

# Заземление

1.7.28. **Заземление** — преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

— Глава 1.7 ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ. Область применения. Термины и определения

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) Издание седьмое. Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204

В электротехнике при помощи заземления добиваются снижения напряжения прикосновения до безопасного для человека и животных значения.

## 1. Терминология

- **Глухозаземлённая нейтраль** — нейтраль трансформатора или генератора, присоединённая непосредственно к заземляющему устройству. Глухозаземлённым может быть также вывод источника однофазного переменного тока или полюс источника постоянного тока в двухпроводных сетях, а также средняя точка в трёхпроводных сетях постоянного тока.
- **Изолированная нейтраль** — нейтраль трансформатора или генератора, неприсоединённая к заземляющему устройству или присоединённая к нему через большое сопротивление приборов сигнализации, измерения, защиты и других аналогичных им устройств.
- **Заземляющее устройство** — совокупность заземлителя и заземляющих проводников.
- **Заземлитель** — проводящая часть или совокупность соединённых между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землёй непосредственно или через промежуточную проводящую среду.
  - **Искусственный заземлитель** — заземлитель, специально выполняемый для целей заземления.
  - **Естественный заземлитель** — сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землёй непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для целей заземления.
- **Заземляющий проводник** — проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем.
- **Защитный (РЕ) проводник** — проводник, предназначенный для целей электробезопасности.
- **Защитный заземляющий проводник** — защитный проводник, предназначенный для защитного заземления.
- **Защитный проводник уравнивания потенциалов** — защитный проводник, предназначенный для защитного уравнивания потенциалов.
- **Нулевой защитный проводник** — защитный проводник в электроустановках до 1 кВ, предназначенный для присоединения открытых проводящих частей к глухозаземлённой нейтрали источника питания.
- **Нулевой рабочий (нейтральный) проводник (N)** — проводник в электроустановках до 1 кВ, предназначенный для питания электроприёмников и соединённый с глухозаземлённой нейтралью генератора или трансформатора в сетях трёхфазного тока, с глухозаземлённым выводом источника однофазного тока, с глухозаземлённой точкой источника в сетях постоянного тока.
- **Совмещённые нулевой защитный и нулевой рабочий (PEN) проводники** — проводники в электроустановках напряжением до 1 кВ, совмещающие функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников.
- **Главная заземляющая шина** — шина, являющаяся частью заземляющего устройства электроустановки до 1 кВ и предназначенная для присоединения нескольких проводников с целью заземления и уравнивания потенциалов.
- **Проводящая часть** — часть, которая может проводить электрический ток.

- **Токоведущая часть** — проводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе её работы под рабочим напряжением, в том числе нулевой рабочий проводник (но не PEN-проводник).
- **Открытая проводящая часть** — доступная прикосновению проводящая часть электроустановки, нормально не находящаяся под напряжением, но которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции.
- **Сторонняя проводящая часть** — проводящая часть, не являющаяся частью электроустановки.
- **Зона нулевого потенциала (относительная земля)** — часть земли, находящаяся вне зоны влияния какого-либо заземлителя, электрический потенциал которой принимается равным нулю.
- **Защитное заземление** — заземление, выполняемое в целях электробезопасности.
- **Рабочее (функциональное) заземление** — заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности).
- **Защитное зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ** — преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземлённой нейтралью генератора или трансформатора в сетях трёхфазного тока, с глухозаземлённым выводом источника однофазного тока, с заземлённой точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.
- **Уравнивание потенциалов** — электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов.
- **Защитное уравнивание потенциалов** — уравнивание потенциалов, выполняемое в целях электробезопасности.
- **Выравнивание потенциалов** — снижение разности потенциалов (шагового напряжения) на поверхности земли или пола при помощи защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединённых к заземляющему устройству, или путём применения специальных покрытий земли.
- **Зона растекания (локальная земля)** — зона земли между заземлителем и зоной нулевого потенциала.
- **Замыкание на землю** — случайный электрический контакт между токоведущими частями, находящимися под напряжением, и землёй.
- **Прямое прикосновение** — электрический контакт людей или животных с токоведущими частями, находящимися под напряжением.
- **Косвенное прикосновение** — электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции.
- **Защита от прямого прикосновения** — защита для предотвращения прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением.
- **Защита при косвенном прикосновении** — защита от поражения электрическим током при прикосновении к открытым проводящим частям, оказавшимся под напряжением при повреждении изоляции.
- **Защитное автоматическое отключение питания** — автоматическое размыкание цепи одного или нескольких фазных проводников (и, если требуется, нулевого рабочего проводника), выполняемое в целях электробезопасности.
- **Разделительный трансформатор** — трансформатор, первичная обмотка которого отделена от вторичных обмоток при помощи защитного электрического разделения цепей.
- **Безопасный разделительный трансформатор** — разделительный трансформатор, предназначенный для питания цепей сверхнизким напряжением.
- **Защитный экран** — проводящий экран, предназначенный для отделения электрической цепи и/или проводников от токоведущих частей других цепей.
- **Защитное электрическое разделение цепей** — отделение одной электрической цепи от других цепей в электроустановках напряжением до 1 кВ с помощью:
  - двойной изоляции;
  - основной изоляции и защитного экрана;
  - усиленной изоляции.
- **Основная изоляция** — изоляция токоведущих частей, обеспечивающая в том числе защиту от прямого прикосновения.
- **Дополнительная изоляция** — независимая изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, выполняемая дополнительно к основной изоляции для защиты при косвенном прикосновении.
- **Двойная изоляция** — изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, состоящая из основной и дополнительной изоляций.

- **Усиленная изоляция** — изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, обеспечивающая степень защиты от поражения электрическим током, равноценную двойной изоляции.
- **Непроводящие (изолирующие) помещения, зоны, площадки** — помещения, зоны, площадки, в которых (на которых) защита при косвенном прикосновении обеспечивается высоким сопротивлением пола и стен и в которых отсутствуют заземлённые проводящие части.
- **Коэффициент замыкания на землю в трёхфазной электрической сети** — отношение разности потенциалов между неповреждённой фазой и землёй в точке замыкания на землю другой или двух других фаз к разности потенциалов между фазой и землёй в этой точке до замыкания.
- **Напряжение на заземляющем устройстве** — напряжение, возникающее при стекании тока с заземлителя в землю между точкой ввода тока в заземлитель и зоной нулевого потенциала.
- **Напряжение прикосновения** — напряжение между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землёй при одновременном прикосновении к ним человека или животного.
- **Ожидаемое напряжение прикосновения** — напряжение между одновременно доступными прикосновению проводящими частями, когда человек или животное их не касается.
- **Напряжение шага** — напряжение между двумя точками на поверхности земли, на расстоянии 1 м одна от другой, которое принимается равным длине шага человека.
- **Сверхнизкое (малое) напряжение (СНН)** — напряжение, не превышающее 50 В переменного и 120 В постоянного тока.
- **Сопротивление заземляющего устройства** — отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю.
- **Эквивалентное удельное сопротивление земли с неоднородной структурой** — удельное электрическое сопротивление земли с однородной структурой, в которой сопротивление заземляющего устройства имеет то же значение, что и в земле с неоднородной структурой.

Термин «земля», используемый в статье, следует понимать как земля в зоне растекания.

Термин «удельное сопротивление», используемый в статье для земли с неоднородной структурой, следует понимать как эквивалентное удельное сопротивление.

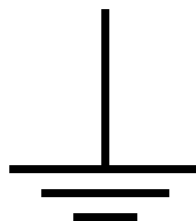
Термин «повреждение изоляции» следует понимать как единственное повреждение изоляции.

Термин «автоматическое отключение питания» следует понимать как защитное автоматическое отключение питания.

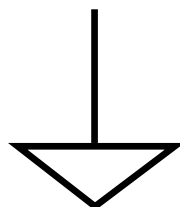
Термин «уравнивание потенциалов», используемый в статье, следует понимать как защитное уравнивание потенциалов.

## 2. Обозначения

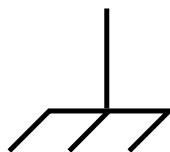
Обозначения



Заземление



Заземление микросхем (сигнальных) схем



Заземление на «корпус»

- Проводники защитного заземления во всех электроустановках, а также нулевые защитные проводники в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземлённой нейтралью, в том числе шины, должны иметь буквенное обозначение «PE» (англ. *Protective Earthing*) и цветовое обозначение чередующимися продольными или поперечными полосами одинаковой ширины (для шин от 15 до 100 мм) жёлтого и зелёного цветов.

- Нулевые рабочие (нейтральные) проводники обозначаются буквой «N» и голубым цветом.
- Совмещённые нулевые защитные и нулевые рабочие проводники должны иметь буквенное обозначение «PEN» и цветовое обозначение: голубой цвет по всей длине и жёлто-зелёные полосы на концах.<sup>[1]</sup>

### 3. Устройство заземления

В России требования к заземлению и его устройство регламентируются **Правилами устройства электроустановок (ПУЭ)**. Заземление в электротехнике подразделяют на естественное и искусственное.

#### 3.1. Естественное заземление



Заземлитель (металлический стержень) с присоединённым заземляющим проводником

К естественному заземлению принято относить те конструкции, строение которых предусматривает постоянное нахождение в земле. Однако, поскольку их сопротивление ничем не регулируется и к значению их сопротивления не предъявляется никаких требований, конструкции естественного заземления нельзя использовать в качестве заземления электроустановки. К естественным заземлителям относят, например, трубы.

#### 3.2. Искусственное заземление

Искусственное заземление — это преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки электрической сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

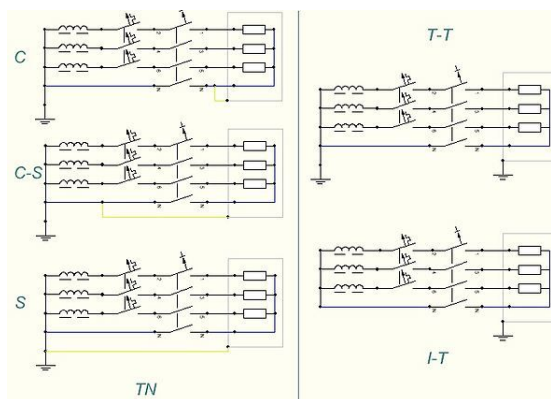
Заземляющее устройство (ЗУ) состоит из заземлителя (проводящей части или совокупности соединённых между собой проводящих частей, находящихся

в электрическом контакте с землёй непосредственно или через промежуточную проводящую среду) и заземляющего проводника, соединяющего заземляемую часть (точку) с заземлителем. Заземлитель может быть простым металлическим стержнем (чаще всего **стальным**, реже **медным**) или сложным комплексом элементов специальной формы.

Качество заземления определяется значением сопротивления заземления / сопротивления растеканию тока (чем ниже, тем лучше), которое можно снизить, увеличивая площадь заземляющих электродов и уменьшая удельное электрическое сопротивление грунта: увеличивая количество заземляющих электродов и / или их глубину; повышая концентрацию солей в грунте, нагревая его и т. д.

Электрическое сопротивление заземляющего устройства различно для разных условий и определяется / нормируется требованиями ПУЭ и соответствующих стандартов.

##### 3.2.1. Разновидности систем искусственного заземления



Некоторые типы систем заземления электрических сетей

Электроустановки в отношении мер электробезопасности разделяются на:

- электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с глухозаземлённой или эффективно заземлённой нейтралью;
- электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной или заземлённой через дугогасящий реактор или резистор нейтралью;
- электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземлённой нейтралью;
- электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью.

В зависимости от технических особенностей электроустановки и снабжающих электросетей, её эксплуатация может требовать различных систем заземления.

Как правило, перед проектированием электроустановки, сбытовая организация выдаёт перечень технических условий, в которых оговаривается используемая система заземления.

Классификация типов систем заземления приводится в качестве основной из характеристик питающей электрической сети. ГОСТ Р 50571.2-94 «Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики» регламентирует следующие системы заземления: *TN-C*, *TN-S*, *TN-C-S*, *TT*, *IT*.

Для электроустановок напряжением до 1 кВ приняты следующие обозначения:

- система *TN* — система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземлённой нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников;
- система *TN-C* — система *TN*, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всём её протяжении;
- система *TN-S* — система *TN*, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всём её протяжении;
- система *TN-C-S* — система *TN*, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то её части, начиная от источника питания;
- система *IT* — система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части электроустановки заземлены;
- система *TT* — система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземлённой нейтрали источника.

**Первая буква — состояние нейтрали источника питания относительно земли**

- *T* — заземлённая нейтраль (лат. *terra*);
- *I* — изолированная нейтраль (англ. *isolation*).

**Вторая буква — состояние открытых проводящих частей относительно земли**

- *T* — открытые проводящие части заземлены, независимо от отношения к земле нейтрали источника питания или какой-либо точки питающей сети;
- *N* — открытые проводящие части присоединены к глухозаземлённой нейтрали источника питания.

**Последующие (после N) буквы — совмещение в одном проводнике или разделение функций нулевого рабочего и нулевого защитного проводников**

- *S* — нулевой рабочий (*N*) и нулевой защитный (*PE*) проводники разделены (англ. *separated*);
- *C* — функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике (*PEN*-проводник) (англ. *combined*);
- *N* — нулевой рабочий (нейтральный) проводник; (англ. *neutral*)
- *PE* — защитный проводник (заземляющий проводник, нулевой защитный проводник, защитный проводник системы уравнивания потенциалов) (англ. *Protective Earth*);
- *PEN* — совмещённый нулевой защитный и нулевой рабочий проводники (англ. *Protective Earth and Neutral*).

**Системы с глухозаземлённой нейтралью (*TN*-системы)** Системы с глухозаземлённой нейтралью принято называть *TN*-системами, так как данная аббревиатура происходит от фр. *Terre-Neutral*, что означает «земля-нейтраль».

- Системы с глухозаземлённой нейтралью (*TN*-системы)
  - Принципиальная схема системы *TN-C*
  - Принципиальная схема системы *TN-S*
  - Принципиальная схема системы *TN-C-S*
  - Разделение нулей в *TN-S* и *TN-C-S*

**Система *TN-C*** Система *TN-C* (фр. *Terre-Neutre-Combiné*) предложена немецким концерном *AEG* в 1913 году. Рабочий ноль и *PE*-проводник (англ. *Protection Earth*) в этой системе совмещены в один провод. Самым большим недостатком была возможность появления линейного напряжения на корпусах электроустановок при аварийном обрыве нуля. Несмотря на это, данная система всё ещё встречается в постройках стран бывшего СССР. Из современных электроустановок, такая система встречается только в уличном освещении из соображений экономии и пониженного риска.



**Система *TN-S*** Система *TN-S* (фр. *Terre-Neutre-Séparé*) была разработана на замену условно опасной системы *TN-C* в 1930-х годах. Рабочий и защитный ноль разделялись прямо на подстанции, а заземлитель представлял собой довольно сложную конструкцию **металлической** арматуры. Таким образом, при обрыве рабочего нуля в середине линии, корпуса электроустановок не получали линейного напряжения. Позже такая система заземления позволила разработать дифференциальные автоматы и **срабатывающие на утечку тока автоматы**, способные почувствовать незначительный ток. Их работа основывается на **законах Кирхгофа**, согласно которым текущий по рабочему нулю ток должен быть численно равным геометрической сумме токов в фазах.

**Система *TN-C-S*** В системе *TN-C-S* трансформаторная подстанция имеет непосредственную связь токопроводящих частей с землёй и наглухо заземлённую нейтраль. Для обеспечения связи на участке трансформаторная подстанция — ввод в здание применяется совмещённый нулевой рабочий (N) и защитный проводник (PE) принимающий обозначение PEN. При вводе в здание он (PEN) разделяется на отдельный нулевой (N) и защитный проводник (PE).

- Также можно наблюдать систему *TN-C-S*, где разделение нулей происходит в середине линии, однако, в случае обрыва нулевого провода до точки разделения, корпуса окажутся под линейным напряжением, что будет представлять угрозу для жизни при касании.
- Достоинства: более простое устройство молниезащиты (невозможно появление пика напряжения между *PE* и *N*), возможность защиты от КЗ фазы на корпус прибора с помощью обыкновенных «автоматов».
- Недостатки: крайне слабая защищённость от «отгорания нуля», то есть разрушения *PEN* по пути от КТП к точке разделения. В этом случае на шине *PE* со стороны потребителя появляется фазное напряжение, которое не может быть отключено никакой автоматикой (*PE* не подлежит отключению). Если внутри здания защитой от этого служит СУП (под напряжением оказывается всё металлическое, и нет риска поражения током при прикосновении к 2 разным предметам), то на открытом воздухе никакой защиты от этого не существует вовсе.

В соответствии с ПУЭ является основной и рекомендуемой системой, но при этом ПУЭ требуют соблюдения ряда мер по недопущению разрушения *PEN* — механической защиты *PEN*, а также повторных заземлений *PEN* воздушной линии по столбам через какое-то расстояние (не более 200 метров для районов с

числом грозových часов в году до 40, 100 метров для районов с числом грозových часов в году более 40).

В случае, когда эти меры соблюдения невозможно, ПУЭ рекомендуют *TT*. Также *TT* рекомендуется для всех установок под открытым небом (сарай, веранды и т. д.)

В городских зданиях шиной *PEN* обычно является толстая металлическая рама, вертикально идущая через всё здание. Её практически невозможно разрушить, потому в городских зданиях применяется *TN-C-S*.

В сельской же местности в России на практике существует огромное количество воздушных линий без механической защиты *PEN* и повторных заземлений. Потому в сельской местности более популярна система *TT*.

В позднесоветской городской застройке как правило применялась *TN-C-S* с точкой деления на основе электрощита (*PEN*) рядом со счётчиком, при этом *PE* проводилась только для электроплиты.

В современной российской застройке применяется и «пятипроводка» с точкой деления в подвале, в стояках проходят уже независимые *N* и *PE*.

### Система *TT*

- Принципиальная схема системы *TT*

В системе *TT* трансформаторная подстанция имеет непосредственную связь токоведущих частей с землёй. Все открытые проводящие части электроустановки здания имеют непосредственную связь с землёй через заземлитель, электрически независимый от заземлителя нейтрали трансформаторной подстанции.

- Достоинства: высокая устойчивость к разрушению *N* по пути от ТП к потребителю. Это разрушение никак не влияет на *PE*.
- Недостатки: требования более сложной молниезащиты (возможность появления пика между *N* и *PE*), а также невозможность для обычного автоматического выключателя отследить КЗ фазы на корпус прибора (и далее на *PE*). Это происходит из-за довольно заметного (30-40 Ом) сопротивления местного заземления.

В силу вышеперечисленного ПУЭ рекомендуют *TT* только как «дополнительную» систему (при условии, что подводящая линия не удовлетворяет требованиям *TN-C-S* по повторному заземлению и механической защите *PEN*), а также в установках на открытом воздухе, где есть риск одновременного соприкосновения с установкой и с физической землёй (или же физически заземлёнными металлическими элементами).

Тем не менее, ввиду низкого качества большинства воздушных линий в сельской местности России, система *TT* там крайне популярна.

*TT* требует обязательного применения **УЗО**. Обычно устанавливают вводное УЗО уставкой 300—100 мА, которое отслеживает КЗ между фазой и *РЕ*, а за ним — персональные УЗО для конкретных цепей на 30–10 мА для защиты людей от поражения током.

Молниезащитные устройства, такие, как *ABB OVR*, различаются по конструкции для систем *TN-C-S* и *TT*, в последних установлен газовый разрядник между *N* и *РЕ* и варисторы между *N* и фазами.

### Системы с изолированной нейтралью

#### Система IT

- Системы с изолированной нейтралью
- Принципиальная схема системы IT

В системе *IT* нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части заземлены. Ток утечки на корпус или на землю в такой системе будет низким и не повлияет на условия работы присоединённого оборудования.

Система *IT* применяется, как правило, в электроустановках зданий и сооружений специального назначения, к которым предъявляются повышенные требования надёжности и безопасности, например в больницах для аварийного электроснабжения и освещения.

## 4. Защитная функция заземления

### 4.1. Принцип защитного заземления

Защитное действие заземления основано на двух принципах:

- Уменьшение до безопасного значения разности потенциалов между заземляемым проводящим предметом и другими проводящими предметами, имеющими естественное заземление.
- Отвод тока утечки при контакте заземляемого проводящего предмета с фазным проводом. В правильно спроектированной системе появление тока утечки приводит к немедленному срабатыванию защитных устройств (устройств защитного отключения — **УЗО**).



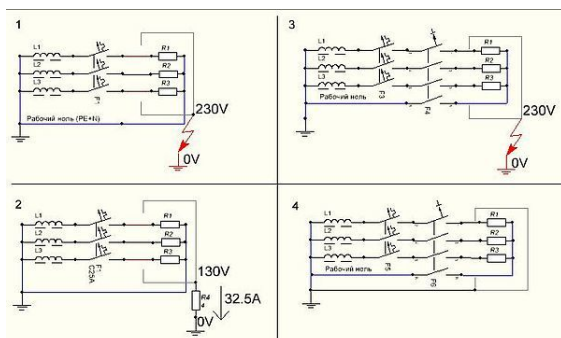
*правильная организация заземления: PEN-проводник заземлён как в месте ответвления, так и в узле учёта*

- В системах с глухозаземлённой нейтралью — инициирование срабатывания предохранителя при попадании фазного потенциала на заземлённую поверхность.

Таким образом, заземление наиболее эффективно только в комплексе с использованием устройств защитного отключения. В этом случае при большинстве нарушений изоляции потенциал на заземлённых предметах не превысит безопасных величин. Более того, неисправный участок сети будет отключён в течение очень короткого времени (десятые...сотые доли секунды — время срабатывания УЗО).

### 4.2. Работа заземления при неисправностях электрооборудования

Типичный случай неисправности электрооборудования — попадание фазного напряжения на металлический корпус прибора вследствие нарушения изоляции<sup>[2]</sup>. (Следует отметить, что современные электроприборы, имеющие импульсный источник вторичного электропитания, и снабжённые трёхполюсной вилкой, — такие как системный блок ПЭВМ, — при отсутствии заземления имеют опасный потенциал на корпусе, даже когда они полностью исправны.<sup>[3]</sup>) В зависимости от того, какие защитные мероприятия реализованы, возможны следующие варианты:



Описанные варианты

### Корпус не заземлён, УЗО отсутствует (наиболее опасный вариант).

- Корпус прибора будет находиться под фазным потенциалом и это *никак не будет обнаружено*. Прикосновение к такому неисправному прибору может быть смертельно опасным.

### Корпус заземлён, УЗО отсутствует.

- Если ток утечки по цепи *фаза-корпус-заземлитель* достаточно велик (превышает порог срабатывания **предохранителя**, защищающего эту цепь), то предохранитель сработает и отключит цепь. Наибольшее действующее напряжение (относительно земли) на заземлённом корпусе составит  $U_{max} = R_G \cdot I_F$ , где  $R_G$  — сопротивление заземлителя,  $I_F$  — ток, при котором срабатывает предохранитель, защищающий эту цепь. Данный вариант недостаточно безопасен, так как при высоком сопротивлении заземлителя и больших номиналах предохранителей потенциал на заземлённом проводнике может достигать довольно значительных величин. Например, при сопротивлении заземлителя 4 Ом и предохранителе номиналом 25 А потенциал может достигать 100 вольт.

### Корпус не заземлён, УЗО установлено.

- Корпус прибора будет находиться под фазным потенциалом и это не будет обнаружено до тех пор, пока не возникнет путь для прохождения тока утечки. В худшем случае утечка произойдёт через тело человека, коснувшегося одновременно неисправного прибора и предмета, имеющего естественное заземление. УЗО отключает участок сети с неисправностью, как только возникла утечка. Человек получит лишь кратковременный удар током (0,01...0,3 с — время срабатывания УЗО), как правило, не причиняющий вреда здоровью.

### Корпус заземлён, УЗО установлено.

- Это наиболее безопасный вариант, поскольку два защитных мероприятия взаимно дополняют друг друга. При попадании фазного напряжения на заземлённый проводник ток течёт с фазного проводника через нарушение изоляции в заземляющий проводник и далее в землю. УЗО немедленно обнаруживает эту утечку, даже если та весьма незначительна (обычно порог чувствительности УЗО составляет 10 мА или 30 мА), и быстро (0,01...0,3 с) отключает участок сети с неисправностью. Помимо этого, если ток утечки достаточно велик (превышает порог срабатывания предохранителя, защищающего эту цепь), то может также сработать и предохранитель. Какое именно защитное устройство (УЗО или предохранитель) отключит цепь — зависит от их быстродействия и тока утечки. Возможно также срабатывание обоих устройств. Важно также, что только в этом случае, отказ какого-либо одного из двух защитных устройств не приведёт к полной неработоспособности системы защиты.

## 5. Ошибки в устройстве заземления

- Примеры ошибок в устройстве заземления
- Пример неправильного монтажа: соединение рабочего нуля и РЕ-проводника на правой верхней клеммной колодке.
- Токонепроводящая пластиковая вставка (R4) препятствует протеканию электротока.
- Ложное срабатывание УЗО (F4) при объединении нулей за точкой разделения.
- Почему крайне опасно создавать РЕ-проводник прямо в штепселе(вилке)

### 5.1. Неправильные РЕ-проводники

Иногда в качестве заземлителя используют водопроводные трубы или трубы отопления, однако их нельзя использовать в качестве заземляющего проводника<sup>[4]</sup>. В водопроводе могут быть непроводящие вставки (например, пластиковые трубы), электрический контакт между трубами может быть нарушен из-за **коррозии**, и, наконец, часть трубопровода может быть разобрана для ремонта. Также существует опасность поражения электрическим током при соприкосновении с токопроводящими частями сантехники.



## 5.2. «Чистая земля»

Популярным является поверье о том, что компьютерные и телефонные установки требуют заземления, отдельного от общего заземления всего здания.

Это совершенно неверно, ибо ЗУ имеет ненулевое сопротивление, и, в случае КЗ (и даже небольшой, не обнаруживаемой автоматикой утечки) фаза-РЕ на одном из устройств, по ЗУ начинает течь ток и его потенциал растёт из-за сопротивления ЗУ. В случае наличия 2 и более независимых ЗУ это приведёт к появлению разности потенциалов между РЕ различных электроустановок, что может создать риск поражения людей током, а также заблокировать (или даже разрушить) интерфейсные устройства (Ethernet и другие), которые соединяют 2 части системы, заземлённые от независимых ЗУ.

Правильным решением является организация системы уравнивания потенциалов.

Всё сказанное выше относится и к кустарным заземлениям вида «закопаем в огороде ведро и заземлим на него один прибор», которые иногда устраиваются в сельской местности.

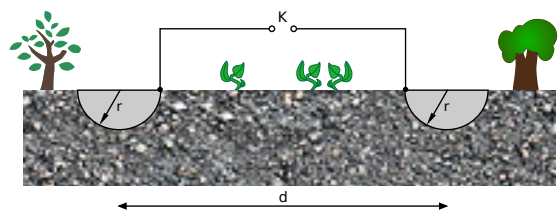
## 5.3. Протекание рабочего тока линии через местное ЗУ

### 5.3.1. Понимание устройства заземляющей установки

Ввиду ошибочного представления о принципе работы местного ЗУ в системе ТТ, нередко можно встретить мнение о том, что в случае обрыва N-проводника (*Neutral* - нулевой проводник) на снабжающей линии, рабочий ток проводника с нулевым потенциалом может потечь через заземляющие устройства потребителей, находящихся после места обрыва N-проводника. Самым распространённым способом «устранения данной опасности» данного заблуждения является создание аварийных режимов работы путём установки двухполюсного автомата защиты в качестве вводного рубильника.

### 5.3.2. Пояснение причины распространённой ошибки

Поскольку сопротивление контура заземления местного ЗУ берётся для расчёта параметров электроустановки потребителя (для уменьшения вероятности создания опасного шагового напряжения на территории потребителя обычно требуется минимально возможное численное значение), то во внимание не берётся сопротивление почвы между питающим потребителей трансформатором и местным ЗУ потребителя — результат сопротивления местного ЗУ отдель-



*Страх протекания больших токов через ЗУ потребителя был бы обоснован только в том случае, если почва между ЗУ потребителя и ЗУ трансформаторной подстанции была бы выполнена из металлов с низким сопротивлением. Поскольку на практике заземления зданий соединяются с заземлением трансформатора только основным PEN-проводником, то в случае его обрыва сопротивление резко увеличится из-за отсутствия параллельных PEN-проводнику проводников, тем самым исключив возможность протекания больших токов через местное заземляющее устройство.*

ного потребителя берётся только для отдельно взятого потребителя, а не всей электросети целиком. Иными словами: поскольку открытые металлические части отдельно взятого потребителя не соединены напрямую с трансформатором (а только через главную шину заземления), то в случае обрыва N-проводника между ЗУ потребителя и ЗУ трансформаторной подстанции образовывается огромное электрическое сопротивление через почву между ними, которое по закону Ома не позволяет протекать большим токам через ЗУ отдельно взятого потребителя.

## 5.4. Объединение рабочего нуля и РЕ-проводника

Другим часто встречающимся нарушением является объединение рабочего нуля и РЕ-проводника за точкой их разделения (если она есть) по ходу распределения энергии.<sup>[5]</sup> Такое нарушение может привести к появлению довольно значительных токов по РЕ-проводнику (который не должен быть токонесящим в нормальном состоянии), а также к ложным срабатываниям устройства защитного отключения (если оно установлено).

## 5.5. Неправильное разделение PEN-проводника

Крайне опасным является следующий способ «создания» РЕ-проводника: прямо в розетке определяется рабочий нулевой проводник и ставится перемычка между ним и РЕ-контактом розетки. Таким образом, РЕ-проводник нагрузки, подключённой к этой розетке, оказывается соединённым с рабочим нулём.

Опасность данной схемы в том, что на заземляющем контакте розетки, а следовательно, и на корпусе

подключённого прибора появится фазный потенциал, при выполнении любого из следующих условий:

- Разрыв (рассоединение, перегорание и т. д.) нулевого проводника на участке между розеткой и щитом (а также далее, вплоть до точки заземления PEN-проводника);
- Перестановка местами фазного и нулевого (фазный вместо нулевого и наоборот) проводников, идущих к этой розетке.

## 6. Система уравнивания потенциалов

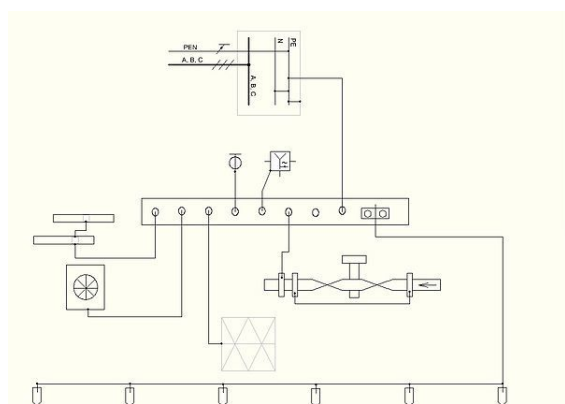


Схема системы уравнивания потенциалов в системе TN-C-S

Так как ЗУ имеет сопротивление, и в случае протекания через него тока оказывается под напряжением, его одного недостаточно для защиты людей от поражения током.

Правильная защита создается путём организации системы уравнивания потенциалов (СУП), то есть электрического соединения и PE проводки, и всех доступных для прикосновения металлических частей здания (в первую очередь водопроводы и отопительные трубопроводы).

В этом случае, даже если ЗУ окажется под напряжением, под ним же оказывается всё металлическое и доступное для прикосновения, что снижает риск поражения током.

В кирпичных домах советского периода, как правило, СУП не организовывалась, в панельных же (1970-е и позже) — организовывалась путём соединения в подвале дома и рамы электрощитков (PEN) и водопроводов.

## 7. См. также

- Зануление

- Молниезащита
- Выравнивающий ток
- Перекос фаз
- Устройство защитного отключения
- Предохранитель
- Правила устройства электроустановок (ПУЭ)
- Устройство заземления автоцистерн
- Разделительный трансформатор
- Статическое электричество
- Электробезопасность
- Электрическое поле
- Электростатическое поле
- Электростатическая защита
- Электростатический потенциал

## 8. Примечания

- [1] П. 1.1.29 ПУЭ.
- [2] При других типах неисправностей заземление менее эффективно, поэтому они здесь не рассматриваются
- [3] В схеме импульсного источника вторичного электропитания присутствуют входные проходные или обычные конденсаторы, включённые как между питающими проводниками, так и (в случае наличия металлического корпуса и трёхполюсной вилки) между каждым питающим проводником и корпусом прибора, в этом случае они представляют делитель напряжения, сообщающий корпусу потенциал, примерно равный половине напряжения питания. Этот потенциал обычно присутствует, даже когда прибор выключен имеющимися у него средствами. В наличии потенциала на корпусе можно убедиться с помощью неоновой пробника.
- [4] Пп. 1.7.122 и 1.7.123 ПУЭ.
- [5] П. 1.7.135 ПУЭ.

## 9. Литература

- Эндель Ристхейн. Введение в энерготехнику. Таллин.: Elektriajam, 2008. глава № 4.
- Правила устройства электроустановок (глава 1.7).

## 10. Ссылки

- Заземление. Что это такое и как его сделать, Хабрабр.
- Режимы заземления нейтрали в сетях 0,4 кв. Плюсы и минусы различных вариантов.

## 11. Источники текстов и изображения, авторы и лицензии

### 11.1. Текст

- **Заземление** *Источник:* <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5?oldid=67474056> *Авторы:* Robbot, Torin, Kaganer, Obersachse, Panther, Snch, Ace, YurikBot, SergV, Gruznov, Cheops, Vald, Mercury, MaxSem, Unomano, Doomych, Altes, Kaе, ManN, Thijs!bot, JAnDbot, Harddrink, Avjoska, Vaya, Rei-bot, VolkovBot, Важнов Алексей Геннадьевич, Idioma-bot, WarddrBOT, Askusnov, TXiKiBoT, Art-top, FearChild, BPK, SieBot, Vlsergey, Pernambucto, VVVBot, PipepBot, Jeka3000, Arozjankov, Musicien, Inc ru, Ufim, VlsergeyBot, Fractaler, Qkowlew, Alvikm, Dmitry G, Michaello, Chabrez, Leshuy89, Камень, Benqu, Chernovvv, GAndy, Z-Gleb, Nik15, A man without a country, WindBot, TacBot, Богданов Алексей, Shrekkk, Tucvbif, Трyvvikky, Mixabest, Hébus, Centurion198, OneLittleMouse, Byzantine, KrBot, MerllwBot, Sealle, Наумов Андрей, Karibekov Vladislav Y., Addbot, Sheek, Radiolov и Аноним: 104

### 11.2. Изображения

- **Файл:Ambox\_globe\_content.svg** *Источник:* [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/bd/Ambox\\_globe\\_content.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/bd/Ambox_globe_content.svg) *Лицензия:* Public domain *Авторы:* собственная работа, using File:Information icon3.svg and File:Earth clip art.svg *Художник:* penubag
- **Файл:Cases.JPG** *Источник:* <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/ru/d/df/Cases.JPG> *Лицензия:* CC BY-SA 3.0 *Авторы:* Draw by sPlan *Художник:* Dmitry G
- **Файл:Chassis\_Ground.svg** *Источник:* [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2d/Chassis\\_Ground.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2d/Chassis_Ground.svg) *Лицензия:* Public domain *Авторы:* Own work, Made in Inkscape 0.43 *Художник:* jjbeard
- **Файл:Commons-logo.svg** *Источник:* <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4a/Commons-logo.svg> *Лицензия:* Public domain *Авторы:* This version created by Pumbaa, using a proper partial circle and SVG geometry features. (Former versions used to be slightly warped.) *Художник:* SVG version was created by User:Grunt and cleaned up by 3247, based on the earlier PNG version, created by Reidab.
- **Файл:Earth\_Ground.svg** *Источник:* [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/91/Earth\\_Ground.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/91/Earth_Ground.svg) *Лицензия:* Public domain *Авторы:* собственная работа *Художник:* User:Jjbeard
- **Файл:Erdungswiderstand\_Zwei\_Halbkugeln.svg** *Источник:* [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a1/Erdungswiderstand\\_Zwei\\_Halbkugeln.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a1/Erdungswiderstand_Zwei_Halbkugeln.svg) *Лицензия:* CC BY 3.0 *Авторы:* собственная работа, use parts of the following icons: File:Broccoli-tree.svg, File:Greentree.svg and File:Gxermo2.svg *Художник:* wdwd
- **Файл:Ground\_Electicity.JPG** *Источник:* [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b0/Ground\\_Electicity.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b0/Ground_Electicity.JPG) *Лицензия:* Public domain *Авторы:* Своя работа *Художник:* Dmitry G
- **Файл:HomeEarthRodAustralia1.jpg** *Источник:* <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7d/HomeEarthRodAustralia1.jpg> *Лицензия:* CC-BY-SA-3.0 *Авторы:* ? *Художник:* ?
- **Файл:Nuvola\_apps\_important\_blue.svg** *Источник:* [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/26/Nuvola\\_apps\\_important\\_blue.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/26/Nuvola_apps_important_blue.svg) *Лицензия:* LGPL *Авторы:* ? *Художник:* ?
- **Файл:PEN\_earthing.JPG** *Источник:* [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/83/PEN\\_earthing.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/83/PEN_earthing.JPG) *Лицензия:* CC BY-SA 3.0 *Авторы:* собственная работа *Художник:* Dmitry G
- **Файл:Signal\_Ground.svg** *Источник:* [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/11/Signal\\_Ground.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/11/Signal_Ground.svg) *Лицензия:* Public domain *Авторы:* Own work, Made in Inkscape 0.43 *Художник:* jjbeard
- **Файл:Technical\_diagram\_of\_the\_main\_earthing\_busbar.JPG** *Источник:* [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b2/Technical\\_diagram\\_of\\_the\\_main\\_earthing\\_busbar.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b2/Technical_diagram_of_the_main_earthing_busbar.JPG) *Лицензия:* CC BY-SA 3.0 *Авторы:* собственная работа *Художник:* Dmitry G

### 11.3. Лицензия

- Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0