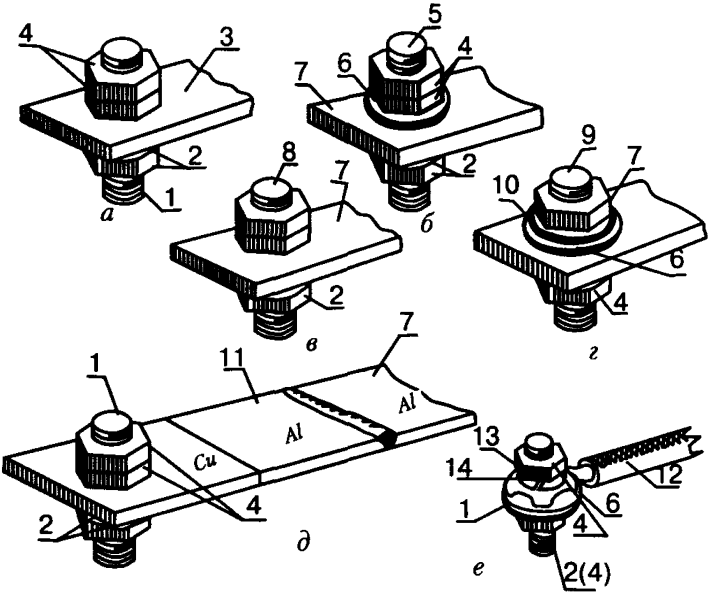
Разборные контактные соединения проводников с плоскими выводами со средствами стабилизации электрического сопротивления



а – крепежом из цветного металла с контргайкой;
б – крепежом из цветного металла с пружинной шайбой;
в – стальным крепежом с тарельчатой пружиной;
г – стальным крепежом с защитными металлическими покрытиями рабочих поверхностей с контргайкой (пружинной шайбой);
д – стальным крепежом через переходную медно-алюминиевую пластину с контргайкой (пружинной шайбой);
е – стальным крепежом через переходную пластину из твердого алюминиевого сплава с контргайкой (пружинной шайбой)

1 – плоский вывод (шина); 2 – шина (кабельный наконечник);
3-5 – шайба, болт и гайка из цветного металла;
6 – пружинная шайба; 7 – стальная гайка;
8 – стальной болт; 9 – тарельчатая пружина;
10 – стальная шайба (шайба увеличенная);
11 – стальная шайба; 12 – плоский вывод (шина) с защитным металлическим покрытием рабочей поверхности;
13 – шина (кабельный наконечник) с защитным металлическим покрытием рабочей поверхности;
14 – медно-алюминиевая пластина;
15 – пластина из твердого алюминиевого сплава

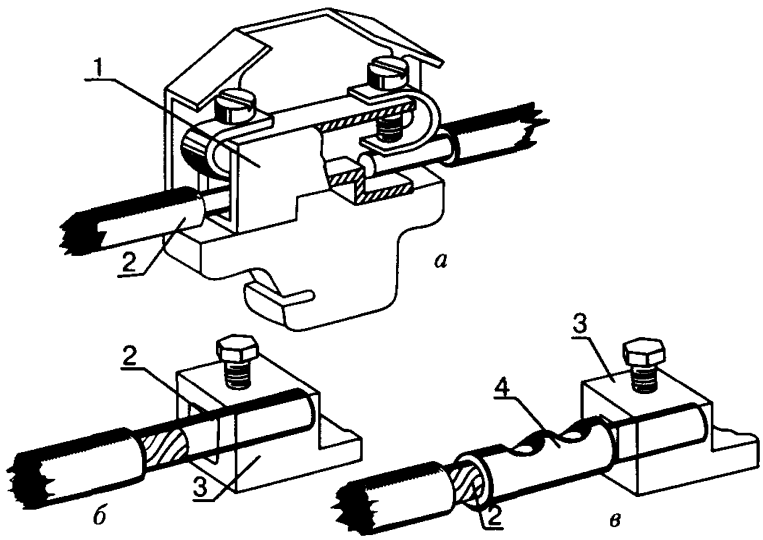
Разборные контактные соединения проводников со штыревыми выводами без средств и со средствами стабилизации электрического сопротивления



а – проводник из меди, твердого алюминиевого сплава или алюминия с защитным металлическим покрытием рабочей поверхности;
б, в, г – алюминиевый проводник; д – алюминиевый проводник через переходную медно-алюминиевую пластину; е – однопроволочная (многопроволочная) жила провода кабеля сеч. 10 мм^2 с изгибанием в кольцо

1 – штыревой вывод из меди или латуни;
2 – гайка из меди или латуни; 3 – шина (кабельный наконечник) из меди, твердого алюминиевого сплава или алюминия с защитным металлическим покрытием рабочих поверхностей; 4 – стальная гайка;
5 – штыревой медный вывод; 6 – стальная шайба;
7 – алюминиевая шина (кабельный наконечник);
8 – штыревой латунный вывод; 9 – штырьевой стальной вывод;
10 – тарельчатая пружина; 11 – медно-алюминиевая пластина;
12 – провод (кабель); 13 – пружинная шайба;
14 – фасонная шайба (шайба-звездочка)

Разборные контактные соединения проводников с гнездовыми выводами



а, б – однопроволочная (многопроволочная, сплавленная в монолит) жила;
в – многопроволочная жила, оконцованная кабельным наконечником

1 – наборный зажим; 2 – провод (кабель);
3 – гнездовой вывод; 4 – кабельный наконечник штифтовой

Приложение 3
Обязательное

Подключение ввода

В соответствии с указаниями пункта 543.4.3 ГОСТ Р 50571-5-54 -2011 (МЭК 60364-5-54:2002) и всех предыдущих редакций указанного стандарта PEN-проводник питающей линии должен подключаться **к зажиму предназначенного для подключения защитного проводника.**

Указание п.1.7.135 главы 1.7 ПУЭ о том, что PEN-проводник питающей линии следует подключать **к PE-шине**, является частным случаем в/у нормы ГОСТ.

Стандарт МЭК 60364-5-54:2011 устанавливает, что этот зажим может быть расположен и на PE-шине и на N-шине и на отдельной (специальной) PEN-шине. Любая из этих шин автоматически становится PEN-шиной, т. е. она должна удовлетворять требованиям к PEN-проводникам. PE-шина типовых комплектных устройств, изготовленных по ГОСТ этим требованиям может не удовлетворять, а N удовлетворяет всегда при сечении более16 мм^2 по меди.

Ниже приведен п. 543.4.3 МЭК 60364-5-54:2011 и примеры выполнения подключения PEN-проводника питающей линии, а также нейтральных и защитных проводников установки к вводному устройству.

543.4.3 *Если после какой-либо точки установки функции нейтрального/ средней точки/ линейного и защитного проводников выполняются отдельными проводниками, то не допускается присоединять нейтральный/ средней точки/ линейный проводник к заземленной части установки. Однако можно из PEN-, PEL- или PEM-проводника сформировать несколько нейтральных/ средней точки/ линейных и защитных проводников.*

PEN-, PEL- или PEM-проводники. В этом случае PEN-проводник должен присоединяться к зажиму или шине, предназначенным для защитного проводника (см. рис. 54.1a), если нет специального зажима или шины предназначенных для присоединения PEN-, PEL- или PEM-проводника (примеры даны на рис. 54.1b и 54.1c).

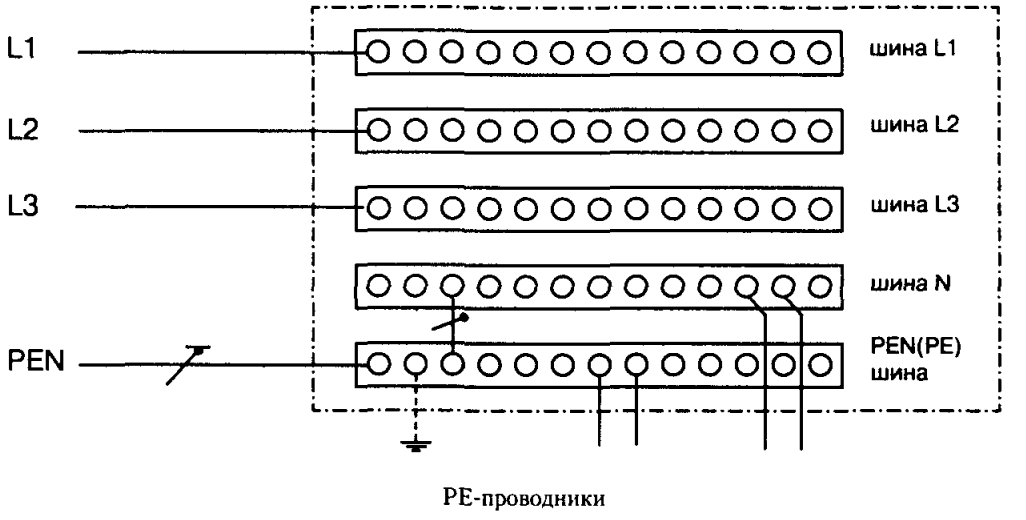


Рисунок 54.1a – Пример 1

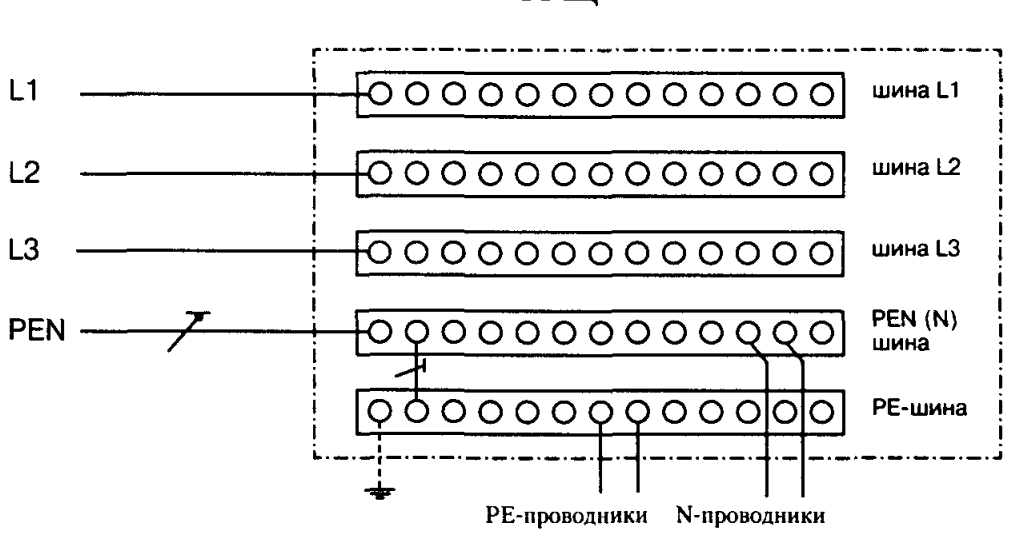


Рисунок 54.1b – Пример 2

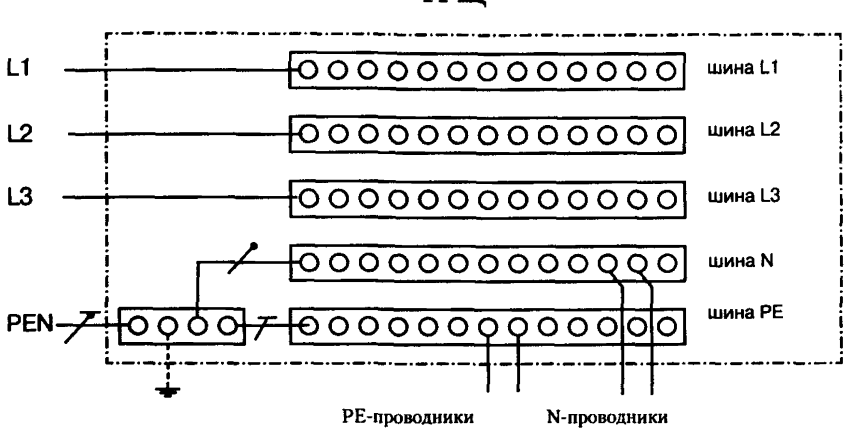


Рисунок 54.1с – Пример 3

ГРЩ – Главный распределительный щит.

Примечание. В системах с безопасным напряжением постоянного тока, например в телекоммуникационных, нет PEL или PEM-проводников.

Обращаем внимание, что хотя это рисунки, а не схемы, взаимное расположение PEN-проводника, заземляющего проводника и перемычек следует выполнять как указано на рисунках.

Содержание

Термины и определения 3

1. Общие требования 23

2. Заземлители 26
   2.1. Естественные заземлители 26
   2.2. Искусственные заземлители 31
   2.3. Монтаж заземлителей 38

3. Заземляющие, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов 42
   3.1. Общие требования 42
   3.2. Защитные проводники уравнивания потенциалов 48
   3.3. Выбор защитных проводников по условию эквивалентной проводимости 51
   3.4. Выбор защитных и заземляющих проводников по термической стойкости 56

4. Особенности монтажа заземляющих устройств 59
   4.1. Распределительные устройства 59
   4.2. Силовое электрооборудование 62
   4.3. Электроосветительные установки 69
   4.4. Кабельные сети 69
   4.5. Воздушные линии электропередачи 71
   4.6. Жилые и общественные здания 74
   4.7. Зрелищные предприятия 75
   4.8. Взрывоопасные установки 75

5. Проверка, испытания и сдача работ 78

Приложение 1. Неразборные контактные соединения 79

Приложение 2. Разборные контактные соединения 83

Приложение 3. Подключение ввода 84

Формат 60Х90 1/16. Тираж 500
Отпечатано в типографии
Производственно-торговой фирмы
Московского института
энергобезопасности и энергосбережения.

105043, Москва, ул. 4-я Парковая, д. 27,
тел.: 8 (495) 965-37-90, 8 (495) 652-24-12,
факс: 8 (495) 965-38-46

gost.e-ecolog.ru ; gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru