

Электрооборудование и электроснабжение горных организаций (предприятий)

Введение.

В качестве опорного методического пособия предлагаю использовать учебник Назарова АИ. «Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий» г. Кировск 2006г. В качестве вспомогательной литературы – любые учебники для средних и высших учебных заведений «Электроснабжение промышленных предприятий», ПУЭ издание 7

Электроснабжение – комплекс мероприятий и технических средств по обеспечению потребителей электрической энергией.

Термины и определения

- Электроснабжение промышленных (горных) предприятий, в большинстве случаев, производится от **электроэнергетических систем**. Временные (сезонные) или небольшие горнорудные (например карьеры по добыче строительных материалов, золотодобычные предприятия и т.п.) обычно получают электроэнергию от собственных источников питания (дизельные и ветровые генераторы и т.п.).
- **Электроэнергетическая система** – совокупность технических средств и организационных мероприятий по генерации (производству) электроэнергии ее передаче по **электрическим сетям** и распределения по **потребителям**.
- **Потребитель электрической энергии** – электроприемник(и) объединенные общим технологическим процессом на территории промышленного предприятия.
- **Электрическая сеть** - совокупность электроустановок для распределения электрической энергии. В состав электрической сети входят понизительные (повысительные) станции, распределительные устройства, воздушные (ВЛ) и кабельные (КЛ) линии электропередачи, токопроводы и вспомогательные устройства (элементы релейной защиты и автоматики, телемеханики, учета электроэнергии, устройства безопасности

Категории электроприемников по обеспечению надежности электроснабжения

- Электроприемники по надежности электроснабжения делятся на три группы:
- I категория – электроприемники, перерыв в электроснабжении которых может повлечь:

угрозу жизни и здоровья людей, значительный технологический ущерб предприятию или нарушение функционирования коммунального хозяйства, массовый брак продукции, нарушение технологического процесса. На горных предприятиях к таким потребителям относятся – водоотлив, вентиляторно - калориферные установки, людские подъемные установки, обогатительные фабрики, системы пожаротушения.

Потребители I категории должны иметь не менее 2-х **независимых источников питания**.

Независимый источник питания – источник питания напряжение на котором сохраняется при исчезновении напряжения на другом (других) источниках питания. К числу независимых источников питания относятся две системы шин (**две секции шин в старых методических пособиях и литературе**) электростанции или подстанции. Так же должны соблюдаться следующие условия:

- 1) каждая система шин имеет питание от своего независимого источника;
- 2) системы шин не связаны между собой или имеют связь автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной из систем шин.

Категории электроприемников по обеспечению надежности электроснабжения

- Для нормальной работы предприятия, как правило, все системы шин имеют **секционирование**.
- **Секционирование** – разделение системы шин на секции одной ступени напряжения посредством коммутационного аппарата. Каждая секция имеет независимый источник питания.
- Перерыв в электроснабжении I категории электроприемников допускается только на время автоматического восстановления питания.
- Из I категории электроприемников также выводится особая группа объектов электроснабжения, бесперебойная работа которых влияет на массовую угрозу жизни и здоровья людей, возможности несанкционированных взрывов и пожаров на дорогостоящем оборудовании. Такие объекты, как правило, имеют питание от двух взаиморезервирующихся источников питания по разным линиям электропередачи, которые никогда не идут вместе (на одних опорах ВЛ, в одних кабельных каналах КЛ). Так же для особой группы электроприемников должен быть предусмотрен третий источник питания.
- II категория – электроприемники, перерыв в электроснабжении которых может повлечь массовый недовыпуск продукции, простоям технологического процесса, нарушению работы транспорта, качества жизни населения. В горной промышленности к таким объектам относят центральные понизительные подстанции горизонтов, карьеры, цеха обогатительных фабрик.

Категории электроприемников по обеспечению надежности электроснабжения

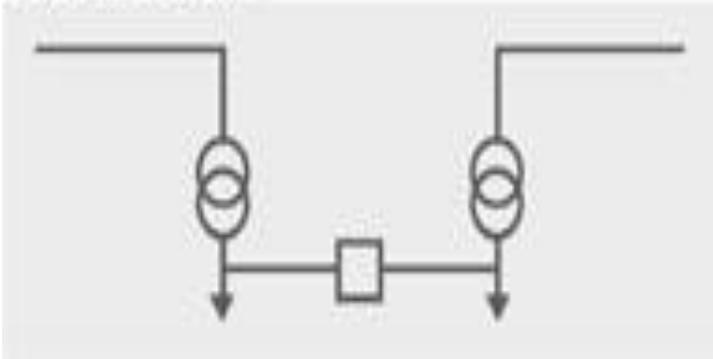
- Электроснабжение электроприемников II категории, как правило осуществляется от двух взаиморезервируемых источников питания.
- Перерыв электроснабжения электроприемников II категории допускается на время включения электроэнергии от второго источника питания дежурным персоналом.
- III категория – все остальные приемники, не попадающие под действие первых двух категорий электроснабжения.

Категории электроприемников по обеспечению надежности электроснабжения

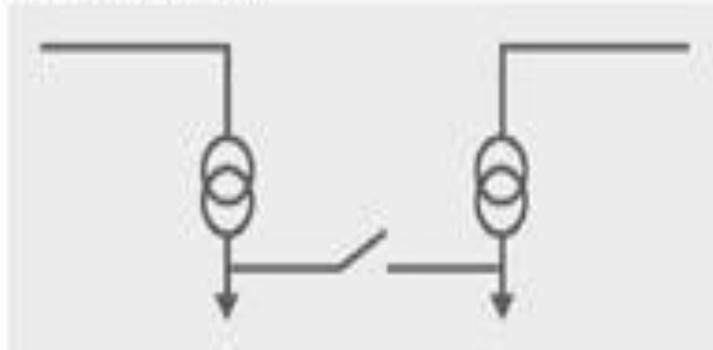


Категории электроприемников по обеспечению надежности электроснабжения

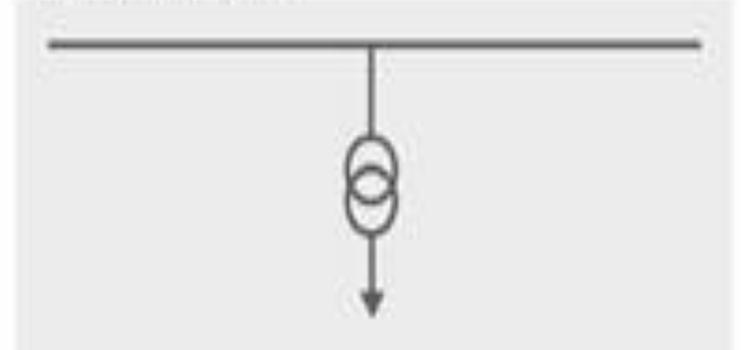
а) I категория



б) II категория



в) III категория



Электроустановки и электропомещения

- **Электроустановка** – совокупность машин, аппаратов, линий электропередачи и вспомогательного оборудования вместе со зданиями, сооружениями и помещениями в которых они установлены для производства, преобразования, трансформации, передачи и распределения электроэнергии.
- Делятся :
- **по условиям электробезопасности** на электроустановки **низкого** – до 1000В и **высокого** напряжения – выше 1000В. (в горной промышленности электроустановки на напряжение 1140 В относятся к низковольтным).
- **по напряжению** – на электроустановки **низкого напряжения (НН)** – до 1 кВ (в горной промышленности электроустановки на напряжение 1,1 кВ относятся к низкому напряжению); **среднего напряжения 2 (СН2)** – от 1 кВ до 35 кВ; **среднего напряжения 1 (СН1)** – от 35 кВ до 110 кВ; **высокого** напряжения – 110кВ и выше.
- **по условиям эксплуатации** – на **наружные (открытые)** – не защищенные от атмосферных воздействий; на **внутренние (закрытые)** – внутри зданий и сооружений (защищены от атмосферных воздействий).

Электроустановки и электропомещения

- **Электропомещения** – помещения (их отгороженные части) в которых установлены электроустановки (кроме элементов электроосвещения).
- **Электропомещения** делятся:
 - **по степени влажности** на: **сухие** – влажность воздуха до 60%; **влажные** – влажность воздуха 60 – 75%; **сырые** – влажность воздуха выше 75%; **особо сырые** - влажность воздуха около 100%;
 - **по температуре эксплуатации электрооборудования** на: **нормальные** – температура воздуха до +35 С; **жаркие** - температура воздуха выше +35 С;
 - **по токопроводности пыли** на: с токопроводящей пылью и с нетокопроводящей пылью.
- Так же подразделяют помещения с **активной химической или биологической средой**.
- **По степени опасности поражения людей электрическим током** на:
 - - **помещения без повышенной опасности** – отсутствуют особые условия опасности;
 - - **помещения с повышенной опасностью** – имеют следующие условия опасности
 - токопроводящая пыль или сырость;
 - токопроводящий пол (металлический, земляной, железобетонный и т.д.)
 - в помещениях имеется возможность прикосновения человека к токопроводящим частям

Электроустановки и электропомещения

- - **особоопасные помещения** – характеризуются наличием одного из условий:
 - особой сырости;
 - наличие активной химической или биологической среды;
 - наличие двух и более факторов помещений с повышенной опасностью.

Электрические станции и подстанции

- **Электрическая станция** – комплекс устройств для генерации (преобразования) электрической энергии и последующей выдачи ее в электрические сети систем электроснабжения и (или) непосредственно к потребителям. Делятся:
- **по виду использованной для генерации (преобразования) энергии:** **атомные станции** (АЭС) – используют энергию расщепляющихся материалов; **теплоэлектростанции** (ТЭС, ГРЭС, КЭС (конденсационные станции) – используют образующуюся при сжигании энергию угля, газа, нефтепродуктов, органических производных (биотопливо, дрова, брикеты и т.д.); **гидроэлектрические станции** (ГЭС) – используют энергию разности уровней водных потоков; **фотоэлектростанции** (ФЭЭС – название неофициальное) – используют энергию прямого преобразования света в электрический ток при помощи фотопреобразовательных элементов; **солнечные электростанции** (СЭС) – используют тепловую энергию солнца; **ветроэлектростанции** (ВЭС) – используют энергию ветровых потоков; **приливные электростанции** (ПЭС) – используют силу приливных течений морей; геотермальные (гидротермальные) станции (ГТЭС) – используют внутреннее тепло Земли.
- **по принципу преобразования энергии:** **тепловые** (АЭС, ТЭС, КЭС, ГРЭС, СЭС, ГТЭС) – перегретый пар подается на лопасти генераторов; **с механическим преобразованием энергии** (ГЭС, ПЭС, ВЭС) – непосредственно передают энергию гидравлических потоков на лопасти генераторов;

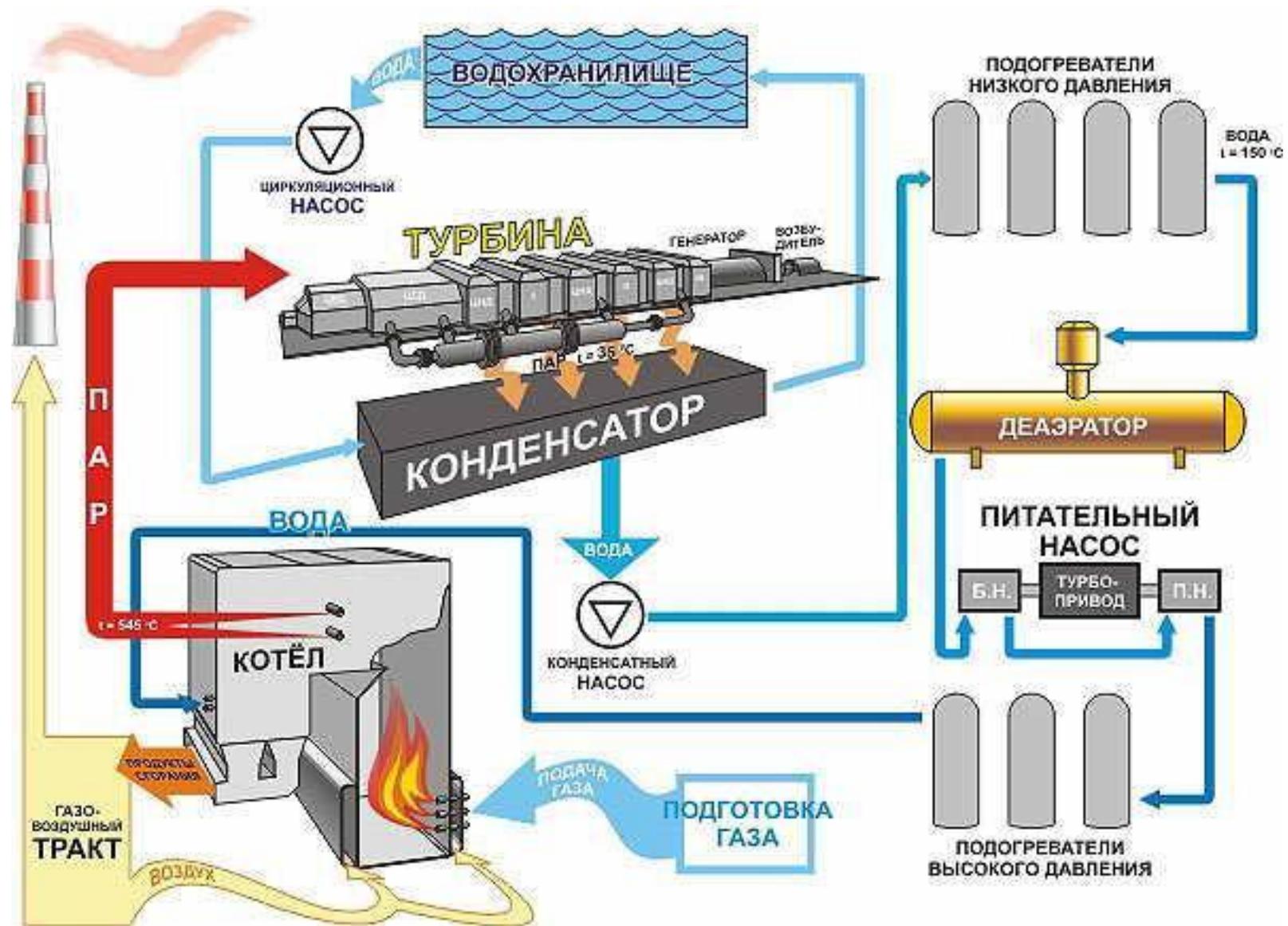


Рис.1

Электрические станции и подстанции

фотопреобразовательные (ФЭС) – непосредственно преобразующие солнечный свет в электроэнергию.

В Российской Федерации почти все электростанции объединены в районы электроснабжения, а те в свою очередь, в единую энергосистему (ЕЭС) России. Так же в нее входит ряд, сопредельных с Российской Федерацией государств.

В любом районе электроснабжения есть электростанция задающая частоту электрических сетей. Это электростанция с наиболее большим объемом генерирующей мощностей. В Мурманской области это Кольская атомная станция. Это необходимо по следующей причине:

в случае повреждения внешних сетей ВН (например из-за короткого замыкания) может возникнуть сбой частоты электрической сети, чтобы недопустить этого необходим мощный генератор, который бы не дал электрической системе войти в резонанс и ухудшить качество электроснабжения.

На всех электростанциях установлены генераторы которые вырабатывают напряжение 6, 10, 15, 20, 24, 27 кВ. Электроэнергия от генераторов идет к повысительным подстанциям и увеличивается до нужного значения.

Электрические станции и подстанции

- **Подстанция** – электроустановка, служащая для преобразования и распределения электроэнергии. Состоит из распределительного устройства высшего напряжения (РУВН), силовых трансформаторов и преобразователей, распределительного устройства низшего напряжения (РУНН), устройств защиты, управления и телемеханики. Так же в состав подстанции входит вспомогательное оборудование (аккумуляторное хозяйство, компрессорное хозяйство и т.п.). Подстанции делятся:
- **РПС** – районная подстанция; **ГПП** – главная понизительная подстанция; **ЦРП (ГРП)** – центральный или главный распределительный пункт; **РП** – распределительный пункт; **ПРП** – передвижной распределительный пункт (в основном применяется в условиях карьеров); **ТП** – трансформаторная подстанция (установлены только трансформаторы); **КТП** – комплектная трансформаторная подстанция (имеет в составе также РУВН и РУНН); **ЦПП** – центральная подземная подстанция (питание горизонта (нескольких горизонтов)); **УПП** – участковая подземная подстанция

Структура электроснабжения предприятий

- Чаще всего, по зонам ответственности за электроснабжение, предприятия получают электрическое питание по следующей цепи:

• электростанция  ФСК (Федеральная сетевая компания

(сети ВН обычно 220 кВ и выше))



МРСК



(Межрегиональ-

ная сетевая компания (сети ВН (до 220 кВ) и СН1 и СН2))

предприятие (сети ВН, СН1, СН2, НН)

Нормы электрической энергии для горных предприятий для снабжения электроприемников

- Промышленная частота - 50 Гц (отклонение 0,5 Гц).
- Уровни напряжения – ВН – до 220 кВ (150 кВ для АО «Апатит»)
 - СН1 – 110 кВ
 - СН2 – 35 кВ, 27 кВ (только ж/д транспорт), 10 кВ, 6 кВ (переменный ток)
 - 3,3 кВ – постоянный ток (ж/д транспорт)
 - НН - 1100 В, 660 В, 380 В, 220 В, 127 В, 42 В (36 В – старый стандарт), 24В, 12В (переменный ток)
 - 275 В, 400 В (постоянный ток для локомотивной откатки шахт и рудников)

По напряжению допускается отклонение +5%, - 10%.

Напряжение делится на базисное (на шинах РУНН трансформатора (генератора)) и номинальное (в сети). Они отличаются примерно на 5% для компенсации потерь напряжения в ВЛ и КЛ (например номинальное 380В – базисное 400В или номинальное 6 кВ – базисное 6,3 кВ).

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 поверхности рудников и шахт);
- электроустановки до 1 кВ с изолированной нейтралью (применяются в подземных условиях).

Системы заземления

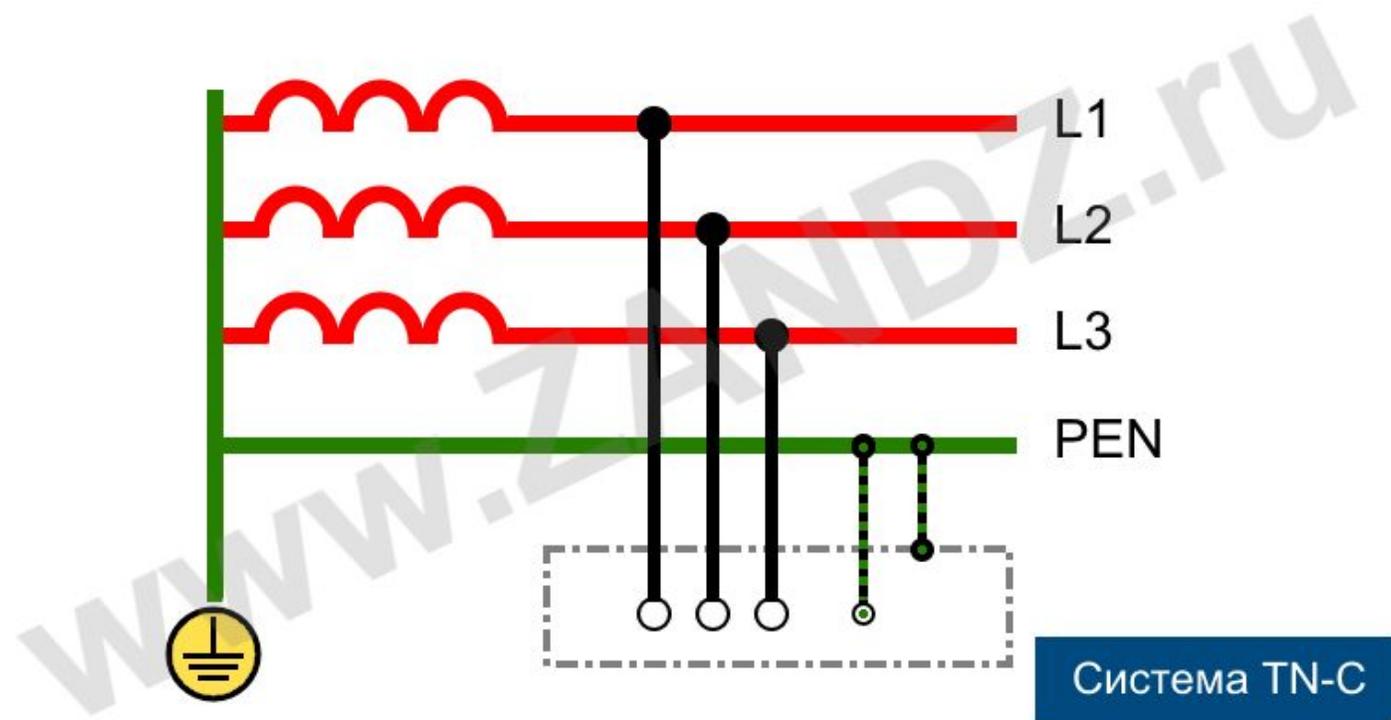
- **Виды систем искусственного заземления**

- 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). 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.
- **C** — объединение функций, соединение функционального и защитного нулевых проводов.
- **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.
- **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, соединённому 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. 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».

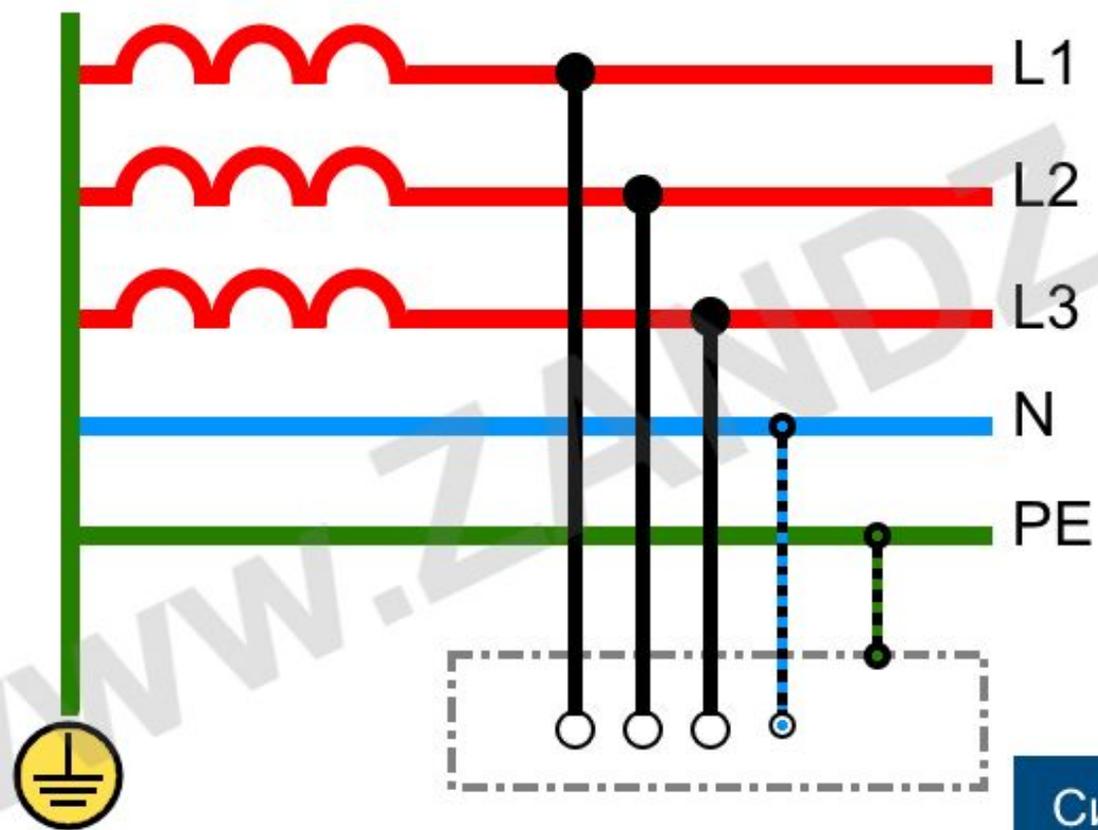
Система заземления TN-C



Системы заземления

- 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..
- Данная система имеет несколько существенных недостатков, главный из которых – утеря 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 приходится занулять – соединять корпусные детали с нулевым проводом. .
- 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.

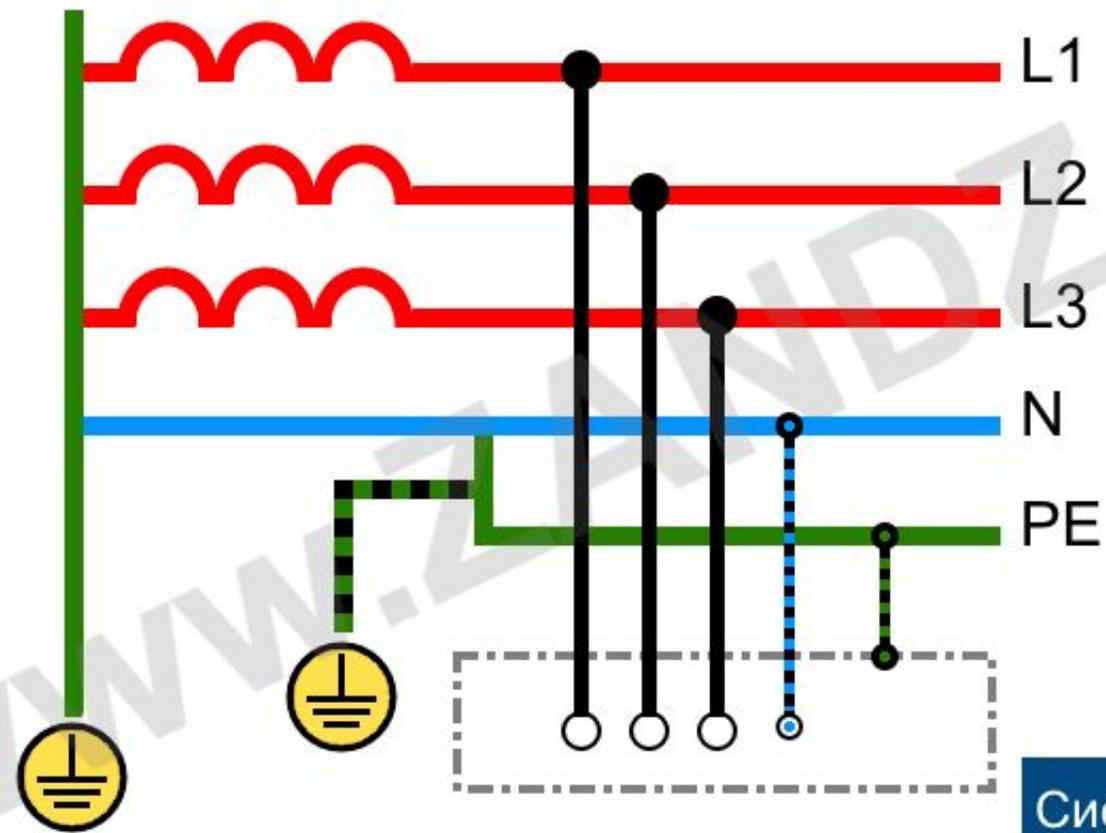
Система TN-S



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-C-S

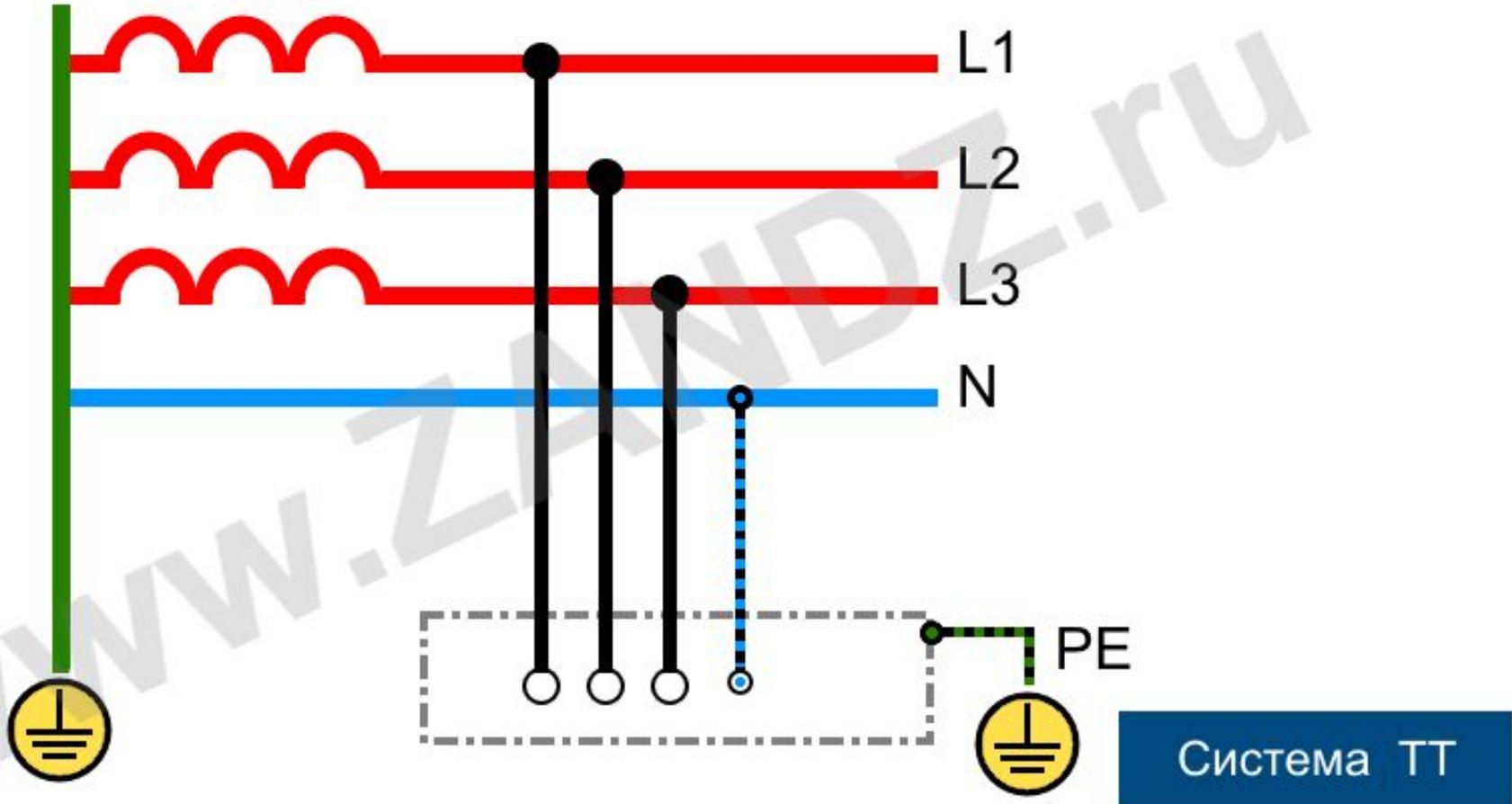


Система TN-C-S

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».
- 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.

Система заземления ТТ

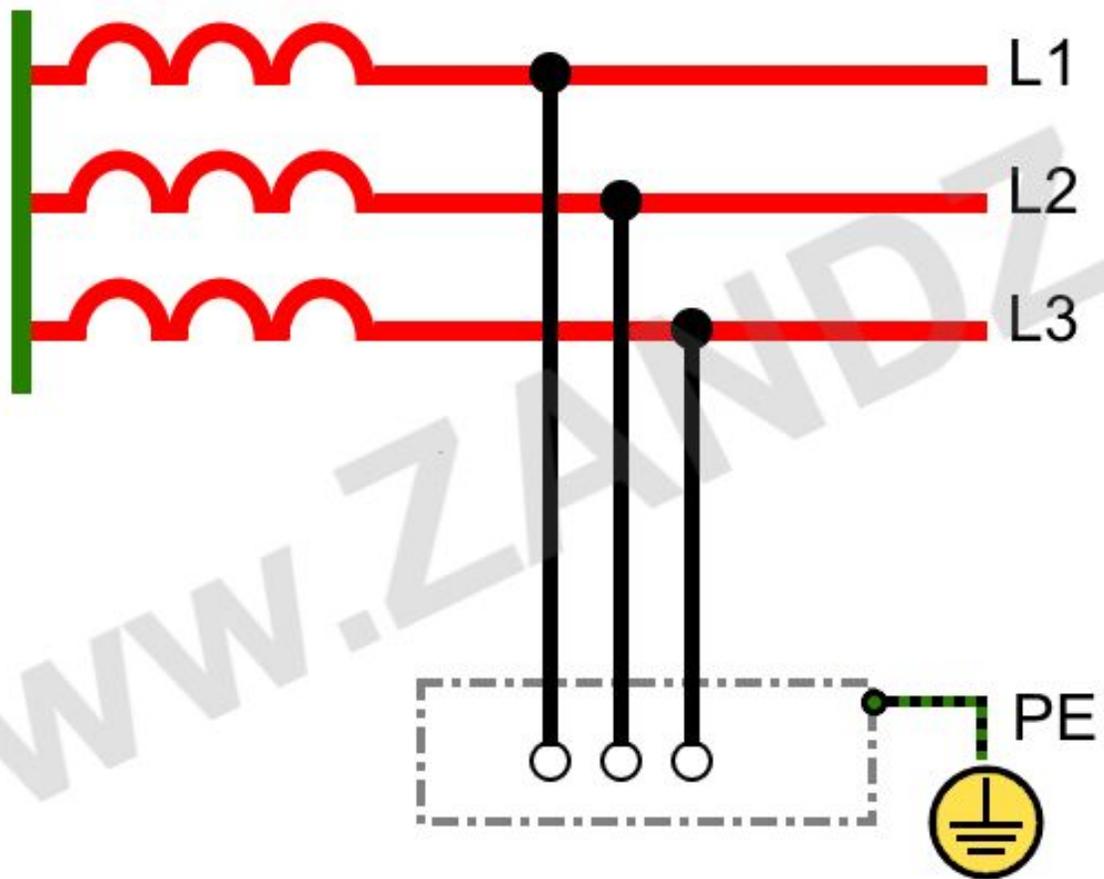


Системы заземления

- 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. Здесь все чаще используется система TT, 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 PE, связанные с корпусными деталями.

При таком способе устройства заземления обязательным условием является наличие приборов защитного отключения (УЗО), а также осуществление технических мер грозозащиты.

Система IT



Система IT

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.
- 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.

Вопросы для самостоятельного изучения

- Электроснабжение Мурманской области.
- Заземлители и заземляющие устройства электроустановок.
- Физическая сущность «ноля» в электроустановках.