

Лекция 7

Тема 3. Энергосистема и её элементы. Электрические сети

3.1. Электроэнергетические системы. Основные понятия и определения

С технологических позиций энергетика является сферой экономики, охватывающей добычу энергоресурсов, производство, преобразование, транспортировку и использование различных видов энергии. Однако в современном представлении перечисленная совокупность процессов может быть эффективно использована лишь при её организации по принципу «большой системы», в качестве которой выступает топливно-энергетический комплекс (ТЭК).

Особенностями такого комплекса являются:

- непрерывность, а подчас и неразрывность времени процессов производства и потребления некоторых видов энергии;
- сильные внутренние экономические и физико-технические связи, основанные в первую очередь на широкой взаимозаменяемости продукции подсистем, а также на том, что продукция одних подсистем является в ряде случаев исходным сырьём для других.



Нефтеснабжающая система России объединяет нефтепромыслы, магистральные трубопроводы и насосные станции для перекачки нефти к месту её переработки, а также включает нефтеперерабатывающие заводы и хранилища нефтепродуктов.

Газоснабжающая система России занимает второе место в мире после США по объёму добычи. В настоящее время эксплуатируется около 100 месторождений природного газа, крупнейшие из которых расположены в Западной Сибири. Система включает в себя около 100 магистральных газопроводов, по которым, в частности, экспортируется газ в ряд европейских стран.

Система ядерной энергетики состоит из предприятий по добыче и переработке ядерного топлива, установок по его использованию в промышленности (в частности, ядерных энергетических реакторов), заводов по восстановлению отработанного горючего и уничтожению отходов.

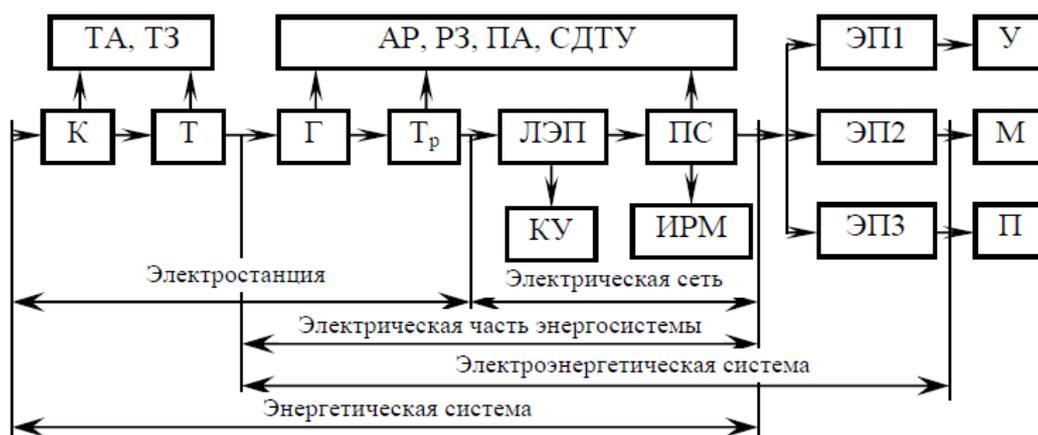
Электро- и теплоснабжающая система включает в себя все установки, обеспечивающие потребителей электрической и тепловой энергией.

Основная часть этой подсистемы ТЭК, осуществляющая электро- и теплоснабжение централизовано, носит название энергетической системы, или энергосистемы (ЭС). Это понятие является центральным (корневым) для целого ряда других понятий. Потому ниже приводится установленное **Правилами устройства электроустановок (ПУЭ)** общее определение.

Энергосистема – это совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединённых между собой и связанных общностью режимов в непрерывном процессе производства, преобразования, передачи и распределения *электрической и тепловой энергии* при общем управлении этим режимом.

На рисунке представлена схема, отражающая взаимосвязь объектов, участвующих в технологическом процессе обеспечения потребителей электроэнергией (ЭЭ), т.е. сферу электроснабжения. В качестве источника ЭЭ условно показана тепловая электрическая станция (ЭС).

Взаимосвязь объектов, обеспечивающих электроснабжение



В соответствии с данной схемой элементами ЭНС являются:

- теплосиловое (котлы (К), турбины (Т), бойлеры и т.д.) и электротехническое (генераторы (Г), их системы возбуждения, трансформаторы (Тр), коммутационная аппаратура и т.д.) оборудование ЭС;

- линии передачи ЭЭ (ЛЭП);

- трансформаторные подстанции (ПС);

- тепловая автоматика (ТА) и тепловые защиты (ТЗ);

- автоматические регуляторы (АР), устройства релейной защиты (РЗ) и противоаварийной автоматики (ПА), средства диспетчерского и технологического управления (СДТУ);

- устройства продольной и поперечной компенсации (КУ) параметров ЛЭП, т.е. установки продольной компенсации и шунтирующие реакторы;

- источники реактивной мощности (ИРМ), т.е. синхронные компенсаторы, конденсаторные батареи, статические тиристорные компенсаторы.

Электрической частью ЭНС считается совокупность электроустановок электрических станций и электрических сетей энергосистемы.

Электроэнергетическая система (ЭЭС) – это электрическая часть энергосистемы и питающиеся от неё приёмники электрической энергии, объединённые общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии. Таким образом, ЭЭС наряду с электрической частью энергосистемы включает в себя и электроприёмники ЭП1, ЭП2, ЭП3, обеспечивающие преобразование ЭЭ в другие виды и работу электротехнологических установок (У), приводимых во вращение электродвигателями машин и механизмов (М), осветительных, нагревательных и прочих электроприборов (П).

Электроснабжение – обеспечение потребителей электрической энергией.

Ряд терминов определяются через понятие «**электроустановка**». В наиболее общем плане оно обозначает любую совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения ЭЭ и преобразования её в другие виды энергии.

Электрическая сеть – совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определённой территории.

Более широким является понятие «**система электроснабжения**» (СЭС). Она объединяет в себе все электроустановки, предназначенные для обеспечения потребителей электрической энергией.

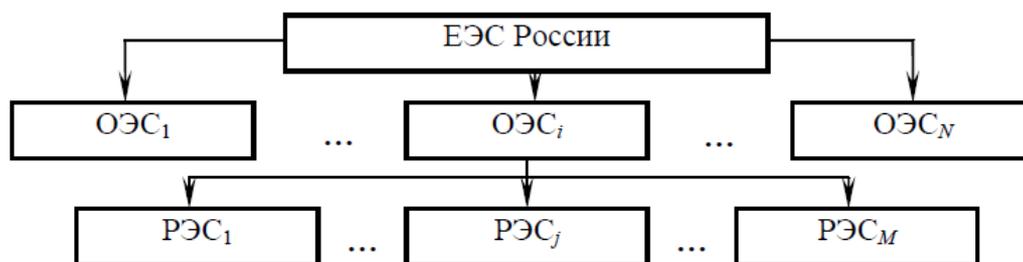
Исходным понятием среди терминов, отвечающих технологическому аспекту, является «**электроприёмник**», который определяется как аппарат, агрегат и др., предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

ПУЭ трактуют понятие «**потребитель электрической энергии**» как электроприёмник или группу электроприёмников, объединённых технологическим процессом и размещающихся на определённой территории. Однако этот термин часто употребляют в юридическом аспекте, т.е. в

смысле абонента электроснабжающей организации. В этом случае понятие «потребитель» является более широким и с технической точки зрения представляет собой совокупность разных электроустановок, а не только электроприёмников. С позиций же структурной иерархии собственно ЭЭС понятие «потребитель» может быть отнесено ко всей совокупности нагрузок, получающих питание с шин трансформаторной подстанции того или иного номинального напряжения.

Взаимозаменяемые термины, рассмотренные выше, располагаются по принципу уменьшения общности, начиная с ЭНС без уточнения её конкретных характеристик в отношении охвата территории и места в структуре оперативного управления. По этим признакам современная иерархия имеет три уровня.

Иерархическая структура ЭЭС



Нижний уровень соответствует районным энергосистемам – РЭС (хотя прилагательное «районная» в настоящее время опускается), техническое и оперативное руководство каждой из которых осуществляет соответствующий аппарат акционерного общества энергетики и электрификации (АО-энерго). В состав его филиалов входят энергопредприятия (ЭС, котельные, предприятия электрических (ПЭС) и тепловых (ПТС) сетей), а также ремонтные и наладочные подразделения, предприятия энергонадзора и другие организации, обеспечивающие производство ЭЭ и теплоты. Наиболее крупные ПЭС и ПТС для улучшения оперативного управления разделяются на сетевые районы.

Несколько районных ЭНС, имеющих общий режим работы и общее диспетчерское управление, образуют объединённую энергосистему (ОЭС). Объединённые энергосистемы, соединённые межсистемными связями, имеющие общий режим работы и центральное диспетчерское управление и охватывающие значительную часть территории страны, образуют единую энергосистему (ЭЭС России). В соответствии с этой структурой организована и система оперативно-диспетчерского управления. Уровню ЭЭС отвечает центральное диспетчерское управление (ЦДУ), каждая из ОЭС имеет Объединённое диспетчерское управление (ОДУ) и, наконец, РЭС управляется персоналом Центрального диспетчерского пункта (ЦДП) энергосистемы.

ЭЭС является высшей формой организации энергохозяйства страны.

В отличие от других подсистем ТЭК ЭЭС характеризуется следующими особенностями:

- тесное взаимодействие в едином производственном процессе большого количества энергетических объектов, расположенных на громадной территории;
- строгое соответствие выработки и потребления электроэнергии в каждый момент времени, отсутствие её крупномасштабных накопителей;
- резкая неравномерность производственного процесса, обусловленная суточными, сезонными и территориальными изменениями потребления электрической и тепловой энергии.

3.2. Общая характеристика электрических сетей

Электрическая сеть как элемент ЭЭС обеспечивает возможность выдачи мощности ЭС, её передачу на расстояние, преобразование параметров ЭЭ (напряжения, тока) на ПС и её распределение на некоторой территории вплоть до непосредственных электроприёмников.

Электрические сети современных ЭНС характеризуется многоступенчатостью, т.е. большим числом трансформаций на пути от источников ЭЭ к её потребителям. Топологическая структура отдельных звеньев этой многоступенчатой сети достаточно сложна, она насчитывает десятки, а подчас и сотни узлов, ветвей и замкнутых контуров.

Наряду со сложностью конфигурации характерной особенностью электрических сетей является их **многорежимность**. Под этим понимается не только разнообразие загрузки элементов сети в суточном и годовом разрезе при нормальном функционировании системы, вызываемое естественным изменением во времени нагрузки потребителей, но и обилие режимов, возникающих при выводе различных элементов сети в плановый ремонт и при их аварийных отключениях.

В связи с этим электрическая сеть должна проектироваться и эксплуатироваться таким образом, чтобы была обеспечена её работоспособность во всех возможных режимах – нормальных, ремонтных и послеаварийных. Это требование, в свою очередь, означает, что в перечисленных установившихся режимах параметры ветвей сети (токи, мощности) не должны превышать допустимых по тем или иным условиям значений, а параметры узлов (напряжения) должны лежать в допустимых пределах, обеспечивающих нормальную работу изоляции электрооборудования и экономичную работу электроприёмников.

Наличие технических ограничений параметров режима электрических сетей вызывает необходимость их контроля в процессе эксплуатации и выбора адекватных средств регулирования режима на этапе проектирования. Кроме того, при эксплуатации и при проектировании эти ограничения выступают в качестве составной части математической модели электрической сети, служащей для оценки её работоспособности, выбора её конфигурации и т.п.

Наряду с обеспечением работоспособности, надёжности функционирования и качества поставляемой потребителем ЭЭ электрическая сеть должна удовлетворять критериям экономической эффективности.

3.3. Классификация электрических сетей

Электрические сети подразделяют **по ряду признаков**:

- по роду тока,
- по напряжению,
- по конфигурации,
- по назначению,
- по району обслуживания.

По роду тока различают *электросети постоянного и переменного тока*.

Производство, передача и распределение электроэнергии у нас в стране осуществляется при помощи *трехфазного переменного тока* с частотой 50 Гц. Большая часть потребителей работает на **переменном токе**. Поэтому основным видом электросетей являются сети трехфазного переменного тока.

Большинство сетей бытовой электропроводки (оконечных сетей потребителей) используют *переменный однофазный ток*. Переменный однофазный ток получают из переменного трёхфазного тока путём объединения потребителей в группы по фазам. При этом каждой группе потребителей выделяется одна из трёх фаз, а второй провод («нейтраль»), используемый при передаче однофазного тока, является общим для всех групп и в своей начальной точке **заземляется**.

Постоянный ток, а следовательно, и сети постоянного тока, применяют только в установках специального назначения, контактных сетях, некоторых сетях автономного электроснабжения. Постоянный ток очень высокого напряжения применяется для передачи значительных мощностей на большие расстояния.

По напряжению электросети, как и все электроустановки, разделяют на сети *напряжением до 1000 В* и сети с *напряжением выше 1000 В* или условно на электросети *низкого* и *высокого* напряжения.

При передаче большой электрической мощности при низком напряжении возникают большие омические потери из-за больших значений протекающего тока. Формула

$$P = I^2 R$$

описывает потерю мощности в зависимости от сопротивления линии и протекающего тока. Для снижения потерь уменьшают протекающий ток: при снижении тока в 2 раза омические потери снижаются в 4 раза. Согласно формуле полной электрической мощности

$$S = IU,$$

для передачи такой же мощности при пониженном токе необходимо во столько же раз повысить напряжение. Таким образом, большие мощности целесообразно передавать при высоком напряжении. Однако строительство высоковольтных сетей сопряжено с рядом технических трудностей; кроме того, непосредственно потреблять электроэнергию с высоким напряжением крайне проблематично для конечных потребителей.

В связи с этим сети разбивают на участки с разным **классом напряжения** (*уровнем напряжения*). Трёхфазные сети, передающие большие мощности, имеют следующие классы напряжения:

Класс напряжения	Числовые значения
Ультравысокий	от 750 кВ и выше (1150 кВ, 1500 кВ)
Сверхвысокий	750 кВ, 500 кВ, 400 кВ (европейский стандарт)
Высокое напряжение (ВН)	330 кВ (Европа), 220 кВ, 150 кВ (юг Украины), 110 кВ (Европа)
Среднее первое напряжение (СН-1)	35 кВ, 33 кВ (Европа), 20 кВ (Европа, сельские сети)
Среднее второе напряжение (СН-2)	10 кВ (Европа, городские сети), 6 кВ, 3 кВ
Напряжение на выводах генераторов	24 кВ, 22 кВ, 18 кВ, 15,75 кВ (наиболее распространённое), 13 кВ, (3 кВ)
Низкое напряжение (НН)	0,69 кВ (европейский промышленный), 0,4 кВ (400/230В — основной стандарт), 0,23 кВ (220/127 В), 110 В (старый европейский, США бытовой) и ниже

По конфигурации электросети подразделяют на *разомкнутые* (*радиальные, магистральные*) и *замкнутые*. *Разомкнутой* называют сеть, в которой потребители электроэнергии получают питание только с одной стороны. *Замкнутой* называют сеть, в которой потребители электроэнергии могут получать питание не менее чем с двух сторон.

По назначению электросети подразделяются на *питающие* и *распределительные*. *Питающие* электросети служат для передачи электроэнергии на распределительные подстанции (РП), от которых питаются распределительные сети. *Распределительные* электросети служат для непосредственного питания электроприемников: электродвигателей, трансформаторов и т.п. В некоторых сетях трудно бывает четко определить сеть на питающую и распределительную

По району обслуживания различают *местные* и *районные* электросети. *Местными* электросетями обычно называют сети напряжением до 35 кВ включительно, питающие потребителей электроэнергии в радиусе не более 15-30 км при передаваемой мощности на одноцепной линии до 10 - 15 МВА (промышленные, городские, сельские сети). *Районными* электросетями являются сети напряжением 35 - 110 кВ и выше, состоящие из линий электропередачи, связывающих на параллельную работу отдельные электростанции и питающих районные подстанции.

3.4. Структура электрической сети

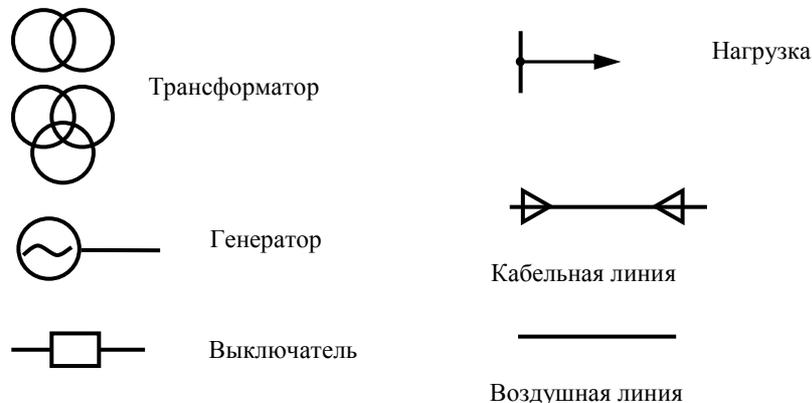
Электрическая сеть может иметь очень сложную структуру, обусловленную территориальным расположением потребителей, источников, требованиями надёжности и другими соображениями. В сети выделяют **линии электропередачи**, которые соединяют **подстанции**. Линии могут быть одинарными и двойными (двухцепными), иметь ответвления (отпайки). К подстанциям, как правило, подходит несколько линий. Внутри подстанции происходит преобразование напряжения и распределение потоков электроэнергии между подходящими линиями. Для соединения линий и оборудования внутри подстанций используются **электрические коммутаторы** различных типов.



Для наглядного представления структуры сети используется специальное начертание схемы сети. На схеме отображаются линии, секции и системы шин, коммутаторы, трансформаторы, устройства защиты.

Структура сети электроснабжения может динамически изменяться путём переключения коммутаторов. Это необходимо для отключения аварийных участков сети, для временного отключения участков при ремонте. Структура сети также может быть изменена для оптимизации **электрического режима** сети.

Условные графические обозначения элементов электрической сети



Сеть электроснабжения характерна тем, что связывает территориально удалённые пункты источников и потребителей. Это осуществляется при помощи **линии электропередачи** — специальных инженерных сооружений, состоящих из проводников электрического тока (провод или кабель), сооружений для размещения и прокладки (**опоры, эстакады, каналы**), средств изоляции (подвесные и опорные изоляторы) и защиты (**грозозащитные тросы, разрядники, заземление**).

3.5. Виды и структура электрических подстанций

Электрической подстанцией называют электроустановку, служащую для преобразования и распределения электроэнергии и состоящую из трансформаторов или других преобразователей энергии, распределительного устройства, устройства управления и вспомогательных сооружений.

В зависимости от выполняемой функции они называются *трансформаторными* (ТП) или *преобразовательными* (ПП). Подстанцию называют *комплектной* — КТП (КПП) — при поставке трансформаторов (преобразователей), щита низкого напряжения и других элементов в собранном виде или в виде, полностью подготовленном для сборки.

Электрические подстанции служат для приема, преобразования и распределения электроэнергии, выполняются на все ступени напряжения, могут быть *повышающими* если находятся в непосредственной близости от электростанций и преобразуют для передачи от них в сеть электроэнергию более высокого напряжения) или *понижающими* (к ним относится подавляющее число подстанций, от которых осуществляется электроснабжение потребителей).

Назначение, мощность и уровни напряжения электрической подстанции определяются схемой и конфигурацией электрической сети, в которой она эксплуатируется, характером и нагрузками присоединенных потребителей электроэнергии.

Различают в основном следующие *виды электрических подстанций*:

- тупиковые (концевые);
- ответвительные, присоединенные к проходящим вблизи ВЛ;
- промежуточные, служащие для питания своих потребителей;
- транзитные (в большом числе случаев — узловые), предназначенные не только для питания потребителей, но и для передачи потоков мощности в смежные сети своей и соседних энергосистем;
- преобразовательные — для передачи и приема электрической мощности на постоянном токе;
- тяговые — для питания электротяговых сетей.



Подстанция 330 кВ Машук



Подстанция 110 кВ, построенная для проведения Зимних Олимпийских игр 2014 года в Сочи

Конструктивно распределительные устройства электрических подстанций могут выполняться открытыми (основное оборудование располагается на открытом воздухе) или закрытыми (в городских условиях, в местах с неудовлетворительными условиями окружающей среды), по своей ведомственной принадлежности подстанции находятся в ведении энергосистем или промышленных и других потребителей электроэнергии.

Электрические подстанции переменного тока с высшим напряжением 330, 500, 750 кВ, 150 кВ и некоторая часть подстанций 220 кВ с развитой схемой электрических соединений, оснащенные синхронными компенсаторами 50—100 МВА и выше с открытым распределительным устройством, большим числом трансформаторов, выключателей и другого оборудования высокого напряжения, размещаются на больших площадях, требуют присутствия постоянного дежурного персонала высокой квалификации и широко развитой дистанционной и телемеханической информации. С помощью этих подстанций, как правило, осуществляются межсистемные связи, образующие объединенные и Единую энергосистемы.

Подстанции постоянного тока с высшим напряжением 800 и 1500 кВ с большим количеством сложного преобразовательного оборудования пока немногочисленны. Однако в дальнейшем их значение существенно повысится.

Закрытые подстанции глубокого ввода с высшим напряжением 110 - 220 кВ, строительство которых осуществляется в густонаселенных районах крупных городов, где под строительство могут быть выделены только ограниченные площади и где сосредоточены значительные коммунально-бытовые и промышленные нагрузки. На таких подстанциях предусматривают постоянное дежурство и необходимые меры по ограждению населения от шума, создаваемого работающими трансформаторами и другим оборудованием.

Электрические подстанции 35, 110 и 220 кВ с упрощенной схемой электрических соединений, часто без выключателей на стороне высшего напряжения, с комплектными распределительными устройствами низшего напряжения (КРУ, КРУН и др.), у которых аппаратура управления, защиты, сигнализации и автоматики расположена на лицевой стороне их шкафов и не требует специального щитового помещения.

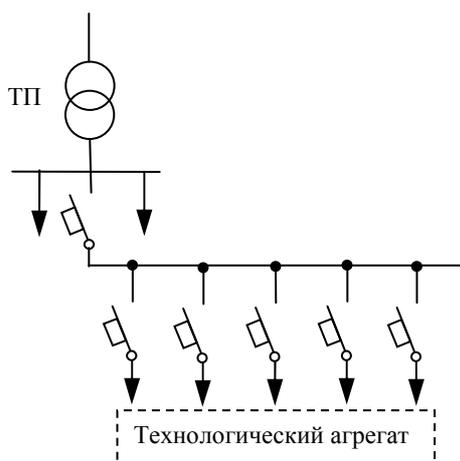
Эти подстанции не нуждаются в постоянном дежурном персонале, обслуживаются оперативными выездными бригадами (ОВБ) или дежурными на дому и по количеству составляют большинство среди подстанций данного типа (для облегчения обслуживания и диспетчерского контроля подстанции оснащают соответствующими устройствами связи и телемеханики).

3.6. Радиальная и магистральная схемы электроснабжения

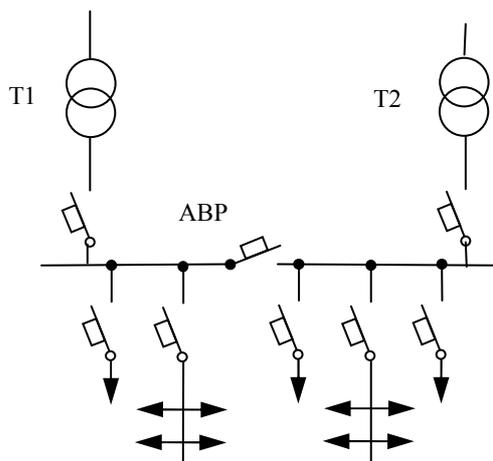
Схема электроснабжения объектов строительства зависит от их категории по надёжности и бесперебойности электроснабжения. Для электроснабжения производственных электроприёмников применяются радиальные, магистральные и смешанные схемы. Магистральная схема применяется для питания нескольких приёмников отдельного технического агрегата или небольшого количества мелких электроприёмников, не связанных технологическим процессом. По радиальной схеме подключаются наиболее мощные электроприёмники или отдельные распределительные пункты. Только радиальные или только магистральные схемы

применяются редко. Наибольшее распространение получили смешанные схемы, сочетающие и радиальные и магистральные признаки.

Магистральная схема электроснабжения



Смешанная схема электроснабжения



T1, T2 – трансформаторы двухтрансформаторной ТП, АВР – устройство автоматического резервирования

Принципиальная схема распределения электроэнергии от электростанции на напряжениях 10 и 35 кВ

На схеме показано, что две параллельные линии электропередачи Л-7 и Л-8 питают районную (городскую, промышленную) понижающую трансформаторную подстанцию П-7 на вторичное напряжение 10 кВ, от которой в свою очередь питаются понижающие подстанции потребителей — П-8, П-9, П-10 и др. От шин этих подстанций питаются электроприемники (как от шин подстанции П-1, П-2 и П-3).

Питание понижающих подстанций непосредственно от сборных шин станций или районных подстанций (подстанции П-1, П-2, П-3, П-8, П-9) целесообразно только при достаточно мощных и ответственных подстанциях. Группы небольших подстанций обычно целесообразнее питать от распределительных пунктов (РП), получающих питание от шин станции или районной подстанции.

На распределительном пункте электроэнергия не трансформируется, так как он предназначен только для распределения электроэнергии между отдельными понижающими подстанциями. От РП могут питаться подстанции городской электросети, цеховые подстанции и даже общезаводские подстанции.

Возможно питание нескольких подстанций от одной линии без сооружения РП, как это показано для подстанций П-10, П-11 и П-12. В обоих случаях уменьшаются число линий, отходящих от сборных шин станции или районной подстанции, и затраты на сооружение сети.

Подстанции П-10 и П-11 являются проходными, все остальные — тупиковыми, конечными.

Питание подстанций одиночными линиями, например питание подстанции П-1 линией Л-1, не обеспечивает бесперебойности электроснабжения, так как авария на линии или отключение ее для ремонта приводят к длительному прекращению питания потребителей подстанции. Для предотвращения этого резервируют питание подстанций, например, путем сооружения двух питающих линий: линий Л-3 и Л-4, питающих подстанцию П-3, линий Л-3 и Л-6, питающих РП, и др. В случае отключения одной из линий питание соответствующей подстанции бесперебойно продолжается по второй линии.

Принципиальная схема распределения электроэнергии от электростанции на напряжениях 10 и 35 кВ.

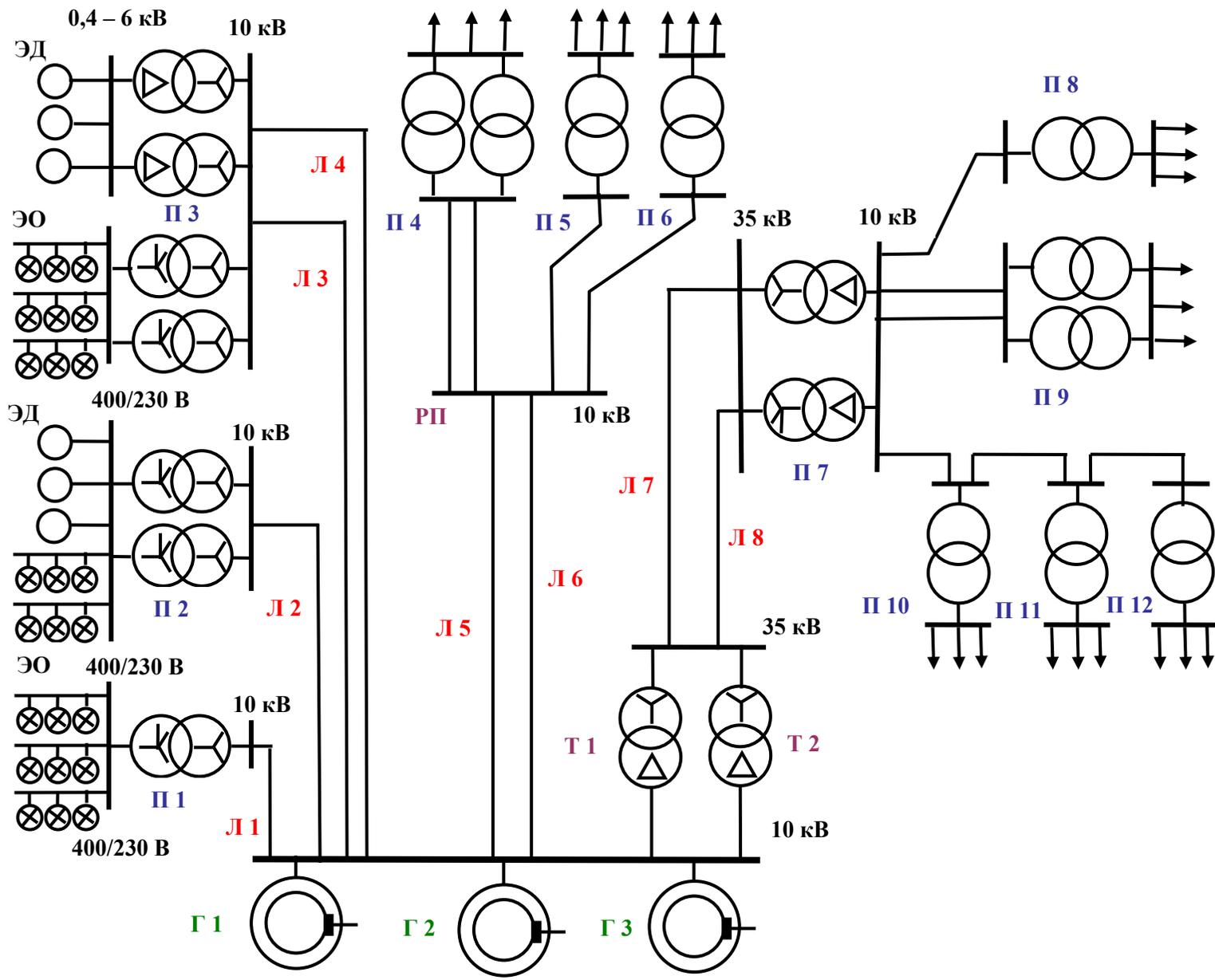
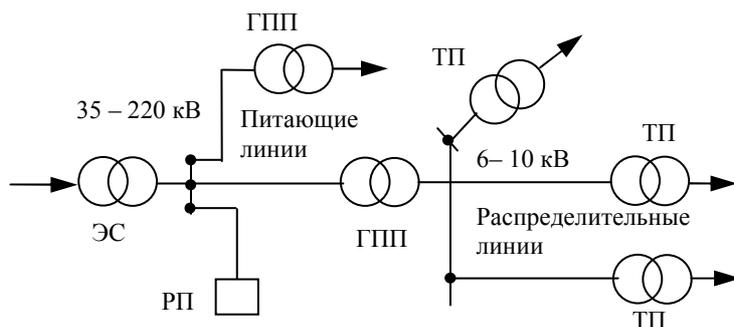
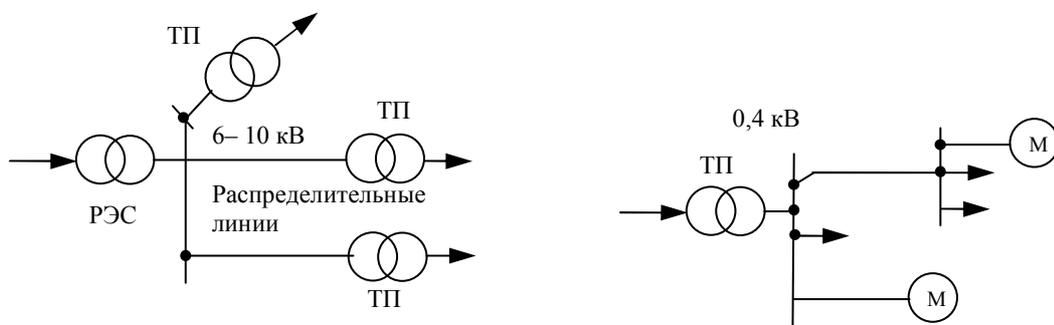


Схема электроснабжения строительства крупного промышленного предприятия



ЭС – энергосистема, ГПП – главная понижающая подстанция, ТП – трансформаторная подстанция, РП - распределительный пункт
 Электроснабжение от подстанции районной энергосистемы
 Распределение электроэнергии к электроприёмникам на напряжение до 1000 В



РЭС – районная энергосистема
 Возможно электроснабжение строительных площадок и сооружений от смежных источников питания (энергосистема) и от собственной электростанции. В качестве собственной электростанции может использоваться энергопоезд.
 М – нагрузка

3.7. Расчётные электрические нагрузки распределительных линий напряжением до 1 кВ

Расчётная электрическая нагрузка линии до 1 кВ при смешанном питании потребителей жилых домов и общественных зданий $P_{РЛ}$, кВт, определяется по формуле:

$$P_{РЛ} = P_{ЗД \max} + \sum_i^n k_{Уi} P_{ЗДи},$$

где $P_{ЗД \max}$ – наибольшая нагрузка здания из числа зданий, питаемых по линии, кВт;
 $P_{ЗДи}$ – расчётные нагрузки других зданий, питаемых по линии, кВт; $k_{Уi}$ – коэффициент участия в максимуме электрических нагрузок общественных зданий или жилых домов.

Расчётная нагрузка может определяться также с использованием удельных показателей.

Укрупнённая расчётная электрическая нагрузка микрорайона $P_{РМР}$, кВт, приведённая к шинам 0,4 кВ ТП, определяется по формуле

$$P_{РМР} = (P_{РЖДУД} + P_{ОБЩЗДУД}) \cdot S \cdot 10^{-3},$$

где $P_{ОБЩЗДУД}$ – удельная нагрузка общественных зданий микрорайонного значения, Вт/м², $P_{РЖДУД}$ – расчётная нагрузка жилых домов, принимаемая для домов с электроплитами – 2,6 Вт/м², с плитами на твёрдом или газообразном топливе – 2,3 Вт/м²; S – общая площадь жилых домов микрорайона, м².

В укрупнённых нагрузках общественных зданий микрорайонного значения учитываются предприятия торговли и общественного питания, детские сады, школы, аптеки, приёмные и

ремонтные пункты, жилищно-эксплуатационные конторы и другие учреждения согласно СНиП по планировке и застройке городских и сельских поселений.

Электрические нагрузки общественных зданий районного и городского значения, включая лечебные учреждения и зрелищные предприятия, определяются дополнительно согласно СП 31-110-2003.

Электрические нагрузки взаиморезервируемых линий (трансформаторов) при ориентировочных расчётах допускается определять умножением суммы расчётных нагрузок линий (трансформаторов) на коэффициент 0,9.

Коэффициенты участия в максимуме нагрузки

Наименование зданий с наибольшей расчётной нагрузкой	Жилые дома		Предприятия общественного питания		Средние учебные заведения, библиотеки	Общеобразовательные школы	Организации и учреждения управления, проектные и конструкторские организации, учреждения финансирования и кредитования	Предприятия торговли		Гостиницы	Парикмахерские	Детские сады	Поликлиники	Ателье и комбинаты	Предприятия коммунального обслуживания	Кинотеатры
	с электрическими плитами	с плитами на твёрдом или газообразном топливе	столовые	рестораны, кафе				односменные	полуполтора, двухсменные							
Жилые дома: с электрическими плитами с плитами на твёрдом или газообразном топливе	- 0,9	0,9 -	0,6 0,6	0,7 0,7	0,6 0,5	0,4 0,3	0,6 0,4	0,6 0,5	0,8 0,8	0,7 0,7	0,8 0,7	0,4 0,4	0,7 0,6	0,6 0,5	0,7 0,5	0,9 0,9
Предприятия общественного питания (столовые, кафе, рестораны)	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5
Общеобразовательные школы, средние учебные заведения, библиотеки	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Предприятия торговли (односменные и полуполтора-двухсменные)	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Организации и учреждения управления, проектные и конструкторские организации, учреждения финансирования и кредитования	0,5	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,5
Гостиницы	0,8	0,8	0,6	0,8	0,4	0,3	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,4	0,7	0,5	0,7	0,9
Поликлиники	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Ателье и комбинаты бытового обслуживания, предприятия коммунального обслуживания	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Кинотеатры	0,9	0,9	0,4	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2	0,8	0,7	0,8	0,2	0,4	0,4	0,5	-

3.8. Надёжность электроснабжения

Категории электроприёмников по надёжности электроснабжения определяются в процессе проектирования системы электроснабжения на основании нормативной документации, а также технологической части проекта.

В отношении обеспечения надёжности электроснабжения электроприёмники делятся на три категории.

Электроприёмники первой категории – электроприёмники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи, телевидения (противопожарные и охранные устройства, лифты, аварийное освещение, центральные тепловые пункты, здания с количеством работающих св. 2000 чел., здания учреждений областного, городского и районного значений с количеством работающих св. 50 чел., электроприёмники операционных и родильных блоков, отделений анестезиологии и реанимации, интенсивной терапии).

Из состава электроприёмников первой категории выделяется *особая группа* электроприёмников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов и пожаров.

Электроприёмники второй категории – электроприёмники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недопуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприёмники третьей категории – все остальные электроприёмники, не попадающие под определения первой и второй категорий.

Различают следующие режимы работы электроприёмников.

Нормальный режим потребителя электрической энергии – режим, при котором обеспечиваются заданные значения параметров его работы.

Послеаварийный режим – режим, в котором находится потребитель электрической энергии в результате нарушения в системе его электроснабжения до установления нормального режима после локализации отказа.

Электроснабжение приёмников первой категории в нормальных режимах осуществляется от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. Для электроснабжения особой группы электроприёмников первой категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.

Независимый источник питания – источник питания, на котором сохраняется напряжение в послеаварийном режиме в регламентированных пределах при исчезновении его на другом или других источниках питания.

К числу независимых источников питания относятся две секции или системы шин одной или двух электростанций и подстанций при одновременном соблюдении следующих двух условий:

- каждая из секций или систем шин в свою очередь имеет питание от независимого источника питания;
- секции (системы) шин не связаны между собой или имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной из секций (систем) шин.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприёмников и в качестве второго независимого источника питания для остальных приёмников первой категории могут быть использованы местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного напряжения), предназначенные для этих целей агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т.п.

Перерыв электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

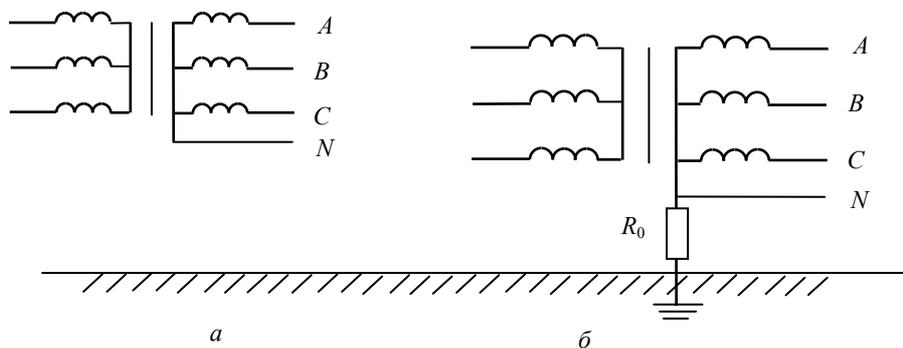
Электроприёмники второй категории в нормальных режимах работы должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. При нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы

перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

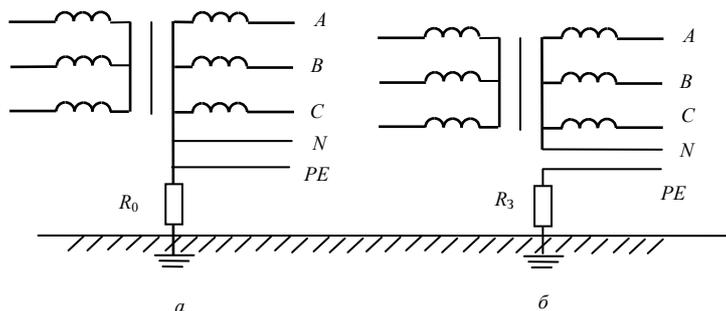
Для электроприёмников третьей категории электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены повреждённого элемента системы электроснабжения не превышают 1 суток.

3.9. Трёхфазная четырёхпроводная сеть

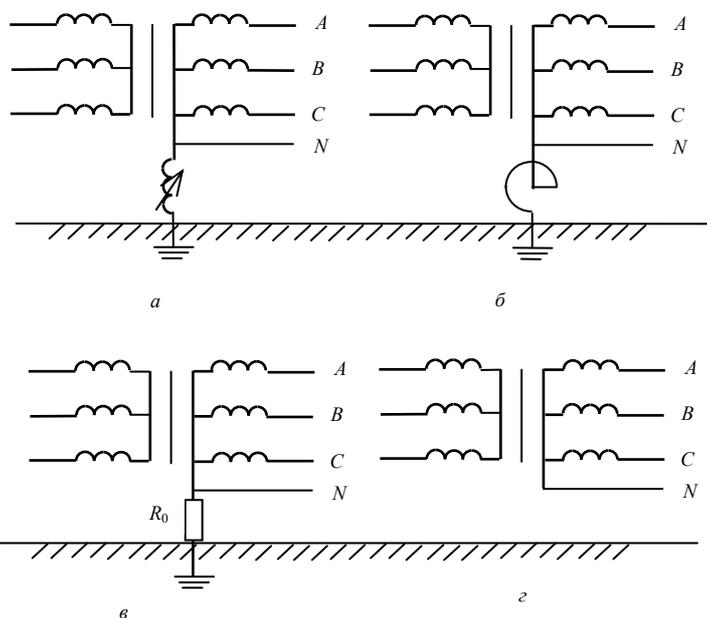
Четырёхпроводные электрические сети – это сети трёхфазного тока с нейтральным проводом (в сетях с изолированной от земли нейтралью, а) или с нулевым проводом (в сетях с глухо заземлённой нейтралью источника тока, б).



Пятипроводные электрические сети – это сети трёхфазного тока, которые отличаются от четырёхпроводных тем, что в них функции нулевого рабочего и нулевого защитного проводников разделены – проводник N и PE.



Способы заземления нейтрали



- а) сети с глухозаземлённой или эффективно заземлённой нейтралью выше 1000 В (с большими токами замыкания на землю);
- б) сети с изолированной или заземлённой через дугогасящий реактор или резистор нейтралью выше 1000 В (с малыми токами замыкания на землю);
- в) сети с глухозаземлённой нейтралью до 1000 В;
- г) сети с изолированной нейтралью до 1000 В.

Нейтраль (нейтральная точка) обмотки источника или потребителя энергии – точка, напряжения которой относительно всех внешних выводов обмотки одинаковы по абсолютному значению.

Заземлённая нейтральная точка носит название **нулевой** точки. Проводник, присоединённый к нейтральной точке, называется **нейтральным проводником**, а к нулевой точке – **нулевым проводником**.

Электрической сетью с эффективно заземлённой нейтралью называется трёхфазная электрическая сеть напряжением выше 1000 В, в которой коэффициент замыкания на землю не превышает 1,4.

Коэффициентом замыкания на землю в трёхфазной электрической сети называется отношение разности потенциалов между неповреждённой фазой и землёй в точке замыкания на землю другой или двух фаз к разности потенциалов между фазой и землёй в этой точке до замыкания.

Изолированной нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, не присоединённая к заземляющему устройству или присоединённая к нему через приборы сигнализации, измерения, защиты, заземляющие дугогасящие реакторы и подобные им устройства, имеющие большое сопротивление.

Глухозаземлённой нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, присоединённая к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (например, через трансформатор тока).

Схема сети, а, следовательно, и режим нейтрали источника тока, питающего сеть, выбираются по технологическим требованиям и по условиям безопасности.

Для трёхфазных сетей напряжением 110 кВ и выше применяют эффективное заземление нейтрали, для сетей 1 – 35 кВ – с изолированной нейтралью.

По условиям безопасности в сетях напряжением выше 1000 В заземлённая нейтраль также предпочтительнее, так как вследствие большой ёмкости проводов относительно земли защитная роль их изоляции практически полностью утрачивается и для человека становится одинаково опасно прикосновение к токоведущим частям сети, как с изолированной, так и с заземлённой нейтралью. К тому же в сетях напряжением выше 1000 В с изолированной нейтралью при дуговых замыканиях на землю вокруг места замыкания могут возникать и длительно существовать высокие потенциалы и разности потенциалов, т.е. большие напряжения прикосновения и шага, опасные для людей. С другой стороны, в сетях с изолированной нейтралью при замыкании одной из фаз на землю напряжение двух других неповреждённых фаз увеличивается в 3 раза. Следовательно, фазная изоляция таких сетей должна рассчитываться на линейное напряжение, так как эти сети могут длительно работать при однофазном замыкании. Это значит, что данные сети должны иметь устройства контроля состояния изоляции, а релейная защита настраивается на сигнализацию, а не на отключение однофазных замыканий на землю.

Сети с глухозаземлённой нейтралью до 1000 В в нашей стране по технологическим требованиям получили предпочтение, поскольку они позволяют использовать два рабочих напряжения – фазное и линейное ($U_{л} = \sqrt{3}U_{ф}$). При этом достигается значительное удешевление электроустановок благодаря применению меньшего числа трансформаторов, проводов меньшего сечения и т.д.

По условиям безопасности сети с глухозаземлённой нейтралью следует применять, где невозможно обеспечить хорошую изоляцию проводов, когда нельзя быстро отыскать и устранить повреждение изоляции. Возникающие при этом токи короткого замыкания способствуют быстрому отключению повреждённого участка или повреждённой электроустановки с помощью релейной защиты или такой защитной меры, как зануление.

Сети с изолированной нейтралью до 1000 В по условиям безопасности целесообразно применять на объектах с повышенной опасностью поражения человека электрическим током в тех случаях, когда имеется возможность высокий уровень сопротивления изоляции проводов сети относительно земли и когда ёмкость проводов относительно земли незначительна. Такими являются сети до 1000 В небольшой протяжённости, не подверженные воздействию агрессивной среды и находящиеся под постоянным надзором электротехнического персонала.