

# ***ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИ*** ***Е***

---

## ***Часть 1***

Преподаватель: к.т.н., Буякова Наталья Васильевна

# *Основные понятия*

*Электроснабжением* называется обеспечение потребителей электрической энергией.

*Системой электроснабжения* называется совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электроэнергией.

В системе электроснабжения объектов можно выделить три вида электроустановок:

- по производству электрической энергии - электрические станции (на предприятиях со значительной тепловой нагрузкой);
- по передаче, преобразованию и распределению электроэнергии - электрические сети и подстанции;
- по потреблению электрической энергии в производственных и бытовых нуждах - приемники электрической энергии.

*Электрической станцией* называют предприятие или электроустановку, предназначенную для производства электрической энергии. На электростанциях различные виды энергии (энергия топлива, падающей воды, ветра и др.) с помощью электрических машин, называемых генераторами, преобразуются в электрическую энергию.

В зависимости от используемого вида первичной энергии электрические станции можно разделить на следующие основные группы: тепловые, атомные, гидравлические, ветряные и альтернативных источников энергии.

*Приемником* электрической энергии (электроприемником) называется аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

По технологическому назначению электроприемники классифицируют в зависимости от вида энергии, в который данный приемник преобразует электрическую энергию:

электродвигатели приводов машин и механизмов; электротермические установки; электрохимические установки; установки электроосвещения; установки электростатического и электромагнитного поля; установки искровой обработки, устройства контроля и испытания изделий.

Электроустановки характеризуются номинальными параметрами: напряжением, током, мощностью и др.

Совокупность электроприемников объединенных технологическим процессом в цеха, корпуса, предприятия, присоединенных с помощью электрических сетей к общему пункту электропитания, называют **потребителем электрической энергии** (электропотребителем).

**Электрической сетью** называется совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций и распределительных устройств, и соединяющих их линий электропередачи (воздушные, кабельные линии и токопроводы) работающих на определенной территории.

**Электрической подстанцией** называют электроустановку, предназначенную для приема, преобразования и распределения электроэнергии и состоящей из трансформаторов или других преобразователей энергии, устройства управления, защиты, измерения и вспомогательных устройств.

Распределение поступающей электроэнергии без ее преобразования или трансформации выполняется на *распределительных подстанциях* и *распределительных устройствах*.

Электрические сети выполняют в основном по системе трехфазного переменного тока.

Принятая частота переменного тока в Российской Федерации равна 50Гц.

По характеру электропотребления и территориальному размещению электроприемников объектов различают системы электроснабжения промышленных предприятий, городов, агропромышленного комплекса и электрифицированного транспорта.

# ***ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ***

В настоящее время широко используется централизованное электроснабжение объектов.

*Централизованным электроснабжением* называют обеспечение потребителей электрической энергией от энергосистемы.

*Энергетической системой* называется совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, объединенных общим и непрерывным процессом выработки, преобразования и распределения тепловой и электрической энергии.

Электроснабжение потребителей от объединенных энергетических систем вызвано огромными преимуществами по сравнению с электроснабжением от отдельных электрических станций.

При создании объединенных энергетических систем можно уменьшить суммарную установленную мощность электростанций.

Большая совокупность потребителей электрической энергии характеризуется *графиком нагрузки*.

Максимум суммарной нагрузки системы меньше, чем сумма максимумов нагрузок отдельных потребителей.

Это объясняется несовпадением максимумов нагрузок отдельных потребителей.

В энергетических системах, охватывающих обширные географические районы, несовпадение максимумов вызвано расположением потребителей в разных часовых поясах.

Установленная мощность электростанций в системе должна быть достаточна для покрытия максимальных нагрузок и потерь мощности в электрических сетях.

Объединение нескольких электростанций различных видов позволяет повысить экономичность выработки электроэнергии, в частности более полно использовать гидроресурсы.



# *КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИЕМНИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ*

Электроприемники промышленных предприятий можно классифицировать по технологическому назначению, режиму работы, по роду тока, установленной (номинальной) мощности и номинальному напряжению.

**По технологическому назначению** электроприемники классифицируют в зависимости от вида энергии, в который данный приемник преобразует электрическую энергию:

1. электродвигатели приводов машин и механизмов;
2. электротермические установки;
3. электрохимические установки;
4. установки электроосвещения;
5. установки электростатического и электромагнитного поля;
6. установки искровой обработки, устройства контроля и испытания изделий.

**По режиму работы** приемники электрической энергии промышленных предприятий можно разделить на три группы:

1. приемники, работающие в продолжительном режиме с неизменной или мало изменяющейся нагрузкой;
2. приемники, работающие в режиме кратковременной нагрузки;
3. приемники, работающие в режиме повторно-кратковременной нагрузки.

**По роду тока** электроприемники группируют на электроприемники, работающие от сети:

1. переменного тока промышленной частоты 50Гц;
2. переменного тока с частотой отличной от промышленной частоты;
3. постоянного тока.

Приемники переменного тока делят на однофазные и трехфазные.

В настоящее время электроснабжение предприятий ведется на переменном трехфазном токе частотой 50Гц.

Для питания электроприемников постоянного тока и переменного тока повышенной или пониженной частоты на промышленных предприятиях сооружают преобразовательные установки.

Преобразовательные установки питаются от сети трехфазного тока и поэтому являются трехфазными электроприемниками.

Однофазные электроприемники включают на фазные и линейные напряжения.

Нагрузку электроприемников распределяют по возможности равномерно по фазам.

## ***ВЫБОР ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ***

Электроприемники промышленных предприятий условно можно объединить в группы **общепромышленных** и **специализированных технологических установок**.

Отличительной особенностью электроприемников общепромышленных установок является то, что мы можем заменить каждый электроприемник из этой группы на электроприемник другого типа или мощности без потери выполняемых технологических функций.

Специализированные технологические установки выпускаются промышленностью в единичных экземплярах по индивидуальному заказу.

К общепромышленным установкам можно отнести: электродвигатели, которые предназначены для привода агрегатов и механизмов промышленных предприятий; осветительные установки, а так же некоторые установки других технологических групп электроприемников.

Выбор электроустановок того или иного типа может в значительной степени улучшить технико-экономические показатели электропотребления промышленного предприятия.

В настоящее время отечественной и зарубежной промышленностью для привода агрегатов и механизмов выпускаются различные виды электродвигателей, различного номинального напряжения, различной установленной мощности.

Выбор того или иного электродвигателя может оказать существенное влияние на режимы электропотребления промышленного предприятия, на выбор схемы и элементов системы электроснабжения.

Поэтому выбор электродвигателей общепромышленных установок должен быть технически обоснован, при необходимости подтвержден технико-экономическими расчетами сравнения различных вариантов выбора.

В качестве осветительных установок можно использовать светильники с лампами накаливания различных типов, с люминесцентными лампами, с ртутными лампами высокого давления.

Такое многообразие светильников позволяет разрабатывать различные варианты освещения производственных помещений и из этих вариантов выбрать наиболее подходящий, создающий наиболее комфортные условия работы при минимальных затратах.

Для правильного и обоснованного выбора типа электроприемников и способов канализации электрической энергии необходимо проанализировать условия эксплуатации: *климат, категория размещения, взрывопожароопасность, пожароопасность и опасность поражения электрическим током в зоне размещения.*

## ***КАТЕГОРИИ НАДЕЖНОСТИ И ТРЕБОВАНИЯ К ИСТОЧНИКАМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ***

Промышленные предприятия, как правило, состоят из нескольких производств.

При проектировании системы электроснабжения предприятия необходимо учитывать требования технологических процессов производств.

Анализируя режимы работы наиболее ответственных аппаратов, агрегатов, механизмов, обеспечивающих протекание технологических процессов, определяют категорию надежности электроснабжения электроприемников.

В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяют на следующие три категории:

Электроприемники **I категории** - электроприемники, перерыв в электроснабжении которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов народного хозяйства.

Электроприемники **II категории** электроприемники, перерыв в электроснабжении которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям оборудования, рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники **III категории** — все остальные электроприемники не входящие в I и II группу.

Из состава электроприемников I категории выделяют *особую группу* электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего основного оборудования.



Электроснабжение электроприемников I категории должно обеспечиваться от двух независимых источников электроснабжения.

Источник питания считается независимым, если в послеаварийном режиме на нем сохраняется напряжение в регламентированных пределах при исчезновении его на других источниках питания.

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

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

При нарушении питания приемников I категории от одного источника питания перерыв в электроснабжении допускается на время автоматического подключения к другому независимому источнику питания.

Для электроснабжения электроприемников особой группы должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого, взаимно резервирующего источника.

Приемники особой категории подключают к секции шин третьего независимого источника. Одними из требуемых источников питания могут быть местные электростанции (ТЭС и ТЭЦ предприятия), шины генераторного напряжения энергосистем, аккумуляторные батареи, специальные агрегаты бесперебойного питания и другие источники.

В случаях, когда нельзя обеспечить необходимой непрерывности технологического процесса осуществляют технологического резервирование. Для безаварийной остановки технологического процесса устанавливают взаимно резервирующие технологические агрегаты, специальные устройства останова.

Питание электроприемников II категории рекомендуется обеспечивать от двух независимых источников электроснабжения.

Допускается питание от одного источника. Как правило, для промышленных предприятий II категории надежности электроснабжения электроприемников при трех сменной работе от питание обеспечивается от двух независимых источников, а при двух сменной работе питание обеспечивается от одного источника.

Считается, что массовый недовыпуск продукции из-за нарушения электроснабжения при двухсменной работе может быть скомпенсирован работой в третью смену.

При питании электроприемников от различных систем шин электростанции или подстанции рационально использовать одну двух цепную воздушную линию электропередачи, что не противоречит ПУЭ.

Электроснабжение электроприемников III категории может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы в электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают одних суток.

## ***ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СХЕМАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ***

Система электроснабжения промышленного предприятия состоит из источников питания и линий электропередачи, осуществляющих подачу и электроэнергию к предприятию, понизительных, распределительных и преобразовательных подстанций и связывающих их воздушных, кабельных линий и токопроводов, обеспечивающих на требуемом напряжении подвод электроэнергии к ее потребителям.

Различают схемы первичных и вторичных электрических соединений электроустановок.

***К первичным цепям*** относят главные цепи электроустановок, по которым электрическая энергия передается потребителям.

***К вторичным цепям*** относят цепи, служащие для соединения вторичного электрооборудования - измерительных приборов, приборов и аппаратов управления и сигнализации, устройств релейной защиты и автоматики.

Рассмотрим схемы электрических соединений первичных цепей.

## ***СХЕМЫ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ. СХЕМЫ ПОДСТАНЦИЙ***

Для промышленных предприятий наиболее экономичной и надежной является централизованная система электроснабжения с применением глубоких вводов.

Электроснабжение промышленного предприятия от энергосистемы осуществляется воздушными линиями (35-220кВ) или кабельными линиями (35-110кВ).

Прием электроэнергии производится на главных понизительных подстанциях (ГПП) или на узловых распределительных подстанциях (УРП)

**Главной понизительной подстанцией** называется подстанция, получающая питание от энергосистемы, преобразующая и распределяющая электроэнергию на низком напряжении (6-10кВ) по предприятию или его отдельным районам.

**Узловой распределительной подстанцией (УРП)** называется центральная подстанция предприятия получающая электроэнергию от энергосистемы и распределяющая ее на том же напряжении по подстанциям глубоких вводов (ПГВ) на территории предприятия.

**Подстанцией глубоких вводов** называется подстанция, выполненная по упрощенным схемам коммутации на первичном напряжении, получающая электроэнергию от УРП или непосредственно от энергосистемы, преобразующая и распределяющая электроэнергию на низком напряжении (6-10кВ) по отдельным районам предприятия.

При построении схемы электроснабжения следует, как правило, исходить из раздельной работы линий и трансформаторов, при этом снижаются уровни токов короткого замыкания, упрощаются схемы коммутации и релейной защиты.

Для восстановления питания потребителей применяются простейшие схемы автоматики АВР и АПВ. Схемы с параллельной работой применяются в следующих случаях:

1. Если при раздельной работе не удастся добиться необходимого быстродействия восстановления питания, например при недопустимой задержке действия АВР на подстанциях с мощными синхронными двигателями (5000кВт и выше);
2. Если при питании секций подстанций от разных источников, возможно, их несинхронное включение при действии АВР (при наличии собственных ТЭЦ или ТЭС);
3. При питании мощных потребителей с резкопеременными ударными нагрузками для обеспечения нормируемых параметров качества электроэнергии.



Питание потребителей с нелинейной резкопеременной нагрузкой следует производить отдельно с так называемой "спокойной" нагрузкой, с выделением на отдельные линии или трансформаторы.

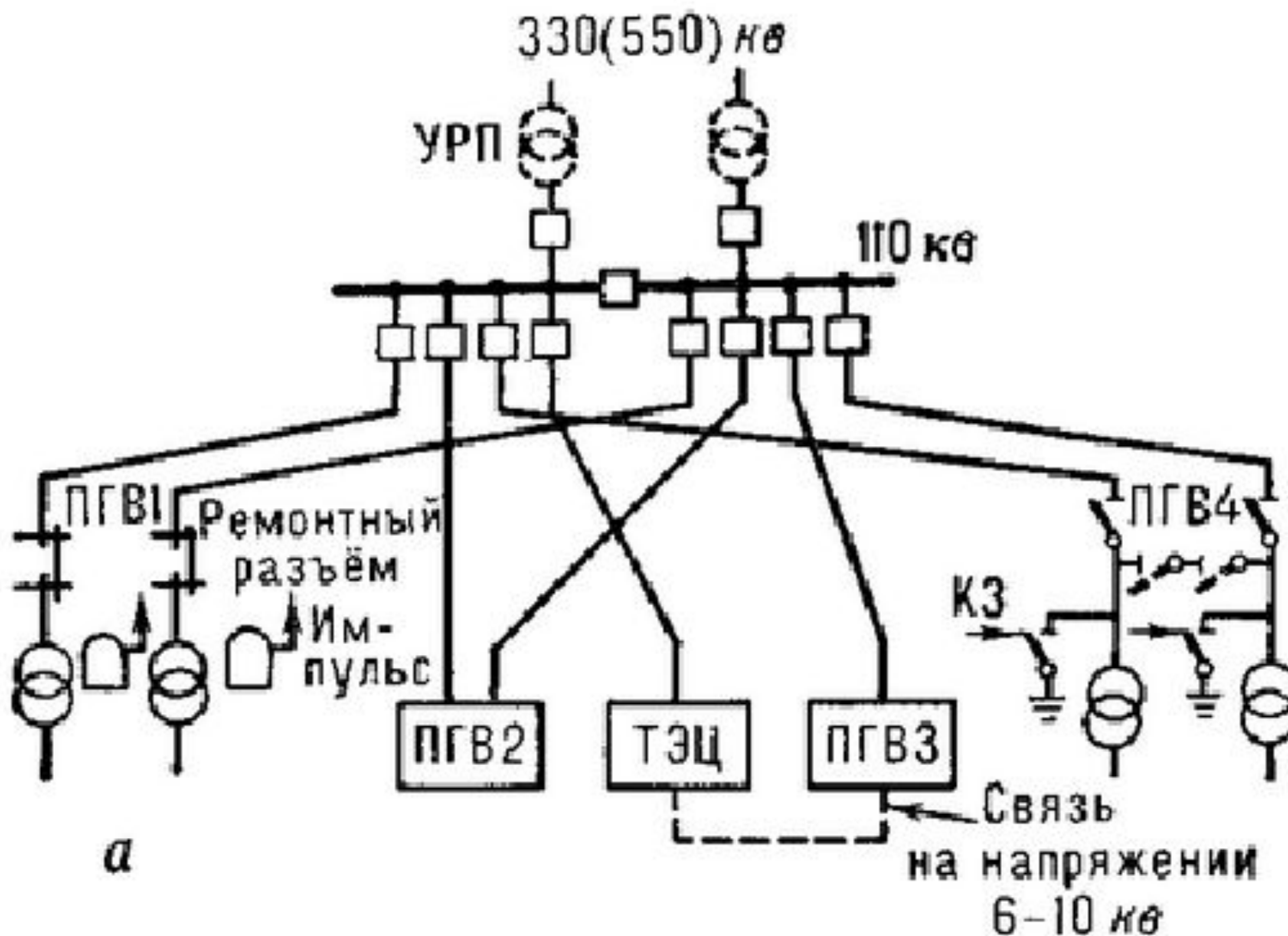
При применении на подстанциях трансформаторов с расщепленными обмотками вторичного напряжения на одну обмотку подключают резкопеременную нагрузку, а на другую спокойную, включая освещение.

При использовании для ограничения токов короткого замыкания сдвоенных реакторов, присоединение спокойных и ударных нагрузок должно производиться в разные плечи реакторов.

Применяют радиальные и магистральные схемы глубоких вводов.

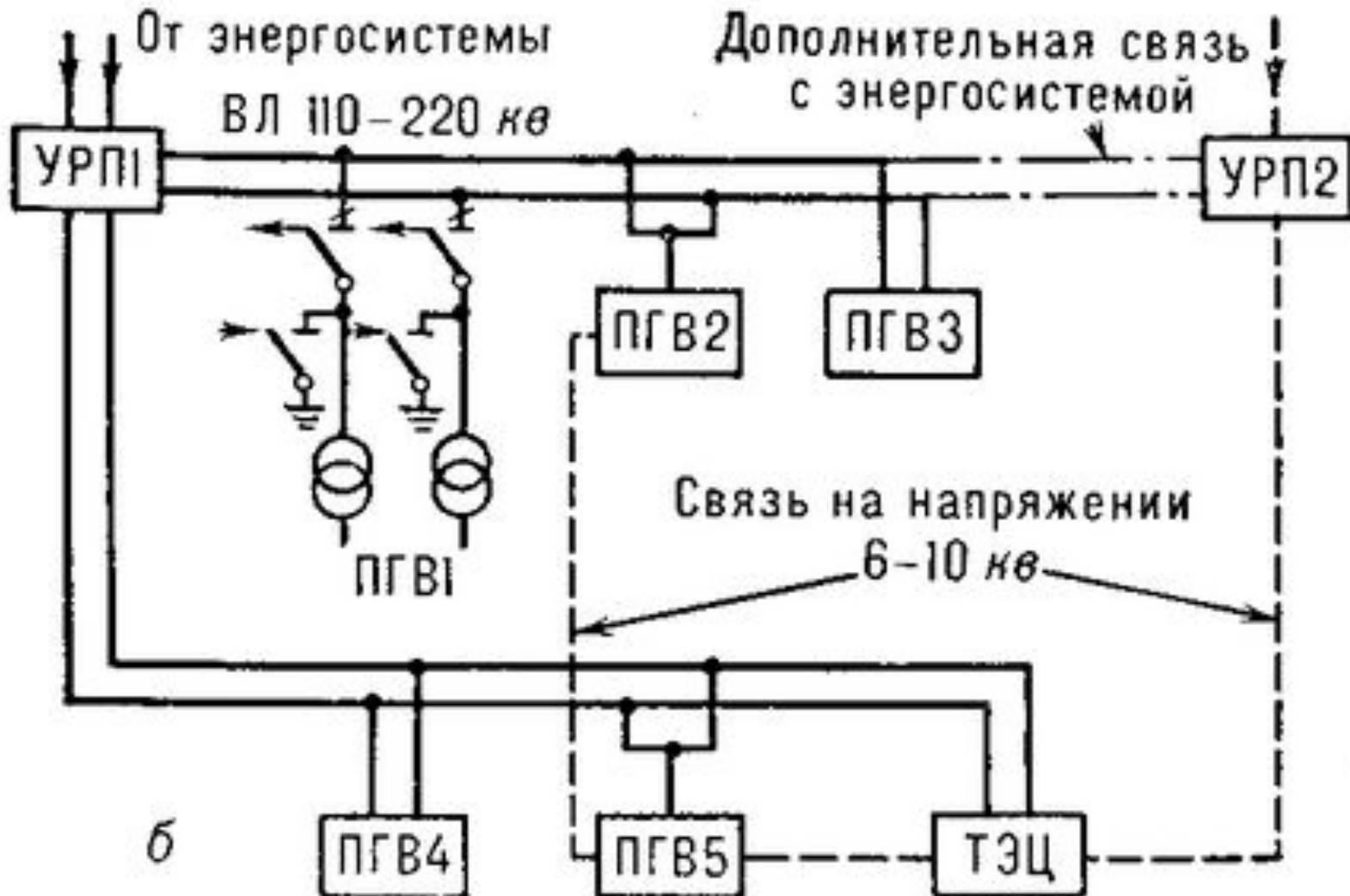
## Радиальная схема глубоких вводов 110 и 220 кВ

(ПГВ - подстанции глубокого ввода; УРП - узловая распределительная подстанция).

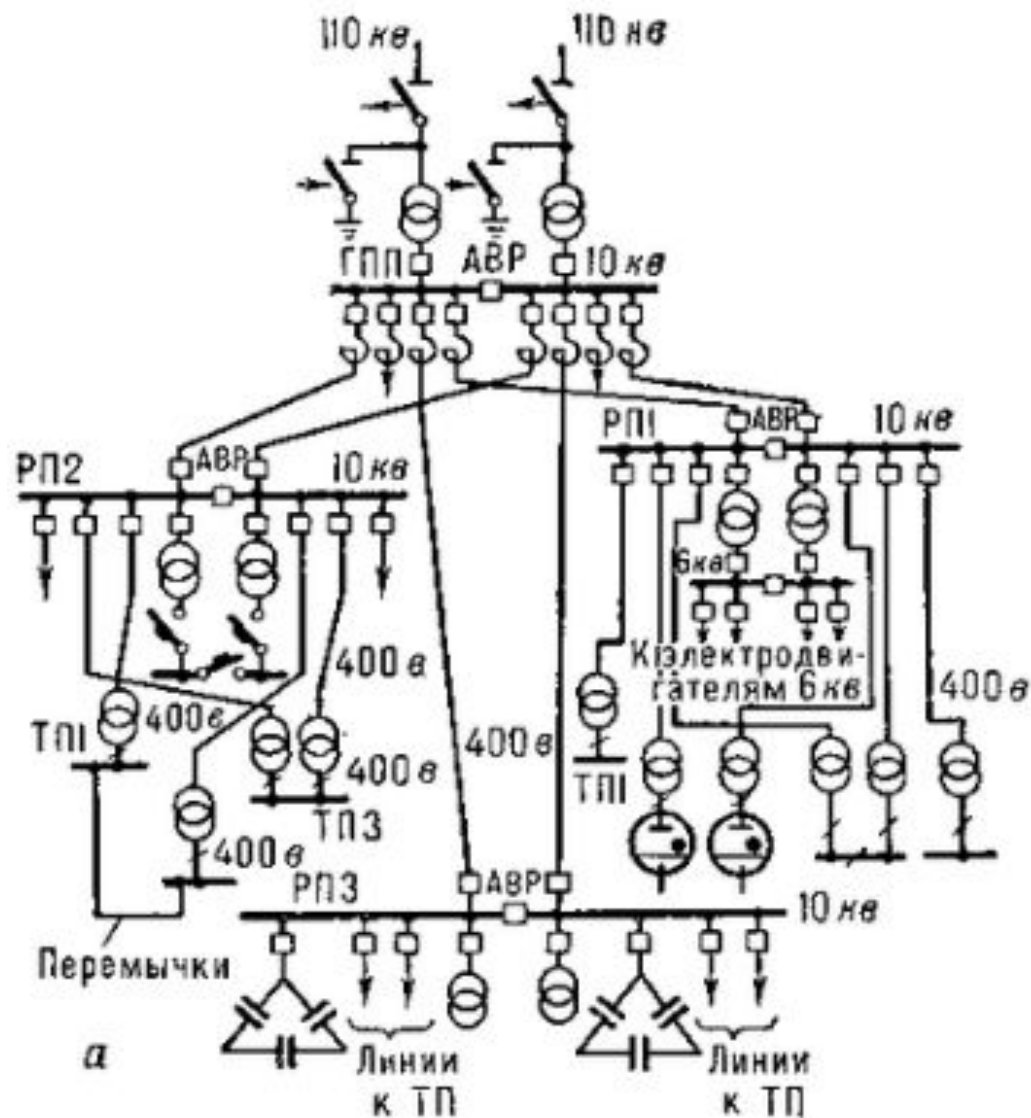


## Магистральная схема глубоких вводов 110 и 220 кВ

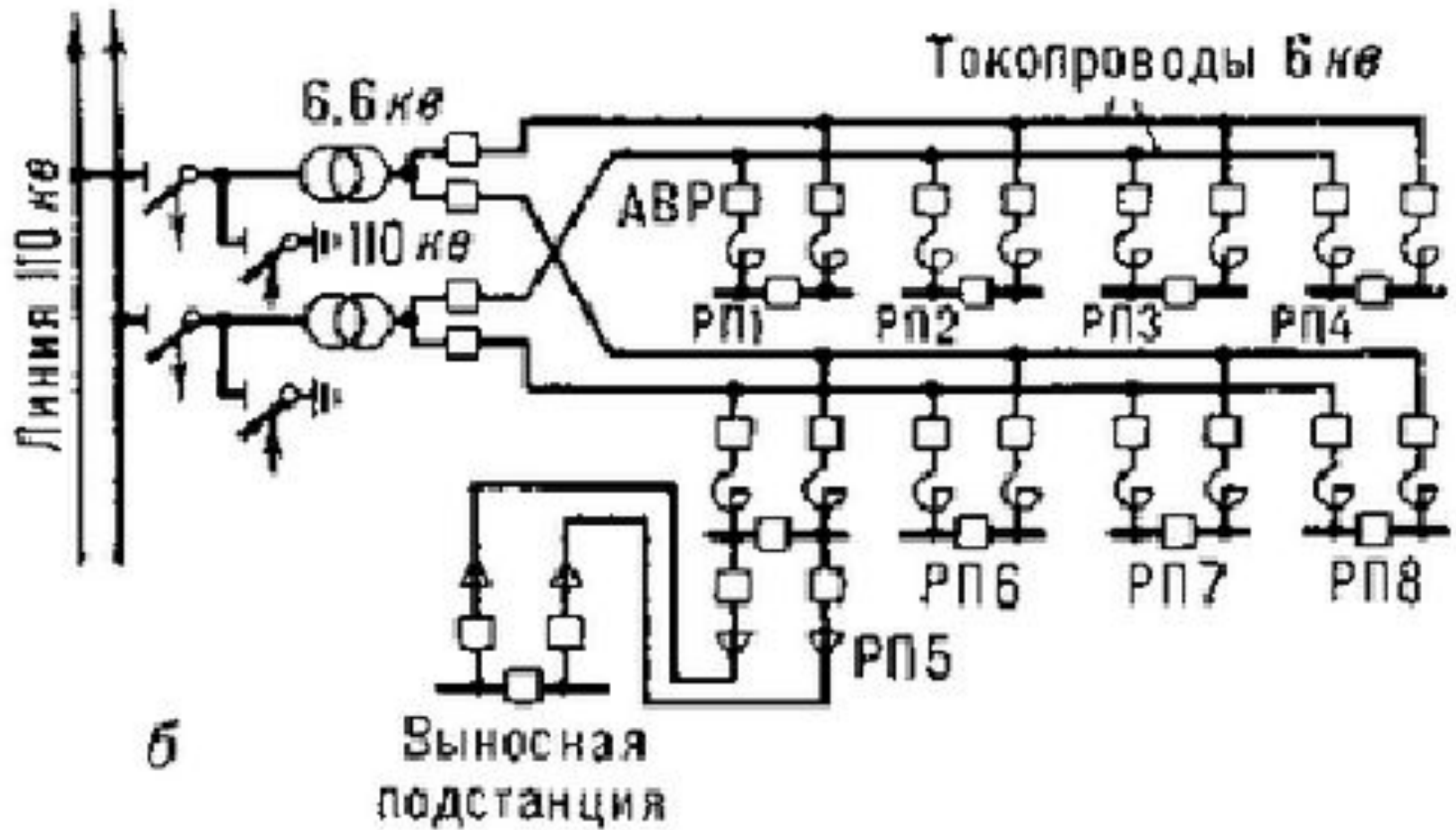
(ПГВ - подстанции глубокого ввода; УРП - узловая распределительная подстанция).



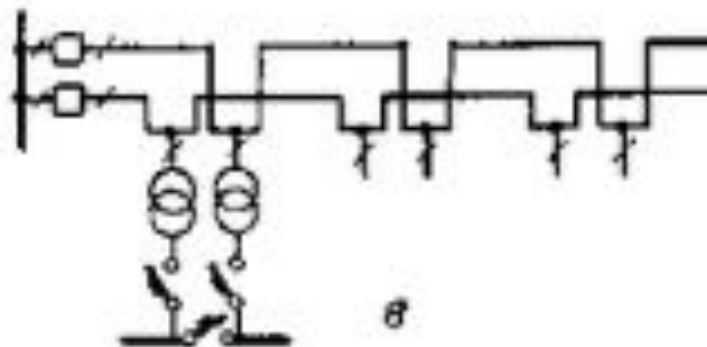
Двухступенчатая радиальная с промежуточными распределительными пунктами (РП)



## Магистральная с токопроводами



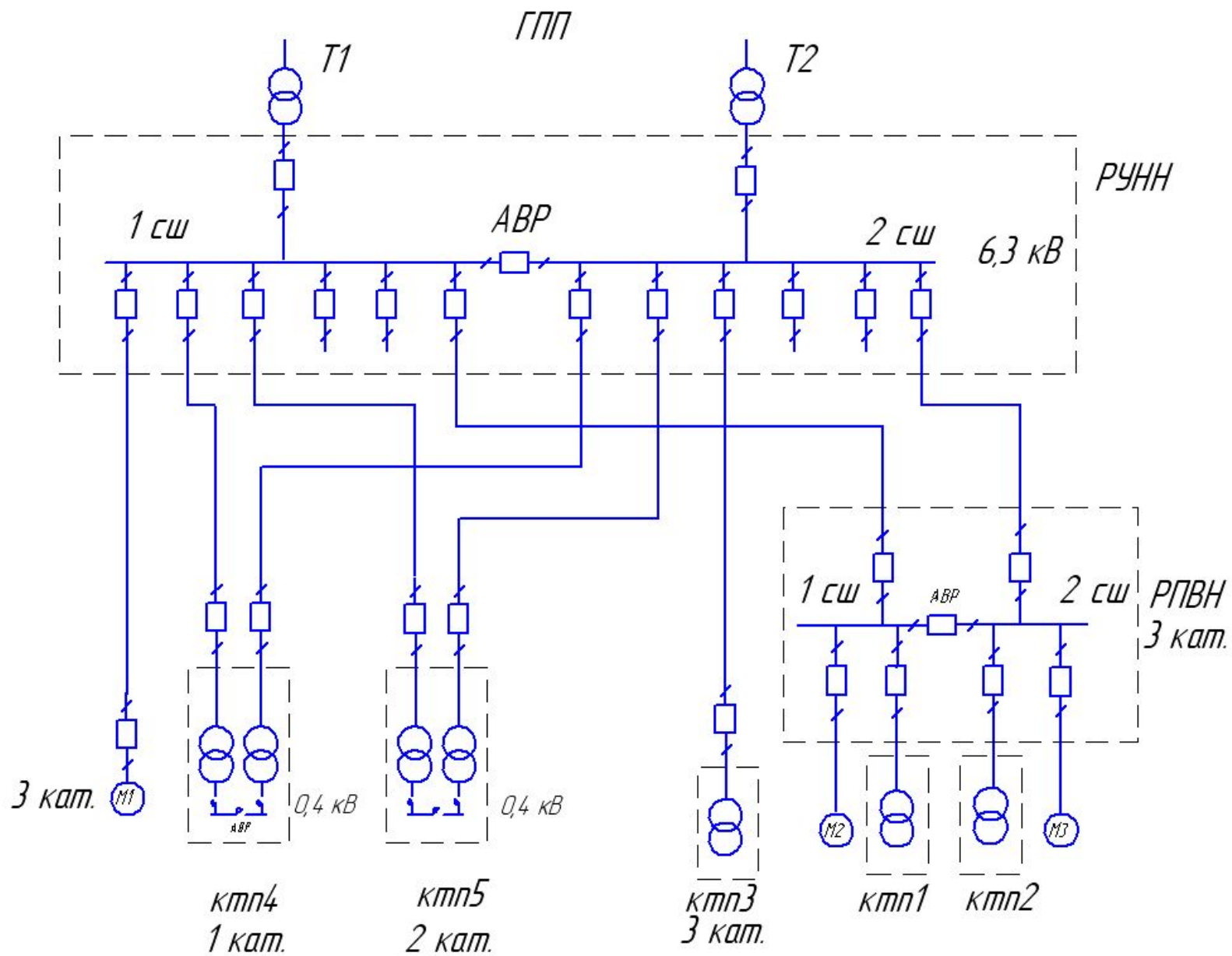
Двухлучевая с автоматическим включением резерва (АВР) на напряжение 0,4 кВ (ГПП - главная понизительная подстанция; ТП — трансформаторная подстанция)



## ***ВНУТРИПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ***

Распределение электрической энергии во внутрипромышленных электрических сетях выполняется по радиальным, магистральным или смешанным схемам в зависимости от территориального размещения нагрузок, их значения, требуемой степени надежности и других особенностей проектирования предприятия.

Радиальные схемы распределения применяют в тех случаях, когда нагрузки рассредоточены по предприятию. Радиальные схемы могут быть одно- или двух ступенчатыми. Обычно применяют две ступени.





Первой ступенью распределения электроэнергии является сетевое звено между РУ 6-10кВ понижающей подстанцией ГПП или ПГВ и РП объекта электроснабжения. От РУ ГПП или ПГВ радиальными линиями питаются отдельные мощные электроприемники и потребители находящиеся вблизи подстанции. Сетевое звено выполняется воздушными, кабельными линиями или токопроводами.

Второй ступенью является звено внутрив заводской сети между РП и цеховыми трансформаторными подстанциями или отдельными электроприемниками напряжением 6-10кВ: электродвигателями, электропечными установками, трансформаторами преобразовательных агрегатов. Выполняется кабельными линиями.

В РП 6-10кВ применяют схему с одной секционированной системой шин. Питание РП осуществляется двумя кабельными линиями, которые работают раздельно каждая на свою секцию. Каждая кабельная линия должна быть рассчитана на полную мощность РП. В этом случае схему можно использовать для питания потребителей I и II категории.

Магистральные схемы применяют при распределении нагрузок в одном территориальном направлении.

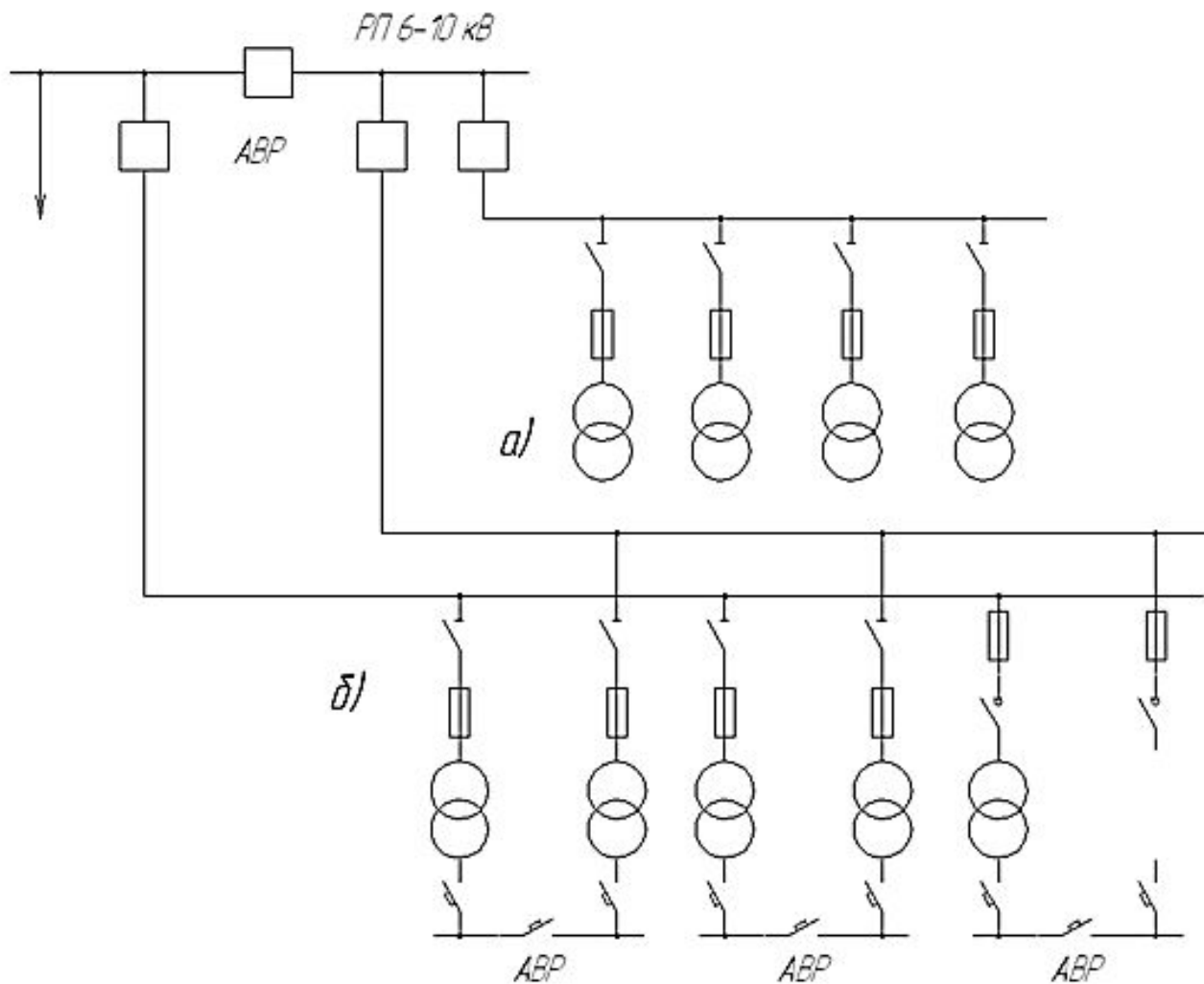
Магистральные схемы разделяют две группы.

В первую группу входят одиночные и кольцевые схемы .

Одиночные магистрали могут быть выполнены без резервирования для питания потребителей III категории надежности, с резервированием по связям вторичного напряжения для питания потребителей II категории.

Кольцевые схемы применяют для питания потребителей II категории надежности.

# Магистральные схемы с односторонним питанием (а - одиночные; б – двойные)

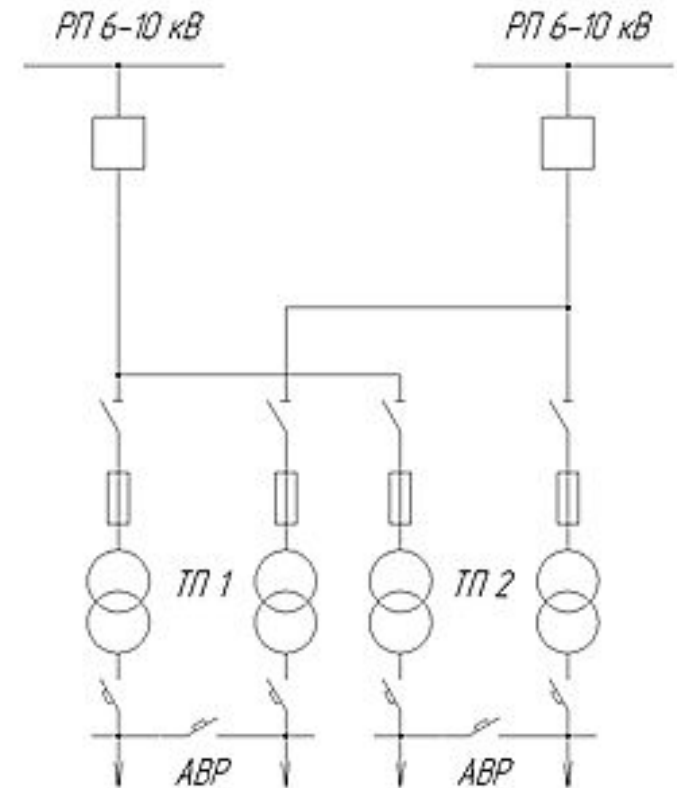
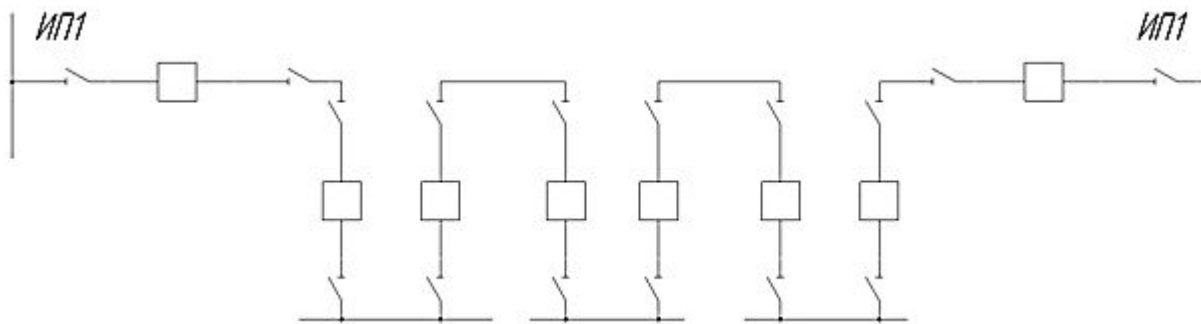


Для питания потребителей I и II категории надежности применяются более надежные схемы с двумя и более параллельными сквозными магистралями.

Схемы с двойными сквозными магистралями применяют для питания РП с двумя секциями шин и для питания цеховых двух трансформаторных подстанций без сборных шин высокого напряжения.

Секции шин или трансформаторы при нормальном режиме работают отдельно, а в случае повреждения одной магистрали все подстанции переключаются на магистраль оставшуюся в работе.

## Магистральные схемы с двусторонним питанием:



При наличии особых групп электроприемников первой категории предусматривают третий источник, который имеет минимальную мощность для безаварийного останова производства.

Во избежание перегрузки третьего источника питание приемников особой группы должно выделяться на отдельную секцию шин, автоматически подключаемую к этому источнику.

Для обеспечения постоянной готовности аварийного источника к немедленному включению предусматривается его перевод в режим "горячего" резерва (включение на холостой ход дизельной электростанции) сразу после отключения по какой-либо причине одного из двух основных источников.

## СХЕМЫ ВНУТРИЦЕХОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Электрические сети напряжение до 1кВ питают электроприемники обслуживающие технологический процессы на промышленных предприятиях.

Сети низкого напряжения отличаются большим числом электродвигателей, элементов пусковой, коммутационной и защитной аппаратуры. В них расходуется огромное количество проводникового материала и кабельной продукции.

Источником питания этих сетей являются цеховые трансформаторные подстанции.

Схемы цеховых сетей строят в соответствии с требованиями технологического процесса. Конструктивное выполнение цеховой сети должно обеспечивать безопасность ее эксплуатации в зависимости от окружающей среды, гибкость при перестановке или замене оборудования.

Цеховые электрически сети выполняются по трем схемам: радиальной, магистральной с сосредоточенной нагрузкой и магистральной с равномерно распределенной нагрузкой.

Схемы имеют питающую и распределительную сеть.

От шин низкого напряжения отходит питающая линия, которая по радиальной или магистральной схеме обеспечивает питание цеховых РП.

По магистральной схеме возможно прямое подключение потребителей электроэнергии. Распределительная сеть питает приемники электрической энергии от РП.



Радиальную схему питания применяют для достаточно мощных приемников электрической энергии.

Магистральная схема питания имеет преимущественное применение для равномерно распределенной нагрузки в цехах, когда приемники расположены близко друг к другу.

Для обеспечения универсальности цеховых сетей магистрали рассчитывают на пропускную способность равную полной мощности питающего трансформатора.

Это делается для удобства питания при изменении технологического процесса производства и замены электроприемников.

Распределительные сети выполняют преимущественно по радиальной схеме, за исключением сетей освещения.

К достоинствам радиальных схем относят повышенную надежность электроснабжения, гибкость сети в отношении расширения, приспособленность к организации систем управления.

Недостатками радиальных схем являются большие затраты на сооружение сети, из-за большого числа отходящих линий.

К достоинствам магистральных схем относят низкие затраты на сооружение сети, удобство монтажа сети шинопроводами.

Недостатками магистральных схем являются пониженная надежность, трудности применения дистанционного управления.