

Заземление электрооборудовани я

Источником питания промышленного предприятия в большинстве случаев является трехфазный силовой трансформатор понизительной подстанции. Схемы подключения его обмоток в электрическую сеть могут быть различными.

Заземление электрооборудования

- Нейтраль сети может быть:
 - - глухо заземлена;
 - - соединена с землей через активное или реактивное сопротивление (резонансно-заземленная нейтраль);
 - - изолирована от земли.
- Выбор способа заземления нейтрали определяется безопасностью обслуживания сети, надежностью электроснабжения и экономичностью. При повреждениях фазной изоляции способ заземления нейтрали оказывает большое влияние на ток замыкания на землю и определяет требования в отношении заземляющих устройств электроустановок и релейной защиты от замыканий на землю.

Системы заземления

- Все электроустановки в отношении электробезопасности подразделяются на:
- электроустановки выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью (с большими токами замыкания на землю) – сети 110 кВ и выше;
- электроустановки выше 1 кВ с эффективно изолированной нейтралью (с малыми токами замыкания на землю) – сети 6 – 35 кВ;
- электроустановки до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью (применяются в общепромышленных предприятиях и на

Системы заземления

- поверхности рудников и шахт);
- электроустановки до 1 кВ с изолированной нейтралью (применяются в подземных условиях).
- **Виды систем искусственного заземления до 1000 В.**
- Основным документом, регламентирующим использование различных систем заземления в России, является ПУЭ (пункт 1.7), разработанный в соответствии с принципами, классификацией и способами устройства заземляющих систем, утвержденных специальным протоколом Международной электротехнической комиссии (МЭК).

Системы заземления

- Сокращенные названия систем заземления принято обозначать сочетанием первых букв французских слов: «Terre» — земля, «Neuter» — нейтраль, «Isole» — изолировать, а также английских: «combined» и «separated» - комбинированный и отдельный.
- **T** — заземление.
- **N** — подключение к нейтрали.
- **I** — изолирование.
- **S** — объединение функций, соединение функционального и защитного нулевых проводов.

Системы заземления

- **S** — раздельное использование во всей сети функционального и защитного нулевых проводов.
- В приведенных ниже названиях систем искусственного заземления по первой букве можно судить о способе заземления источника электрической энергии (генератора или трансформатора), по второй – потребителя. Принято различать TN, TT и IT системы заземления. Первая из которых, в свою очередь, используется в трех различных вариантах: TN-C, TN-S, TN-C-S. Для понимания различий и способов устройства перечисленных систем заземления следует рассмотреть каждую из них более детально.

Системы заземления

- **1. Системы с глухозаземлённой нейтралью (системы заземления TN)**
- Это обозначение систем, в которых для подключения нулевых функциональных и защитных проводников используется общая глухозаземленная нейтраль генератора или понижающего трансформатора. При этом все корпусные электропроводящие детали и экраны потребителей следует подключить к общему нулевому проводнику, соединенному с данной нейтралью. В соответствии с ГОСТ Р50571.2-94 нулевые проводники различного типа также обозначают латинскими буквами

Системы заземления

- **N** — функциональный «ноль»;
- **PE** — защитный «ноль»;
- **PEN** — совмещение функционального и защитного нулевых проводников.
- Построенная с использованием глухозаземленной нейтрали, система заземления TN характеризуется подключением функционального «ноля» — проводника N (нейтрали) к контуру заземления, оборудованному рядом с трансформаторной подстанцией. Очевидно, что в данной системе заземление нейтрали посредством специального компенсаторного устройства — дугогасящего реактора не используется.

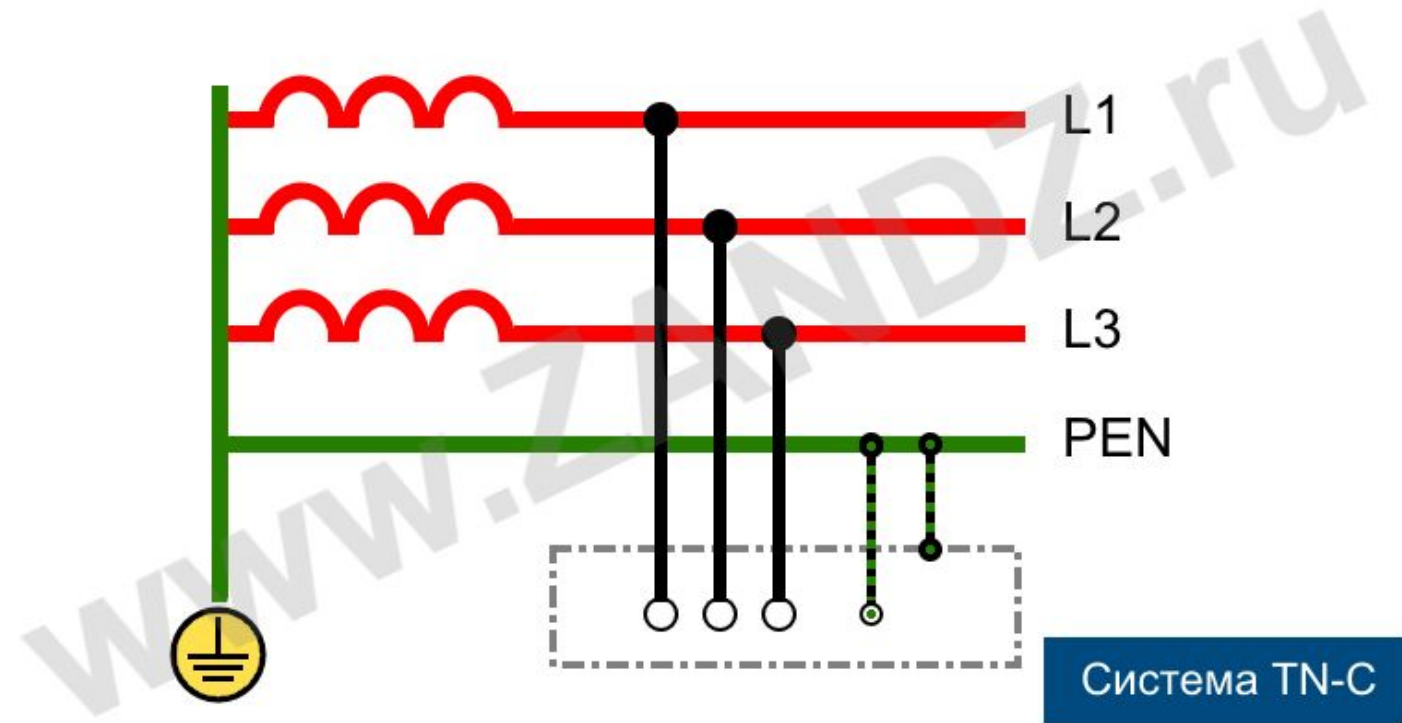
Системы заземления

- На практике применяются три подвида системы TN: TN-C, TN-S, TN-C-S, которые отличаются друг от друга различными способами подключения нулевых проводников «N» и «PE».
- Как следует из буквенного обозначения, для **системы TN-C** характерно объединение функционального и защитного нулевых проводников. Классической TN-C системой является традиционная четырехпроводная схема электроснабжения с тремя фазными и одним нулевым проводом. Основная шина заземления в данном случае – глухозаземленная нейтраль, с которой дополнительными нулевыми проводами необходимо соединить все открытые детали, корпуса и металлические части приборов, способные проводить электрический ток.

Системы заземления

- Данная система имеет несколько существенных недостатков, главный из которых – потеря защитных функций в случае обрыва или отгорания нулевого провода. При этом на неизолированных поверхностях корпусов приборов и оборудования появится опасное для жизни напряжение. Так как отдельный защитный заземляющий проводник РЕ в данной системе не используется, все подключенные розетки земли не имеют. Поэтому используемое электрооборудование придется занулять – соединять корпусные детали с нулевым проводом.

Система заземления TN-C



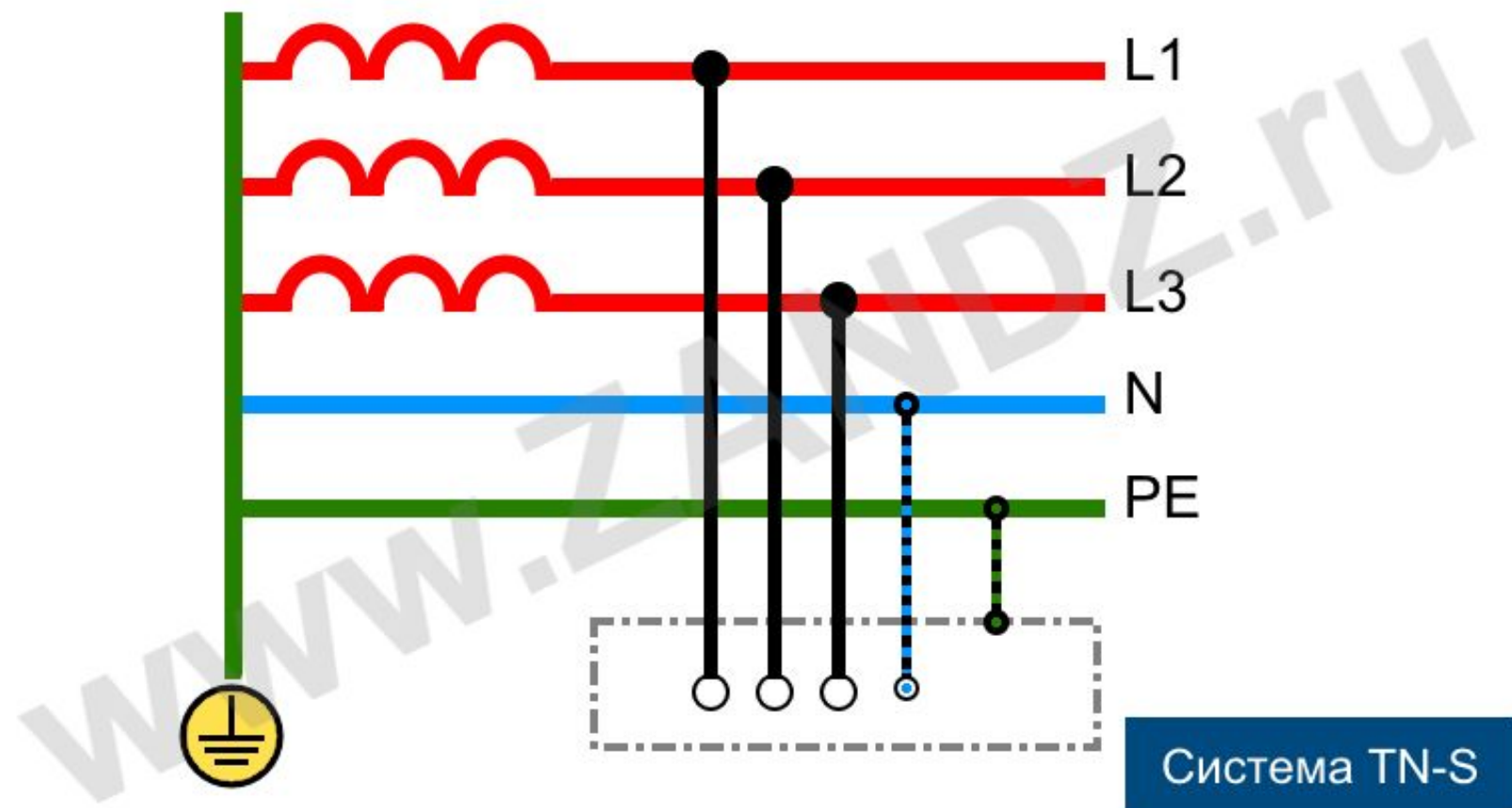
Системы заземления

- Если при таком подключении фазный провод коснется корпуса, из-за короткого замыкания сработает автоматический выключатель, и опасность поражения электрическим током людей или возгорания искрящего оборудования будет устранена быстрым аварийным отключением. Важным ограничением при вынужденном занулении бытовых приборов, о чем следует знать всем проживающим в помещениях, запитанных по системе TN-C, является запрет использования дополнительных контуров уравнивания потенциалов в особоопасных помещениях.
- В настоящее время данная система заземления сохранилась только в старых постройках, а также применяется в сетях уличного освещения, где степень риска минимальна.

Системы заземления

- Более прогрессивная и безопасная по сравнению с TN-C система с разделенными рабочим и защитным нолями TN-S была разработана и внедрена в 30-е годы прошлого века. При высоком уровне электробезопасности людей и оборудования это решение имеет один, но достаточно очень существенный недостаток — высокую стоимость. Так как разделение рабочего (N) и защитного (PE) ноля реализовано сразу на подстанции, подача трехфазного напряжения производится по пяти проводам, однофазного — по трем. Для подключения обоих нулевых проводников на стороне источника используется глухозаземленная нейтраль генератора или трансформатора.

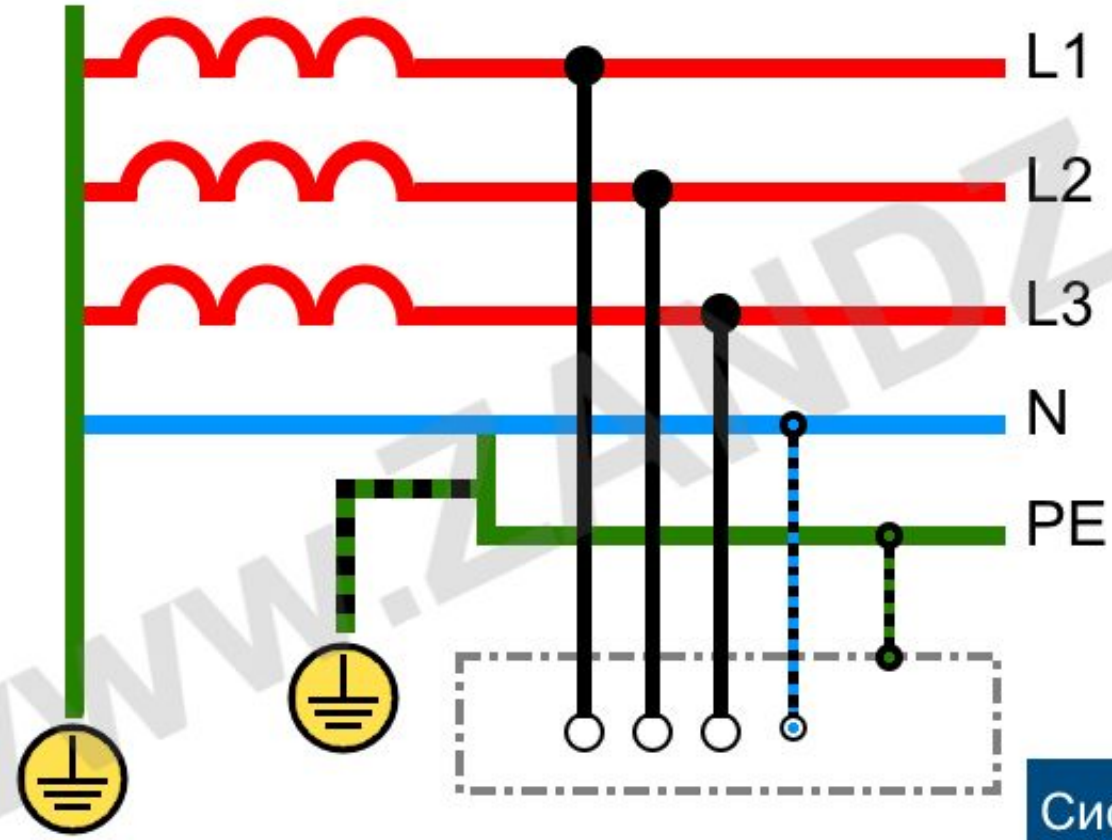
Система TN-S



Системы заземления

- С целью удешевления оптимальной по безопасности, но финансово емкой системы TN-S с разделенными нулевыми проводниками N и PE, было создано решение, позволяющее использовать ее преимущества с меньшим бюджетом, незначительно превышающим расходы на энергоснабжение по системе TN-C. Суть данного способа подключения состоит в том, что с подстанции осуществляется подача электричества с использованием комбинированного нуля «PEN», подключенного к глухозаземленной нейтрали. Который при входе в здание разветвляется на «PE» - ноль защитный, и еще один проводник, исполняющий на стороне потребителя функцию рабочего ноля «N».

Система TN-C-S



Система TN-C-S

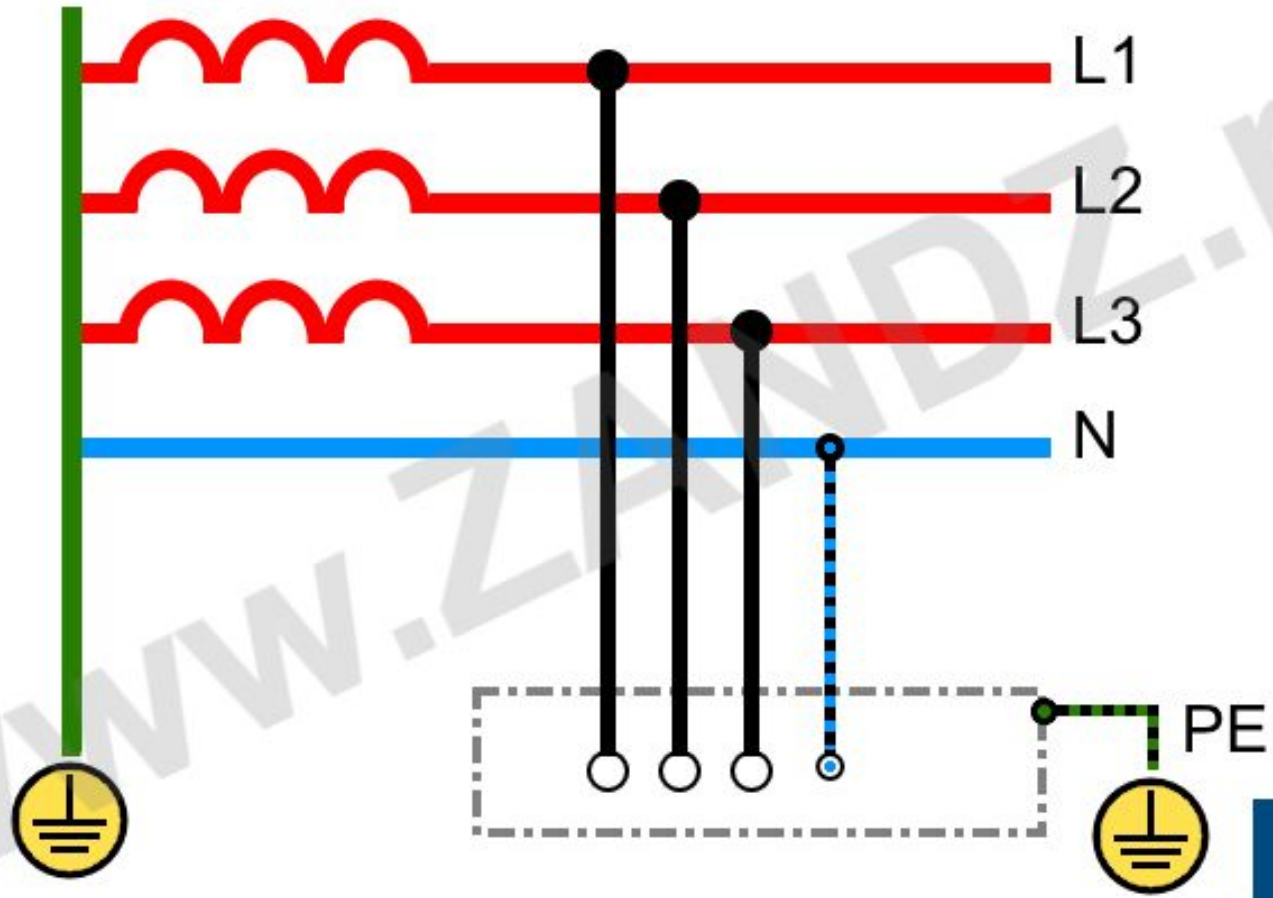
Системы заземления

- Данная система имеет существенный недостаток — в случае повреждения или отгорания провода PEN на участке подстанция — здание, на проводнике PE, а, следовательно, и всех связанных с ним корпусных деталях электроприборов, появится опасное напряжение. Поэтому при использовании системы TN-C-S, которая достаточно распространена, нормативные документы требуют обеспечения специальных мер защиты проводника PEN от повреждения.
- При подаче электроэнергии по воздушной линии в труднодоступной местности, в случае использования здесь небезопасной системы TN-C-S трудно обеспечить надлежащую защиту проводника комбинированной земли PEN.

Системы заземления

- Здесь все чаще используется **система ТТ**, которая предполагает «глухое» заземление нейтрали источника, и передачу трехфазного напряжения по четырем проводам. Четвертый является функциональным нулем «N». На стороне потребителя выполняется местный, как правило, модульно-штыревой заземлитель, к которому подключаются все проводники защитной земли РЕ, связанные с корпусными деталями.
- При таком способе устройства заземления обязательным условием является наличие приборов защитного отключения (УЗО), а также осуществление технических мер грозозащиты.

Система заземления ТТ

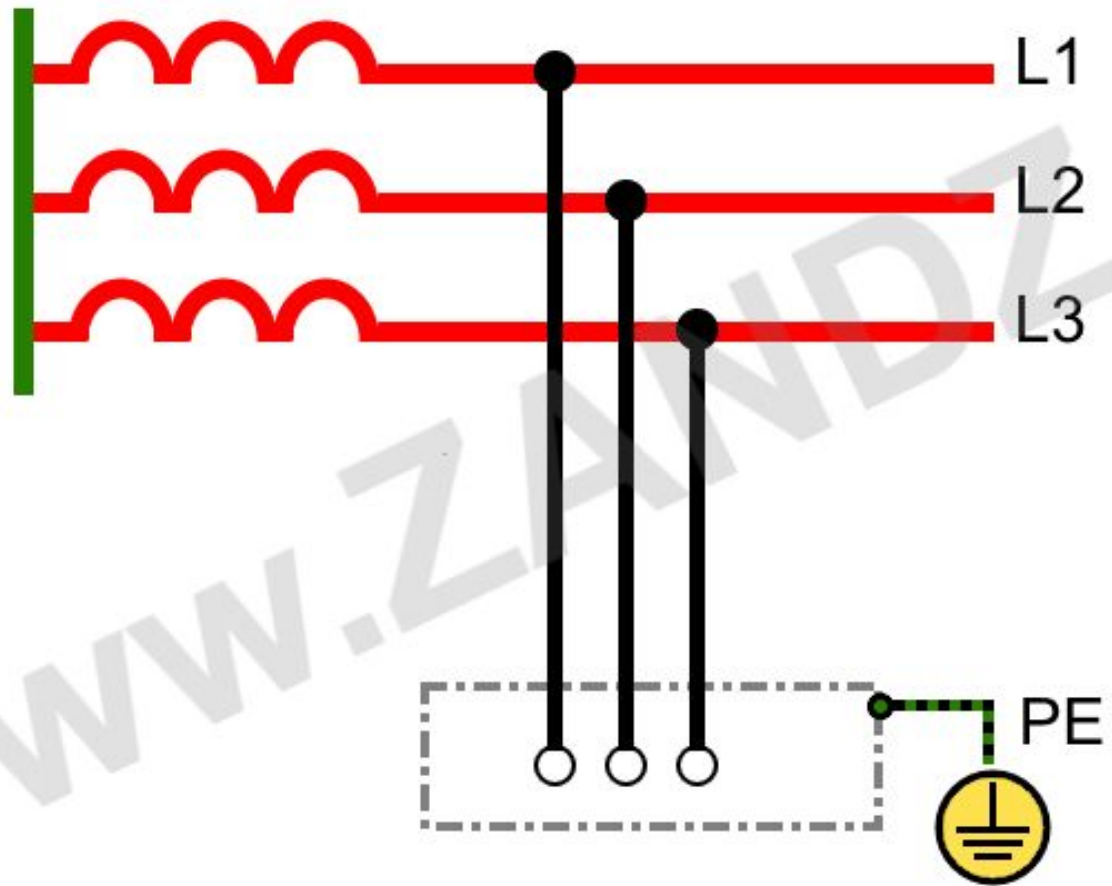


Система ТТ

Системы заземления

- **2. Системы с изолированной нейтралью**
- Во всех описанных выше системах нейтраль связана с землей, что делает их достаточно надежными, но не лишенными ряда существенных недостатков. Намного более совершенными и безопасными являются системы, в которых используется абсолютно не связанная с землей изолированная нейтраль, либо заземленная при помощи специальных приборов и устройств с большим сопротивлением. Например, как в системе IT. Такая система используется для питания подземных электроприемников, в лабораториях, медицинских учреждениях.

Система IT



Система IT

Системы заземления

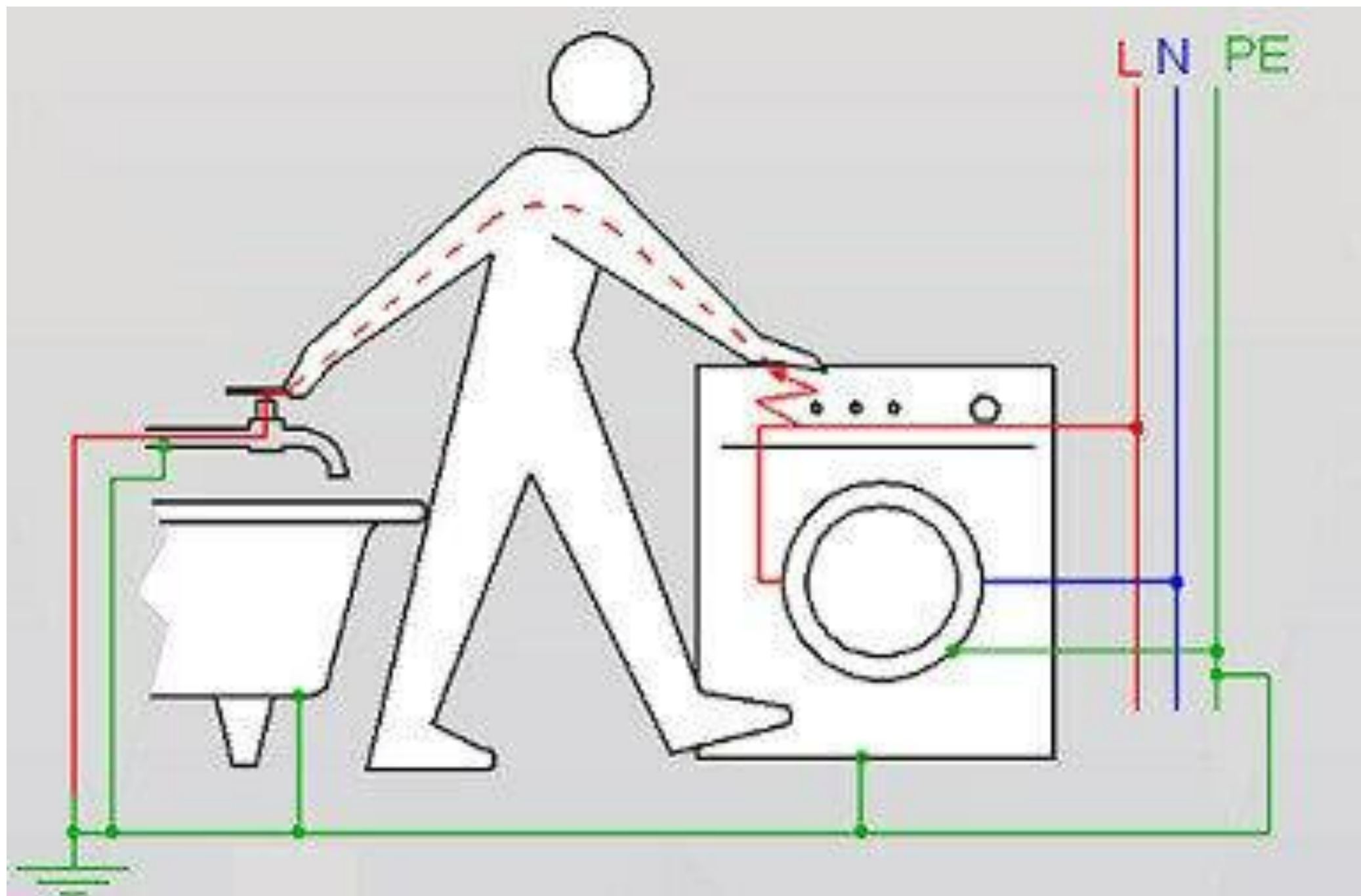
- Классическая система, основным признаком которой является изолированная нейтраль источника – «I», а также наличие на стороне потребителя контура защитного заземления – «T». Напряжение от источника к потребителю передается по минимально возможному количеству проводов, а все токопроводящие детали корпусов оборудования потребителя должны быть надежно подключены к заземлителю. Нулевой функциональный проводник N на участке источник – потребитель в архитектуре системы IT отсутствует.

Заземление электрооборудования

- **Заземление** — преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством. В электротехнике при помощи заземления добиваются защиты от опасного действия электрического тока путём снижения напряжения прикосновения до безопасного для человека и животных значения. Также заземление применяется для использования земли в качестве проводника тока (например, в проводной электросвязи). Производится с помощью **заземлителя**, обеспечивающего непосредственный контакт с землёй, и **заземляющего проводника**.

Заземление электрооборудования

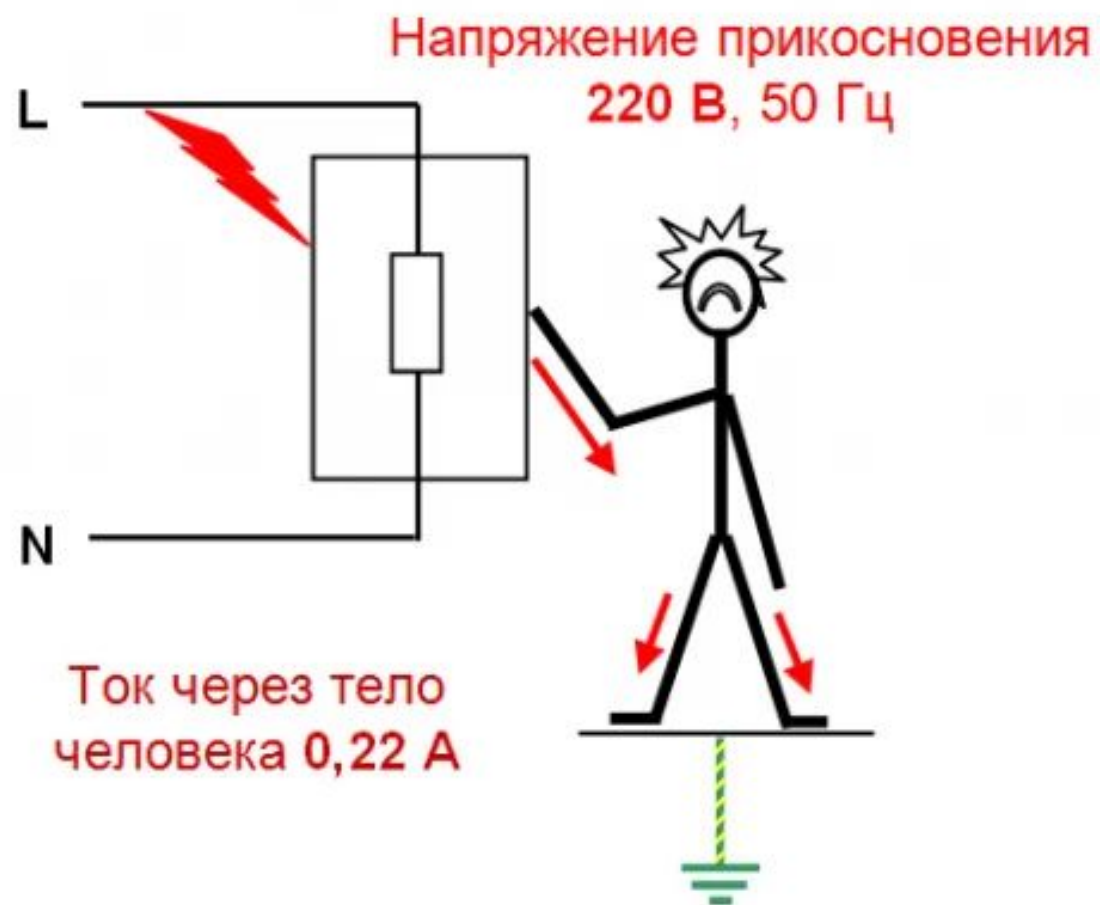
- В сетях с изолированной нейтралью заземление так и называется **заземлением**, в сетях с глухозаземленной нейтралью – **занулением**.
- **Функции заземления –**
- **1. защита** людей и животных от поражения электрическим током во время использования различных электроприборов и электрооборудования. Поэтому такое заземление так же называют «**защитное заземление**».
- **2. защита** оборудования и электроприборов от действия тока и снижения пожароопасности. Такое заземление так же называют «**рабочее заземление**».



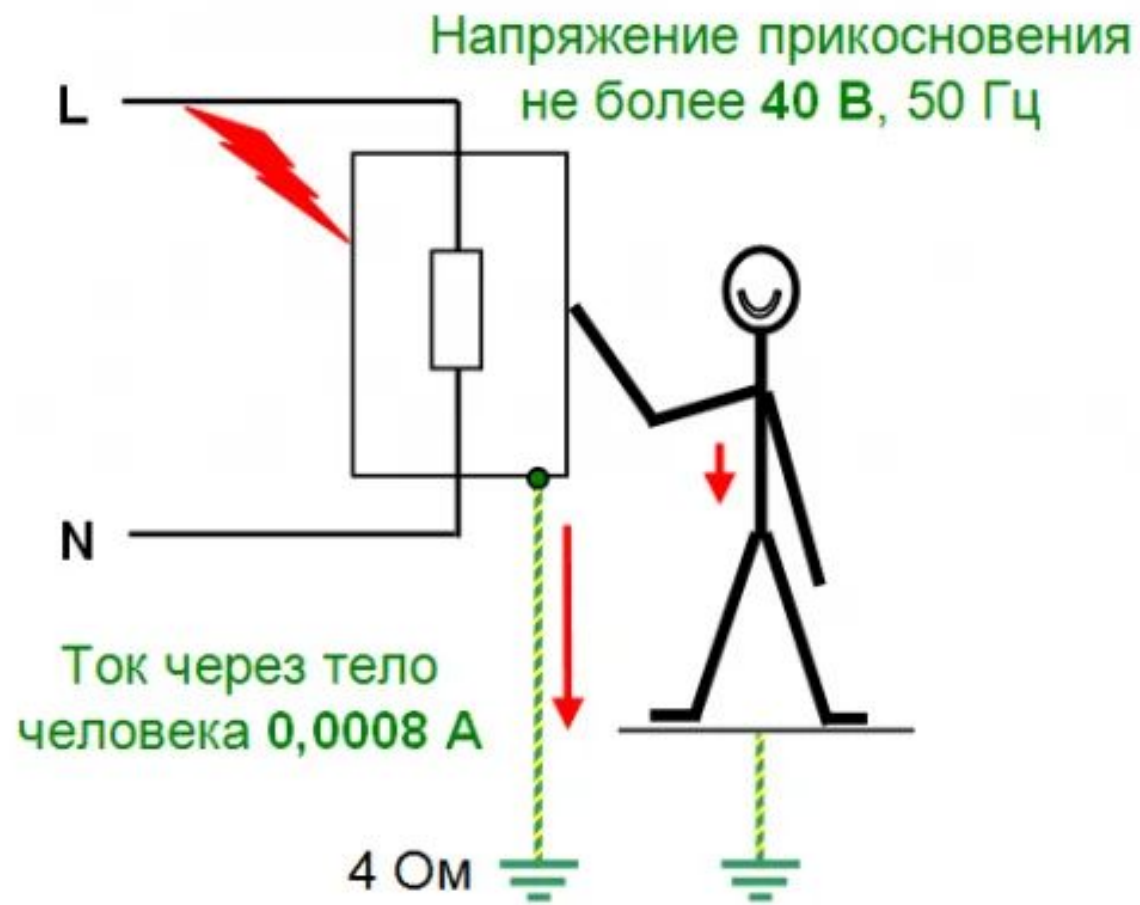
Заземление электрооборудования

- При отсутствии заземления и прикосновении до поврежденного прибора, ток будет протекать через человека в землю. Если рабочее заземление правильно функционирует, то ток, который пройдет через человека, будет безопасным. Поскольку большая часть электроэнергии пройдет через заземляющий проводник.
- **Устройство промышленного заземления.**
- В промышленности используется следующий принцип устройства заземления: в землю (грунт) вкапывается (забивается) наружный заземлитель. От него монтируется **непрерывный металлический контур заземления** проходящий по всем цехам и промышленным

Корпус без заземления

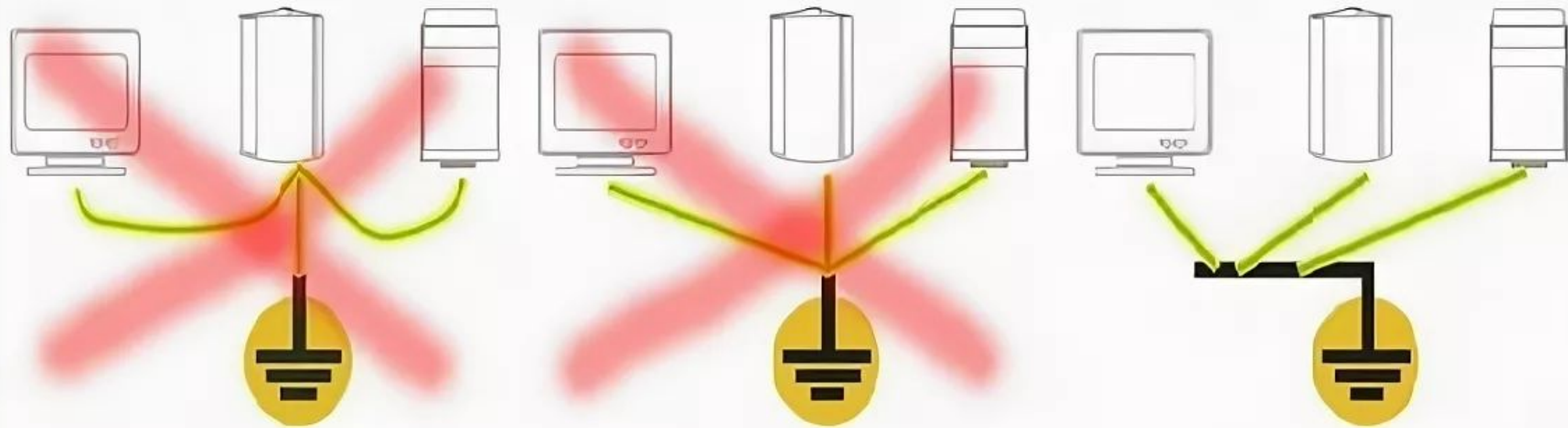


Корпус заземлен



Заземление электрооборудования

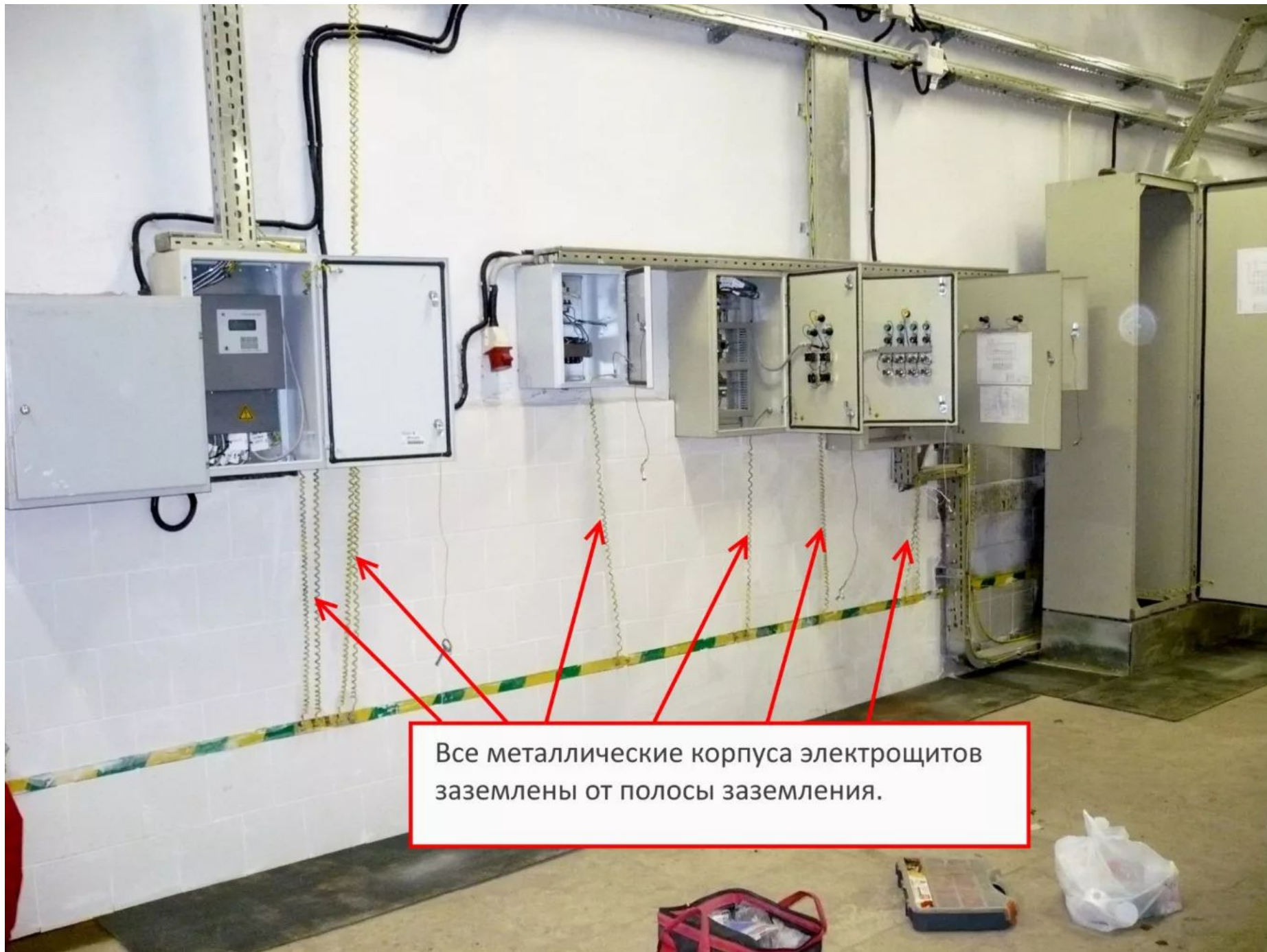
- Помещениям. К контуру посредством **заземляющих проводников** подсоединяются все токопроводящие части корпусов электроустановок, электрооборудования, технологического оборудования, коммуникаций (кабелей, опор воздушных линий, трубопроводов) и строительных конструкций и т.п.
- Существует правила заземления:
 - **1. последовательное заземление заземляющих проводников – запрещено.**
 - **2. соединение заземляющих проводников на один болт (одну точку) – запрещено.**



Совет эксперта: Запрещено заземлять электроустановки последовательно, т. е. друг через друга. Нельзя подключать более одного заземляющего проводника на одну контактную площадку шины заземления. В первом случае сформируется электромагнитная несовместимость: одна аварийная установка «потянет» за собой другие, и все они будут создавать помехи друг другу. В обоих обозначенных на рисунке случаях неграмотного подключения работы по устранению аварии связаны с риском для жизни.

Заземление электрооборудования

- **То есть все оборудование должно заземляться только параллельно** к контуру заземления на разные болты (точки соединения).
- **Заземлителем** называется проводник (электрод) или совокупность металлических соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей. Они делятся на искусственные и естественные.
- **Искусственным заземлителем** называется заземлитель, специально выполняемый для целей заземления.

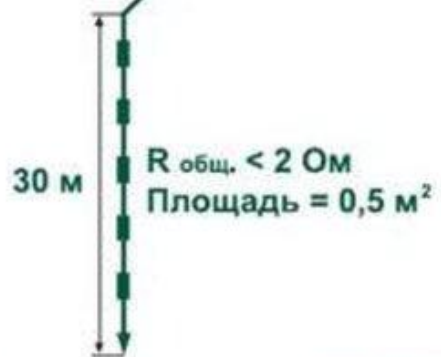


Все металлические корпуса электрощитов
заземлены от полосы заземления.

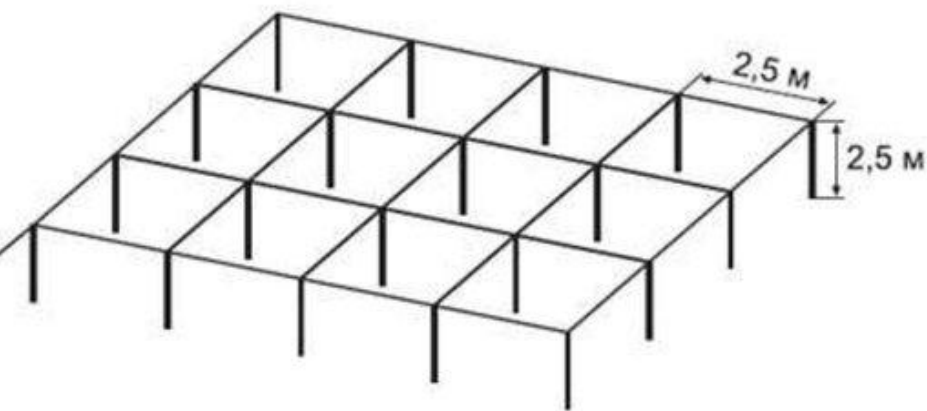
Заземление электрооборудования

- **Естественным заземлителем** называются находящиеся в соприкосновении с землей электропроводящие части коммуникаций, зданий и сооружений производственного или иного назначения, используемые для целей заземления.
- **На корпусе любого промышленного электрооборудования есть болтовой вывод для подключения заземляющего проводника.**
- Правилами разрешается только **сварное и болтовое соединение** заземляющих проводников.
- Контур заземления может быть выполнен из металлических негибких и гибких конструкций (чаще всего стальной прут или полоса сечением не менее 100 мм²).

Наружный контур заземления



Система заземления GALMAR



ИЛИ

$R_{\text{общ.}} < 4 \text{ Ом}$
Площадь = 75 м^2
 $n = 20 \text{ шт.}$

Традиционный способ заземления

Заземление электрооборудования

- Заземление оборудования с контуром заземления разрешается выполнять только гибкими проводниками (медными или стальными тросами) сечением не менее 25 и 75 мм² соответственно.
- **Как устроено заземление в подземном руднике (шахте).**
- Внутри шахты или подземного рудника (карьера) все виды заземлителей в обязательном порядке соединяются в единую сеть (кроме искробезопасной аппаратуры телефонной связи). К этой сети подключаются и рельсы подземной (карьерной) железной дороги, по которой перевозят грузы. Все металличе-



Болт заземления



Заземление в подземном руднике (шахте) и на карьере

- кие детали машин, механизмов и прочего оборудования, располагаемого в шахте (подземном руднике или карьере) должны быть электрически соединены во избежание искрения (пожаров), поражения людей или самопроизвольных взрывов ВВ.
- Различают главные и местные заземлители. Главный заземлитель представляет собой конструкцию из листов металла соединённых стальной полосой, установленную в водосборнике или зумпфе ствола (карьера) или выработки. На каждую шахту устанавливают не менее двух основных заземлителей для обеспечения резервирования на случай выхода одного из них из строя. Единая группа основных заземлителей существует даже тогда, когда

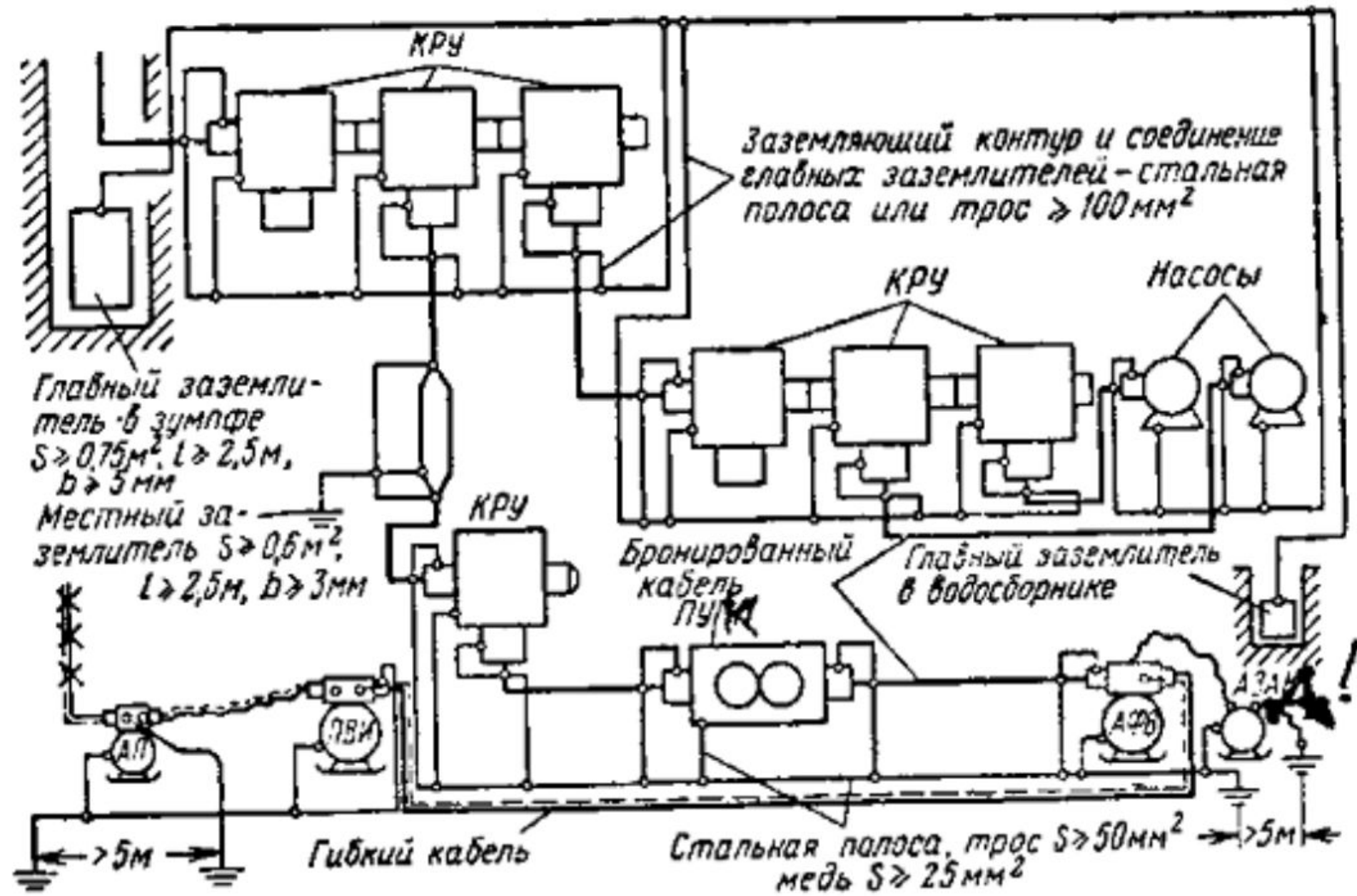


Рис. 2. 2. Схема общешахтной заземляющей сети

Заземление в подземном руднике (шахте) и на карьере

- шахта (подземный рудник, карьер) имеет несколько горизонтов или уступов. Система заземления каждого из горизонтов электрически соединяется с основными заземлителями. Иногда, в карьерах, главный заземлитель устанавливается на подстанции питающей карьер.
- В особых случаях допускается размещение основного заземлителя на поверхности земли, а также использование в качестве второго основного заземлителя металлической трубы, которой укрепляется скважина или тубинговой крепи стволов, тоннелей, штолен.

Заземление в подземном руднике (шахте) и на карьере

- Местные заземлители организуются непосредственно рядом с трансформаторными и распределительными подстанциями, а также некоторыми видами электрооборудования (электросборками). В качестве местных заземлителей используют металлические полосы, укладываемые на подушку из дробленой породы. Также допускается использовать в качестве местных заземлителей металлические желоба системы гидротранспорта, а также рамные крепи.
- При контроле, замер сопротивления всей системы заземления осуществляют у каждого заземлителя в отдельности (1 раз в 3 месяца).

Заземление в подземном руднике (шахте) и на карьере

- **В 1990 г. тогда еще в СССР был введен в действие ГОСТ 28298-89 «Заземление шахтного электрооборудования. Технические требования и методы контроля». Этот стандарт действует до сих пор на территории Российской Федерации и ряда других бывших советских республик. Актуальность документа связана с тем, что в нем был воплощен огромный опыт эксплуатации электрооборудования в шахтах, накопленный к тому времени. Кроме этого, стандарт базируется на достаточно гибком подходе к проектированию заземления, пригодном для самых разнообразных условий.**

Заземление в подземном руднике (шахте) и на карьере

- Для главных заземлителей в шахтах должны использоваться стальные полосы площадью не менее 0,75 кв. м, толщиной не менее 5 мм и длиной не менее 2,5 м.
- При организации местных заземлителей, располагаемых в водосточных канавах выработок, должны применяться стальные полосы площадью не менее 0,6 кв. м толщиной не менее 3 мм, длиной не менее 2,5 м. Если местный заземлитель располагается в шпуре, то должны применяться трубы диаметром не менее 30 мм и длиной не менее 1,5 м, в их стенках должны быть отверстия. Свободное пространство шпура засыпают гигроскопичным материалом и периодически увлажняют этот материал по мере

Заземление в подземном руднике (шахте) и на карьере

- его подсыхания (п.п. 1.3.2 — 1.3.4).
- В любом случае значение сопротивления заземления от любой точки шахты (рудника или карьера) не должно быть больше 2 Ом.
- Согласно п. 1.2.3 данного ГОСТ, главная цепь заземления и заземляющий контур должны выполняться из толстого стального проводника сечением **не менее 100 кв. мм**. **Применение алюминиевых проводов в системе заземления не допускается.**
- Каждый объект, для которого требуется заземление, должен присоединяться к сборным заземляющим шинам или заземлителю при помощи отдельного ответвления из стали или меди сечением не менее 50 и 25 кв. мм соответственно.

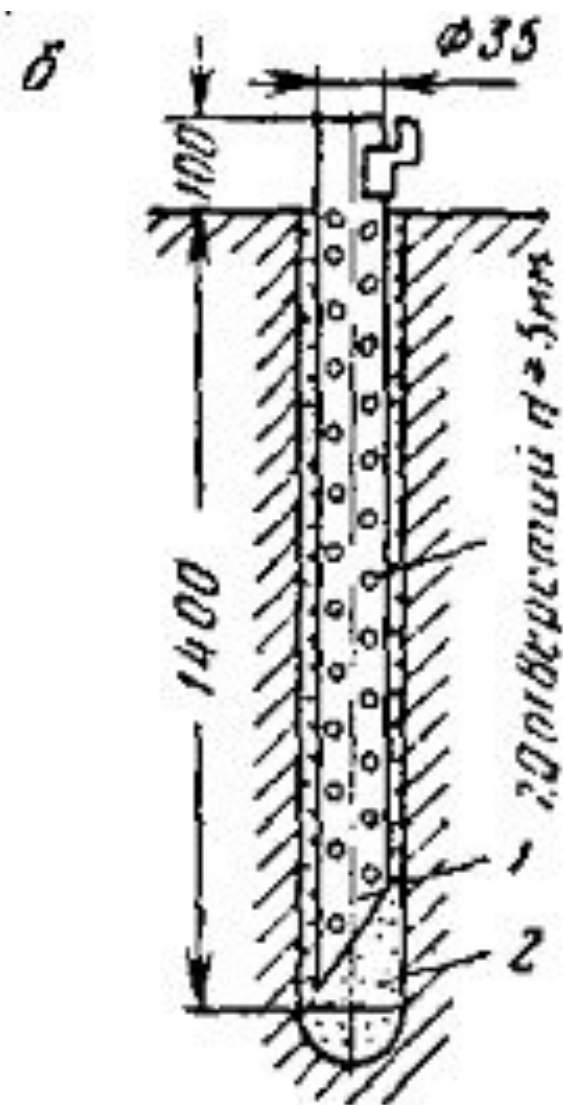
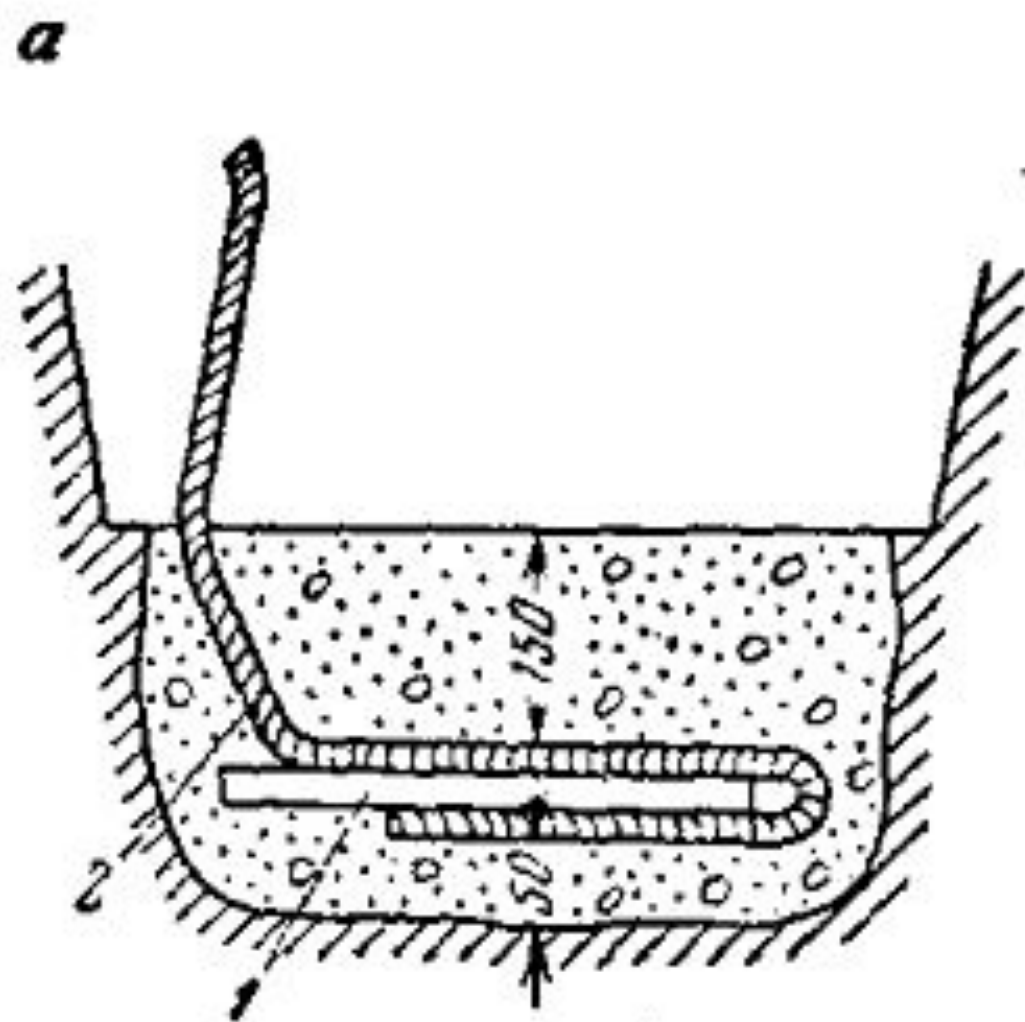


Рис. 2.3. Конструкция местных заземлений:

а — для влажных выработок; б — для сухих выработок

Заземление в подземном руднике (шахте) и на карьере

- Измерять сопротивление заземления по всей сети и визуально осматривать систему заземления нужно не реже 1 раза в 3 месяца. Отдельно, не реже 1 раза в 6 месяцев производят осмотр и, при необходимости, ремонт основных заземлителей.
- Следует отметить, что рассматриваемый ГОСТ в целях безопасности запрещает использовать в шахтах электрические сети с глухозаземленной нейтралью, а также подсоединять к ним потребителей, находящихся под землей. Исключение сделано только для подземных железных дорог.

Заземление в подземном руднике (шахте) и на карьере

- Помимо ГОСТ 28298-89, в России действуют еще и "Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых", утвержденные Ростехнадзором 11 декабря 2013 г.. Как следует из названия, сфера применения данного документа охватывает не только вопросы построения и контроля состояния заземлений в шахтах, но и другие аспекты безопасности при добыче и переработке природных богатств, как закрытым, так и открытым способом. В «Правилах...» есть отдельный раздел VII «Требования электробезопасности», где рассматриваются в том числе и вопросы, связанные с заземлением (п. 1008).

Заземление в подземном руднике (шахте) и на карьере

- Также о заземлении речь идет в разделах, посвященных подземному электротранспорту в шахте.