

Московский государственный строительный  
университет

Кафедра автоматизации и электроснабжения

# Электроснабжение (объединенная лекция)

*доцент Забора Игорь Георгиевич*

*e-mail: [izabora@yandex.ru](mailto:izabora@yandex.ru)*

# Понятие о системах электроснабжения

Совокупность установок по выработке, распределению и потреблению электроэнергии и теплоты, связанных между собой электрическими и тепловыми сетями, называют энергетической системой.

Часть энергосистемы, включая генераторы, распределительные устройства, линии электропередачи, приемники электроэнергии, называют электрической системой.

Основными потребителями электрической энергии являются промышленность, транспорт, сельское хозяйство, коммунальное хозяйство городов и поселков.

Электроустановки потребителей энергии характеризуются номинальным напряжением.

Номинальным напряжением генераторов, трансформаторов, сетей и приемников электроэнергии (электродвигателей, ламп и др.) называется то напряжение, при котором они предназначены для нормальной работы.

## Категории электроустановок

Электроустановки потребителей электрической энергии разделяются на две категории:

- электроустановки напряжением до 1 кВ;
- электроустановки выше 1 кВ.

Это разделение на категории связано с различием в типах и конструкциях аппаратов, а также с различием в условиях безопасности, требованиях, предъявляемых при сооружении и эксплуатации электроустановок разных напряжений.

Стандартные напряжения, принятые в России:

Табл. 1

Электроустановки до 1 кВ												
Номинальное напряжение (В)	110	220	380	660								
Класс напряжения	Низкое напряжение (НН)											
Электроустановки свыше 1 кВ												
Номинальное напряжение (кВ)	1	6	10	20	35	110	220	330	500	750	1150	1500
Класс напряжения	Среднее второе напряжение (СН-2)				Среднее первое напряжение (СН-1)	Высокое напряжение (ВН)		Сверхвысокое напряжение			Ультравысокое напряжение	

# Передача электроэнергии высоким напряжением

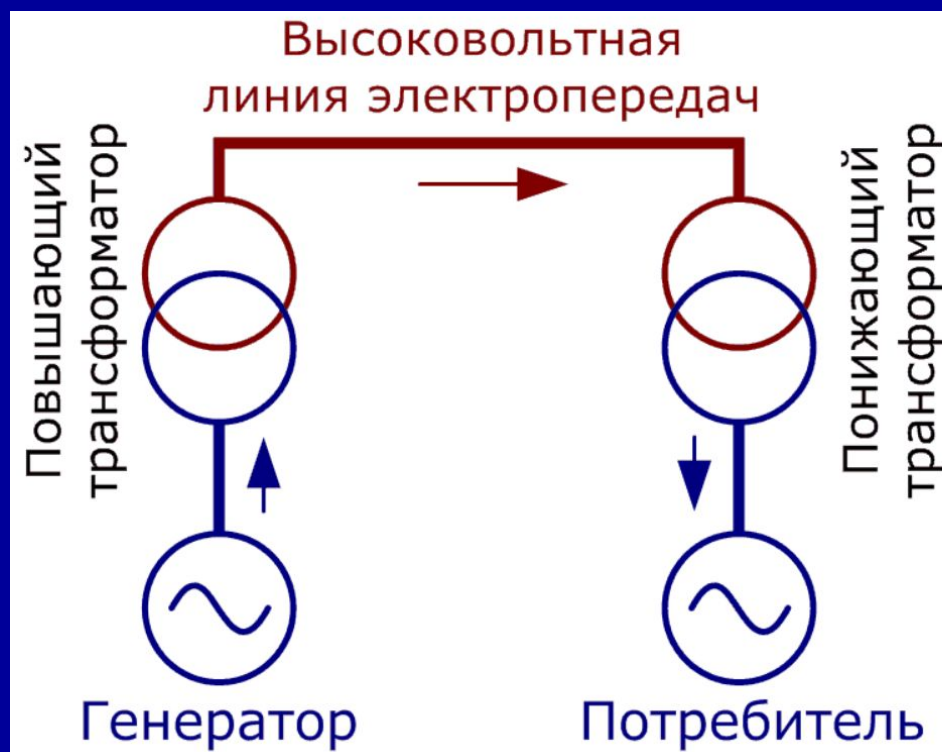
При передаче большой электрической мощности при низком напряжении возникают большие омические потери из-за больших значений протекающего тока.

Формула  $P_{\text{л}} = I^2 R$  описывает потерю мощности в зависимости от сопротивления линии  $R$  и протекающего тока  $I$ . Для снижения потерь уменьшают протекающий ток  $I$ . Так, при снижении тока в **2 раза** потери мощности в линии  $P_{\text{л}}$  снижаются в **4 раза**.

Согласно формуле полной электрической мощности  $S = I \times U$ , для передачи такой же мощности при пониженном токе необходимо во столько же раз повысить напряжение. Таким образом, большие мощности на дальние расстояния целесообразно передавать при высоком напряжении.

Однако строительство высоковольтных линий электропередачи сопряжено с рядом технических трудностей.

Кроме того, непосредственно потреблять электроэнергию с высоким напряжением крайне опасно и практически невозможно для конечных потребителей



Наряду с трехфазным переменным током в некоторых отраслях промышленности применяют постоянный ток, который получают выпрямлением переменного тока.

Постоянный ток используют в химической промышленности и цветной металлургии (электролизные установки для выработки алюминия), в электрифицированном транспорте и т.д.



# Источники и потребители электрической энергии

# Основные определения

В системе электроснабжения объектов можно выделить, три вида электроустановок:

- при производстве электроэнергии – электрические станции, которые являются источниками электроэнергии;
- при передаче, преобразовании и распределении электроэнергии – электрические сети и подстанции;
- при потреблении электроэнергии в производственных и бытовых нуждах – приемники электроэнергии.

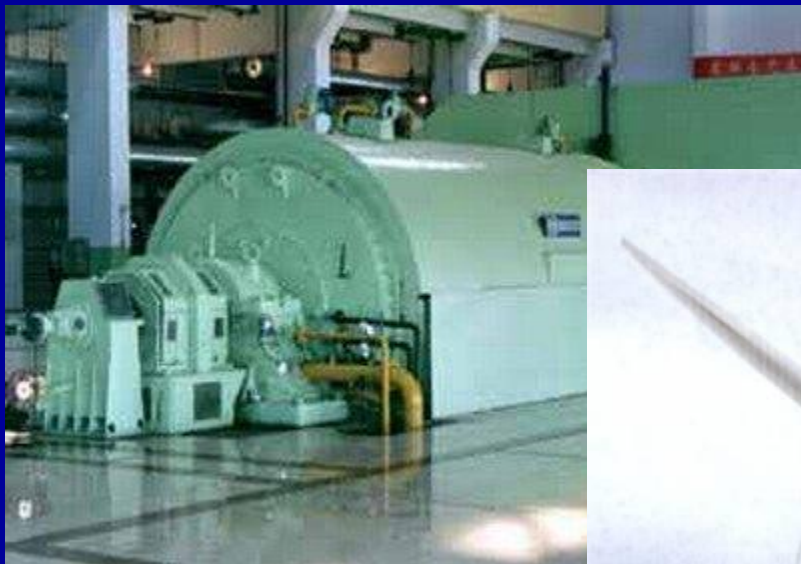
Электрической станцией называется предприятие, на котором вырабатывается электрическая энергия.

На этих станциях различные виды энергии (энергия топлива, падающей воды, пара, атомная и др.) с помощью электрических машин, называемых генераторами, преобразуются в электрическую энергию.

В зависимости от используемого вида первичной энергии существующие электрические станции разделяются на следующие основные группы:

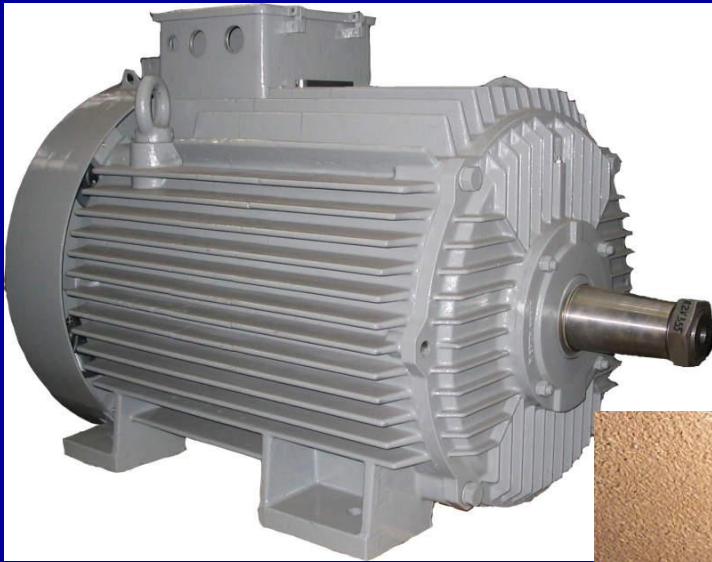
- тепловые;
- гидравлические;
- атомные;
- ветряные и т.д.

Источник электрической энергии преобразует любые виды энергии в электрическую энергию.



Приемником электроэнергии (электроприемником, токоприемником) называется электрическая часть производственной установки, промышленный или бытовой электроприбор, который получает электроэнергию от источника и преобразует ее в механическую, тепловую, химическую, световую энергию и др. виды энергии

Приемник (потребитель) электрическую энергию преобразует в другие виды энергии: механическую энергию, свет, тепло и др.



# Преобразование энергии в источниках и приемниках



Совокупность электроприемников производственных установок цеха, корпуса, предприятия, зданий и сооружений, присоединенных с помощью электрических сетей к общему пункту электропитания, называется электропотребителем.





Совокупность электрических станций, линий электропередачи, подстанций, тепловых сетей и приемников, объединенных общим и непрерывным процессом выработки, преобразования, распределения тепловой и электрической энергии, называется энергетической системой.

Единая энергетическая система (ЕЭС) объединяет энергетические системы отдельных районов, соединяя их линиями электропередачи (ЛЭП).



Электрической сетью называется совокупность электроустановок для передачи и распределения электроэнергии.

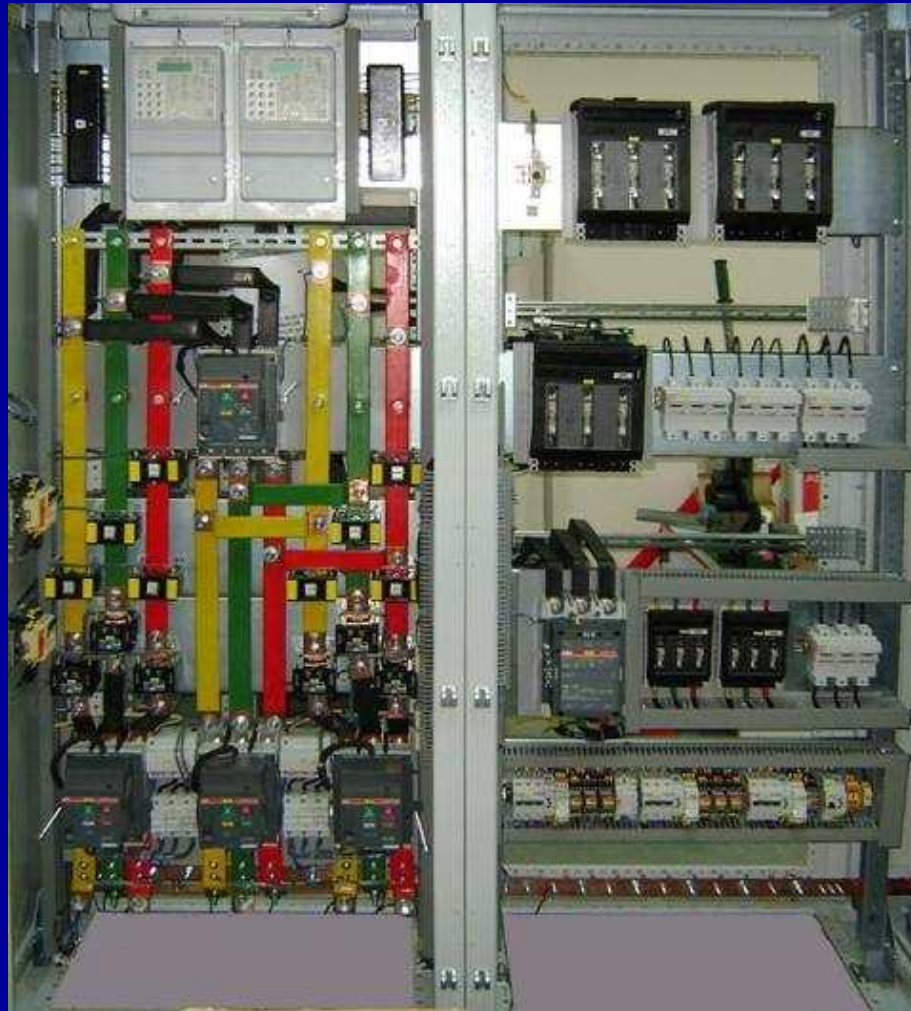
Электрическая сеть состоит из подстанций и распределительных устройств, соединенных линиями электропередачи, и расположена на определенной территории.



Прием, преобразование и распределение электроэнергии происходят на подстанции – электроустановке, состоящей из трансформаторов или иных преобразователей электроэнергии, распределительных устройств, устройств управления, защиты, измерения и вспомогательных устройств.



Распределение поступающей электроэнергии без ее преобразования или трансформации выполняется на распределительных подстанциях (РП).



## Электрические сети подразделяют по следующим признакам.

### *1. Назначение. Область применения.*

- Сети общего назначения. Электроснабжение гражданских, бытовых, промышленных, сельскохозяйственных и транспортных потребителей;
- Сети автономного электроснабжения. Электроснабжение мобильных и автономных объектов (транспортные средства, суда, самолёты, космические аппараты, автономные станции, роботы и т. п.);

- Сети технологических объектов.  
Электроснабжение производственных объектов и других инженерных сетей – водопроводных, тепловых, канализационных, а также газопроводов;
- Контактные сети.  
Служат для передачи электроэнергии различным транспортным средствам (локомотивы, трамваи, троллейбусы, метро и др.)

## *2. Напряжение сети.*

Сети могут быть напряжением до 1 кВ - низковольтными, или низкого напряжения (НН), и выше 1 кВ – высоковольтными, или высокого напряжения (ВН).

### 3. Род тока.

Сети могут быть постоянного и переменного тока.

Электрические сети выполняются в основном по системе трехфазного переменного тока, что является наиболее целесообразным, поскольку при этом может производиться трансформация электроэнергии.

При большом числе однофазных приемников от трехфазных сетей осуществляются однофазные ответвления.

Принятая частота переменного тока в ЕЭС России равна 50 Гц.

#### *4. Назначение сети.*

По характеру потребителей и от назначения территории, на которой сети находятся, их различают:

- сети в городах;
- сети промышленных предприятий;
- сети электрического транспорта;
- сети в сельской местности;
- районные сети;
- сети межсистемных связей.



## 5. *Территориальный масштаб, мощность*

- Магистральные сети.

Связывают отдельные регионы и целые страны.

Высокое и сверхвысокое напряжение.

Большие потоки мощности (гигаватты).

- Региональные сети

Масштаб области, края.

Питание от магистральных сетей и собственных источников.

Обслуживают крупных потребителей (город, район, предприятие, месторождение, транспортный терминал).

Потоки мощности – сотни мегаватт.

- Районные распределительные сети.

Питание от региональных сетей.

Обычно эти сети не имеют собственных источников.

Обслуживают средних и мелких потребителей (внутриквартальные и поселковые сети, предприятия и др.).

Потоки мощности – единицы, десятки мегаватт.

- Внутренние распределительные сети.

Снабжает электроэнергией отдельное здание, цех, производственное, общественное или жилое помещение.

Напряжение в России 220/380 В.

Потоки мощности – единицы-сотни киловатт

## Объединение сетей

Региональные сети (энергосистемы) образуются на территории какого-либо района – области, края, автономии и т.п. и посредством сетей межсистемных связей образуют объединенные энергетические системы (ОЭС), которые, в свою очередь, образуют Единую энергосистему России (**ЕЭС России**).

ЕЭС России является самой крупной энергетической системой мира.

В состав ЕЭС России входят семь ОЭС:

Центра, Северо-Запада, Среднего Поволжья, Северного Кавказа, Урала, Сибири, Востока.

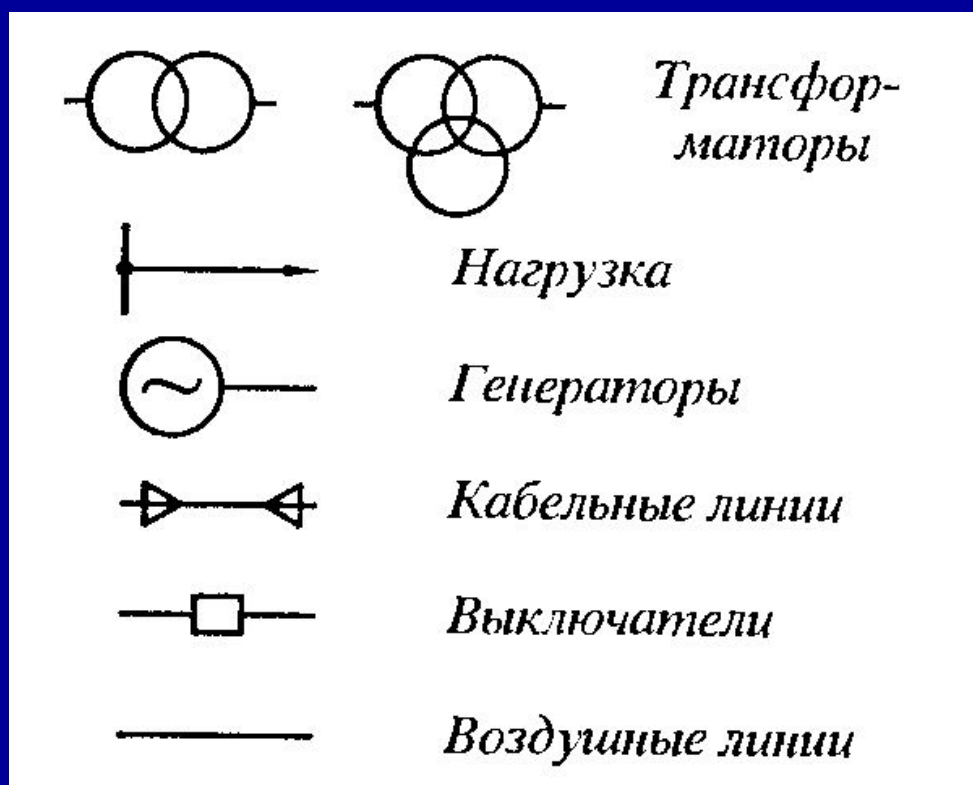
## 6. Конструктивное выполнение сетей.

### Сети могут быть:

- воздушными,
- кабельными,
- токопроводами,
- проводками внутри зданий и сооружений

Для графического изображения электроэнергетических систем, а также отдельных элементов и связи между элементами используют общепринятые условные обозначения.

На рисунке показаны условные обозначения основных элементов электроэнергетической системы.



# Общие сведения о СИЛОВОМ И ОСВЕТИТЕЛЬНОМ электрооборудовании

Основными группами электроприемников, составляющими суммарную нагрузку объектов, являются:

- светильники всех видов искусственного света;
- электродвигатели производственных механизмов ;
- сварочные установки;
- силовые трансформаторы;
- электрические печи;
- выпрямительные установки и др.

По напряжению электроприемники классифицируют на две группы:

1. Электроприемники, которые могут получать питание непосредственно от сети 3, 6 и 10 кВ.

К этой группе относятся:

- крупные электродвигатели;
- мощные печи сопротивления;
- дуговые печи для плавки черных и цветных металлов.

2. Электроприемники, питание которых экономически целесообразно на напряжении 380–660 В.



По роду тока различают электроприемники, работающие:

- от сети переменного тока нормальной промышленной частоты (50 Гц);
- от сети переменного тока повышенной или пониженной частоты;
- от сети постоянного тока.

Отдельные потребители электроэнергии (электроинструмент, специальные станки в деревообрабатывающих цехах, ряд шлифовальных станков в подшипниковой промышленности и др.) используют для питания высокоскоростных электродвигателей токи повышенной частоты (180 -400 Гц).

Установки индукционного и диэлектрического нагрева требуют токов повышенных и высоких частот, получаемых от машинных (до частот 10000 Гц) и электронных (свыше 10000 Гц) генераторов.



Электродвигатель  
на частоту 400 Гц



Установка индукционного  
нагрева на частоту 1000 Гц.

Если для производственных механизмов необходимы:

- широкое регулирование скорости;
- поддержание постоянства скорости технологического процесса;
- повышенный перегрузочный момент;
- частое реверсирование;
- быстрые разгоны и торможение,

то для этих механизмов применяются электродвигатели постоянного тока.



Электроприводы постоянного  
тока

Цехи электролиза, электролитического получения металлов, гальванические цехи и некоторые виды электросварки также питаются постоянным током.

Поэтому при построении схемы электроснабжения промышленного предприятия приходится считаться с наличием на предприятии потребителей постоянного тока и токов высокой частоты и, следовательно, предусматривать специальные преобразовательные установки для питания этих потребителей и обслуживания отдельных электроустановок или их групп.



Электролизная  
установка  
постоянного  
тока

При незначительном числе и небольшой мощности отдельных потребителей постоянного тока или токов высокой частоты, а также при их разбросанности по территории цехов у каждого из этих потребителей устанавливают индивидуальные преобразовательные агрегаты (преобразователи частоты).

Их устанавливают и у мощных электроприводов, управление которыми производится по специальным схемам.



Электронный преобразователь частоты



Механический преобразователь частоты

При достаточно большом числе и большой суммарной мощности потребителей предусматриваются централизованные преобразовательные подстанции со статическими полупроводниковыми выпрямителями или двигатель-генераторами.

В системе электроснабжения предприятия эти преобразователи являются потребителями переменного тока.



Преобразовательная подстанция со статическими полупроводниковыми выпрямителями

По виду преобразования  
электроэнергии приемники  
подразделяют:

- на электроприводы;
- электротехнологические  
установки;
- электроосветительные  
установки.

### Электроприводы

производственных  
механизмов занимают  
наибольшее место среди  
электроприемников  
промышленных  
предприятий.

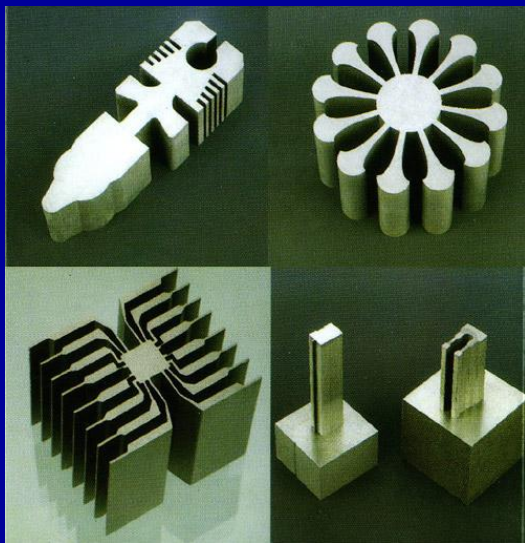
Их мощность лежит в  
пределах от нескольких ватт  
до нескольких мегаватт.



## Электроприводы

**Электротехнологические установки** – электронагревательные и электролизные, установки электрохимической, ультразвуковой и электроискровой обработки металла в основном работают на трехфазном или однофазном переменном токе частотой 50 Гц.

Некоторые электротехнологические установки работают на постоянном или переменном токе с частотой, отличной от 50 Гц, и питаются от преобразовательных установок.



Детали,  
обработанные в  
электроискровых  
установках



Электрохимическое  
покрытие изделий  
ценными металлами





*Электроосветительные установки* являются, как правило, однофазными электроприемниками.

Лампы светильников имеют мощности от десятков ватт до нескольких киловатт и питаются напряжением до 220 В при четырехпроводной системе напряжения 220/380 В.

Светильники местного освещения на напряжение 12, 36 и 42 В питаются от понижающих однофазных трансформаторов.



Примеры электроосветительных установок

По общности технологического процесса электроприемники можно разделить на:

- производственные механизмы;
- общепромышленные установки;
- подъемно-транспортное оборудование;
- преобразовательные установки;
- электросварочное электрооборудование;
- электронагревательные установки;
- электролизные установки.

Общепромышленные установки (вентиляторы, компрессоры, насосы и т.д.) занимают значительное место в системе электроснабжения.

Диапазон их мощности – от долей киловатт до десятков мегаватт. Электроприводы указанных механизмов, как правило, имеют продолжительный режим работы.

По режиму работы электроприемники делят на три группы, для которых предусматривают три режима работы:

1. Продолжительный, в котором электрические машины могут работать длительное время.

Превышение температуры отдельных частей машины не выходит за установленные пределы.

2. Кратковременный, при котором рабочий период не настолько длителен, чтобы температуры отдельных частей машины могли достигнуть установившейся значения.

Период остановки машины в этом режиме настолько длителен, что машина успевает охладиться до температуры окружающей среды.

3. Повторно-кратковременный, характеризуемый коэффициентом продолжительности включения

$$ПВ = \left[ \frac{t_p}{t_p + t_0} \right] \cdot 100 \%$$

В этом режиме рабочие периоды  $t_p$  чередуются с периодами пауз  $t_0$ , а длительность всего цикла не превышает 10 мин.

При этом нагрев не превосходит допустимого, а охлаждение не достигает температуры окружающей среды.

Длительный режим работы, с неизменной или маломеняющейся нагрузкой.

В этом режиме работают электроприводы вентиляторов, насосов, компрессоров, преобразователей, механизмов непрерывного транспорта и т. п.

Длительный режим работы с переменной нагрузкой и кратковременными отключениями, за время которых электродвигатель не успевает охладиться до температуры окружающей среды, а длительность циклов превышает 10 мин.

В этом режиме работают электродвигатели, обслуживающие станки холодной обработки металлов и деревообрабатывающие станки, специальные механизмы литейных цехов, молоты, прессы, ковочные машины кузнечно-прессовых цехов.

В кратковременном режиме работает подавляющее большинство электроприводов вспомогательных механизмов металлорежущих станков, а также механизмов для открывания фрамуг, гидравлических затворов, заслонок и др.

Электробытовая техника в кратковременном режиме работы: кофемолки, блендеры, фены и др.

В повторно-кратковременном режиме работают электродвигатели мостовых кранов, тельферов, подъемников, электросварочные аппараты.

Электробытовая техника в повторно-кратковременном режиме: холодильники, стиральные и посудомоечные машины, хлебопечки и др.

Самостоятельную группу электроприемников составляют нагревательные аппараты и электропечи, работающие в продолжительном режиме с постоянной или маломеняющейся нагрузкой.

Осветительные приборы (лампы накаливания и люминесцентные) также работают в продолжительном режиме.

Отличительной особенностью работы осветительных приборов является резкое изменение нагрузки в течение суток и постоянство нагрузки при включенном освещении.

# Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения



По обеспечению надежности электроснабжения электроприемники разделяют на три категории:

## Электроприемники I категории

Это электроприемники, перерыв в электроснабжении которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства.

Электроприемники I категории должны обеспечиваться питанием от двух независимых источников питания, перерыв допускается лишь на время автоматического ввода резерва и восстановления питания.

Применительно к жилым зданиям к первой категории относятся:

- лифты;
- противопожарные устройства (пожарные насосы, средства автоматического дымоудаления и т. д.);
- аварийное освещение коридоров, вестибюлей, холлов и лестничных клеток жилых домов высотой выше 16 этажей;
- электроприемники специального назначения (встроенные автоматические телефонные станции, блок-станции радиотрансляционной сети, станции перекачки сточных вод и т. п.);
- заградительные огни (в зданиях высотой 50 м и более, устанавливаемые на кровлях жилых домов).



Операционная – электроприемник первой категории



Птицефабрика – электроприемник первой категории

## Электроприемники II категории.

Это электроприемники, перерыв в электроснабжении которых приводит к массовому недоотпуску продукции, простоям рабочих мест, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники II категории должны обеспечиваться питанием от двух независимых источников.

Для них допустимы перерывы на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной аварийной бригады.

Перерыв в электроснабжении во время ремонтных работ разрешается до суток (24 часов).

Ко второй категории электроснабжения относятся:

- электроприемники жилых зданий высотой 6 – 16 этажей включительно;
- здания высотой менее 6 этажей, оборудованные стационарными кухонными электроплитами;
- электроприемники встроенных и пристроенных к жилым домам магазинов, предприятий общественного питания, детских учреждений и т. п.



Теплица – электроприемник второй категории

## Электроприемники III категории

Это электроприемники несерийного производства продукции, вспомогательные цехи, коммунально-хозяйственные потребители, сельскохозяйственные заводы.

Для этих электроприемников электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта и замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 24 часов.





Административные здания – электроприемники третьей категории

## Категории надежности электроснабжения жилых и общественных зданий

Здания и сооружения	Категория надежности электроснабжения
<b>Жилые дома:</b>	
противопожарные устройства (пожарные насосы, системы подпора воздуха, дымоудаления, пожарной сигнализации), лифты, аварийное освещение, огни светового ограждения	I
<b>Комплекс остальных электроприемников:</b>	
жилые дома с электроплитами (кроме 1-8-квартирных домов)	II
дома 1-8-квартирные с электроплитами	III
дома св. 5 этажей с плитами на газовом и твердом топливе	II
дома до 5 этажей с плитами на газовом и твердом топливе	III
на участках садоводческих товариществ	III
<b>Общезития общей вместимостью, чел.:</b>	
до 50	III
св. 50	II
Отдельно стоящие и встроенные центральные тепловые пункты (ЦТП), индивидуальные тепловые пункты (ИТП) многоквартирных жилых домов	I

## Категории надежности электроснабжения жилых и общественных зданий

<b>Здания учреждений управления, проектных и конструкторских организаций, научно-исследовательских институтов:</b>	
электроприемники противопожарных устройств, охранной сигнализации и лифтов	I
Комплекс остальных электроприемников:	
здания с количеством работающих св. 2000 чел. независимо от этажности, здания высотой более 16 этажей, а также здания учреждений областного, городского и районного значения с количеством работающих св. 50 чел.	I
здания с количеством работающих св. 50 чел., а также здания областного, городского и районного значения до 50 чел.	II
здания с количеством работающих до 50 чел.	III
<b>Здания лечебно-профилактических учреждений*:</b>	
электроприемники операционных и родильных блоков, отделений анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии, кабинетов лапароскопии, бронхоскопии и ангиографии, противопожарных устройств и охранной сигнализации, эвакуационного освещения и больничных лифтов	I
комплекс остальных электроприемников	II

## Категории надежности электроснабжения жилых и общественных зданий

<b>Учреждения финансирования, кредитования и государственного страхования:</b>	
федерального и республиканского подчинения:	
электроприемники противопожарных устройств, охранной сигнализации, лифтов	I
комплекс остальных электроприемников	II
комплекс электроприемников учреждений краевого, областного, городского и районного подчинения	II
<b>Библиотеки и архивы:</b>	
электроприемники противопожарных устройств, охранной сигнализации зданий с фондом св. 1000 тыс. ед. хранения	I
комплекс остальных электроприемников	II
комплекс электроприемников зданий с фондом, тыс. ед. хранения:	
св. 100 до 1000	II
до 100	III
<b>Учреждения образования, воспитания и подготовки кадров:</b>	
электроприемники противопожарных устройств и охранной сигнализации	I
комплекс остальных электроприемников	II

## Категории надежности электроснабжения жилых и общественных зданий

<b>Предприятия торговли**:</b>	
электроприемники противопожарных устройств и охранной сигнализации, лифтов универсамов, торговых центров и магазинов	I
комплекс остальных электроприемников	II
<b>Предприятия общественного питания**:</b>	
электроприемники противопожарных устройств и охранной сигнализации	I
комплекс остальных электроприемников	II
<b>Предприятия бытового обслуживания:</b>	
комплекс электроприемников салонов-парикмахерских с количеством рабочих мест св. 15, ателье и комбинатов бытового обслуживания с количеством рабочих мест св. 50, прачечных и химчисток производительностью св. 500 кг белья в смену, бань с числом мест св. 100	II
то же, парикмахерских с количеством рабочих мест до 15, ателье и комбинатов бытового обслуживания с количеством рабочих мест до 50, прачечных и химчисток производительностью до 500 кг белья в смену, мастерских по ремонту обуви, металлоизделий, часов, фотоателье, бань и саун с числом мест до 100	III

## Категории надежности электроснабжения жилых и общественных зданий

<b>Гостиницы, дома отдыха, пансионаты и турбазы:</b>	
электроприемники противопожарных устройств, охранной сигнализации и лифтов	I
комплекс остальных электроприемников	II
<b>Музеи и выставки:</b>	
комплекс электроприемников музеев и выставок федерального значения	I
музеи и выставки республиканского, краевого и областного значения:	
электроприемники противопожарных устройств, охранной сигнализации	I
комплекс остальных электроприемников	II
комплекс электроприемников музеев и выставок местного значения и краеведческих музеев	III
<b>Конференц-залы и актовые залы</b> , в том числе со стационарными кинопроекторными установками и эстрадами во всех видах общественных зданий, кроме постоянно используемых для проведения платных зрелищных мероприятий	В соответствии с категорией электроприемников зданий, в которые встроены указанные залы

## Категории надежности электроснабжения жилых и общественных зданий

\* Для электроприемников ряда медицинских помещений, например операционных, реанимационных (интенсивная терапия), палат для недоношенных детей, может потребоваться третий независимый источник. Необходимость третьего независимого источника определяется заданием на проектирование в зависимости от типа применяемого медицинского оборудования.

\*\* Для временных сооружений, выполняемых в соответствии с 7.12 ПУЭ, а также встроенных помещений площадью до 100 м\*\* - III категория электроснабжения.

### Примечания

1 Схемы питания противопожарных устройств и лифтов, предназначенных для перевозки пожарных подразделений, должны выполняться в соответствии с требованиями 7.8 - 7.10 настоящего свода правил, независимо от их категории надежности.

2 В комплекс электроприемников жилых домов входят электроприемники квартир, освещение общедомовых помещений, лифты, хозяйственные насосы и др. В комплекс электроприемников общественных зданий входят все электрические устройства, которыми оборудуется здание или группа помещений.

3 Категория электроснабжения может быть повышена по заданию заказчика.

# Электроснабжение жилых и общественных зданий



# Основные электроприемники жилых зданий

Электроприемники жилых зданий можно подразделить на две группы:

1. Электроприемники квартир;
2. Электроприемники общедомового назначения.

К первым относятся осветительные и бытовые электроприборы;

ко вторым – светильники лестничных клеток, технических подполий, чердаков, вестибюлей, холлов, служебных и других помещений, лифтовые установки, вентиляционные системы, различные противопожарные устройства, домофоны и т.п.

Электрическое освещение квартир осуществляется с помощью светильников с лампами накаливания, люминесцентными и светодиодными.

К бытовым электроприборам относятся следующие:

- нагревательные;
- хозяйственные;
- культурно-бытовые;
- санитарно-гигиенические;
- бытовые кондиционеры воздуха;
- водонагреватели;
- приборы для отопления помещений.

Для освещения лестниц, вестибюлей, холлов, коридоров применяют лампы накаливания, люминесцентные и в последнее время – светодиодные. К силовым электроприемникам относятся асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором и другие электроприемники лифтовых установок.

Для высотных зданий применяют лифты со специальным электроприводом, куда входит электромагнитный тормоз и аппаратура управления.

Кроме того, к силовым электроприемникам относятся электродвигатели вентиляторов и насосов, различные электромагниты для открывания клапанов и люков систем дымоудаления зданий высотой более девяти этажей, а также аппаратура связи и сигнализация.

В жилом здании устанавливают одно общее вводно-распределительное устройство (ВРУ) или групповой распределительный щит (ГРЩ), предназначенные для приема электроэнергии от городской сети и распределения ее по потребителям здания.

Увеличение количества ВРУ (ГРЩ) допускается при питании от отдельно стоящей ТП и нагрузке на каждом из вводов в нормальном и аварийном режимах свыше 400÷630 А.

У каждого из абонентов, расположенных в здании, устанавливают самостоятельное ВРУ, питающееся от общего ВРУ (ГРЩ) здания.

Электрические сети до 1 кВ жилых и общественных зданий по назначению условно делят на питающие и распределительные.

Питающей сетью являются линии, идущие от трансформаторной подстанции до ВРУ и от ВРУ до силовых распределительных пунктов в силовой сети и до групповых щитков в осветительной сети.

Распределительной сетью называют линии, идущие от распределительных пунктов в силовой сети до силовых электроприемников.

Групповой сетью являются:

- линии, идущие от групповых щитков освещения до светильников;
- линии от этажных групповых щитков к электроприемникам квартир жилых домов.

Сети выполняют по радиальной, магистральной и смешанной схемам.

В качестве примера на рис. 1 приведена питающая радиальная схема силовой сети здания,

а на рис. 2 – магистральная схема силовой сети здания.

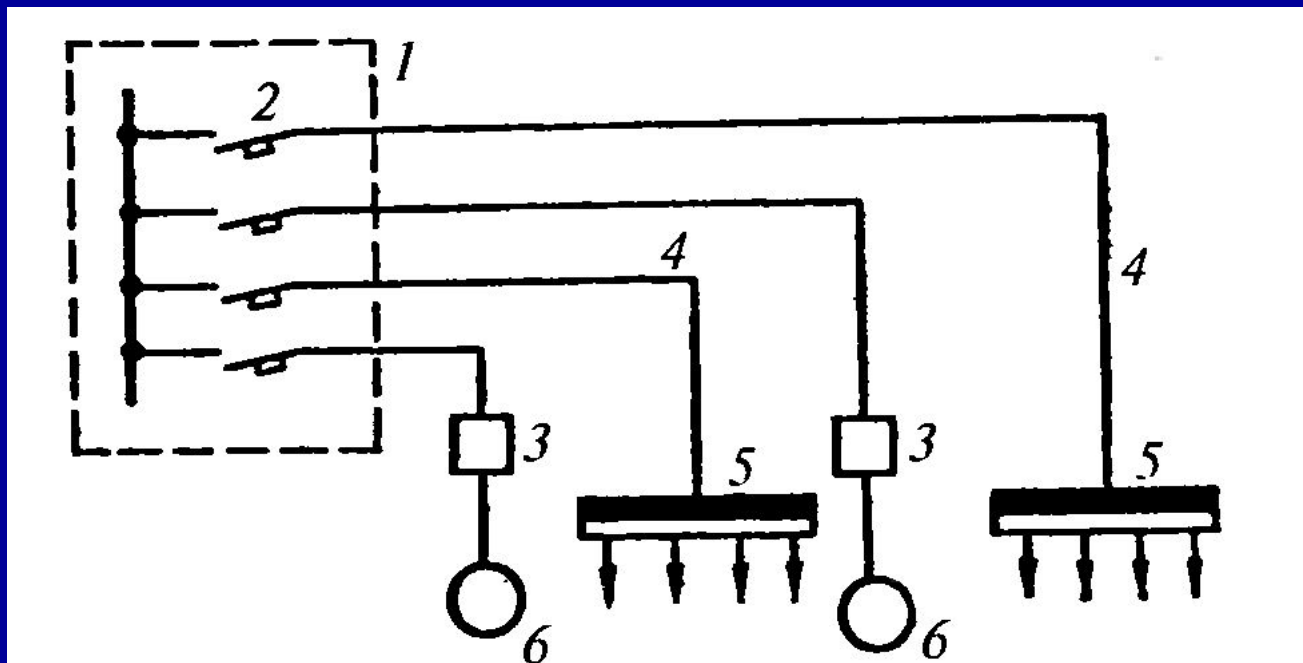


Рис. 1. Радиальная схема силовой сети

- 1 – распределительный щит;
- 2 – автоматические выключатели;
- 3 – пусковые аппараты;
- 4 – питающие линии;
- 5 – распределительные пункты;
- 6 – силовые электроприемники

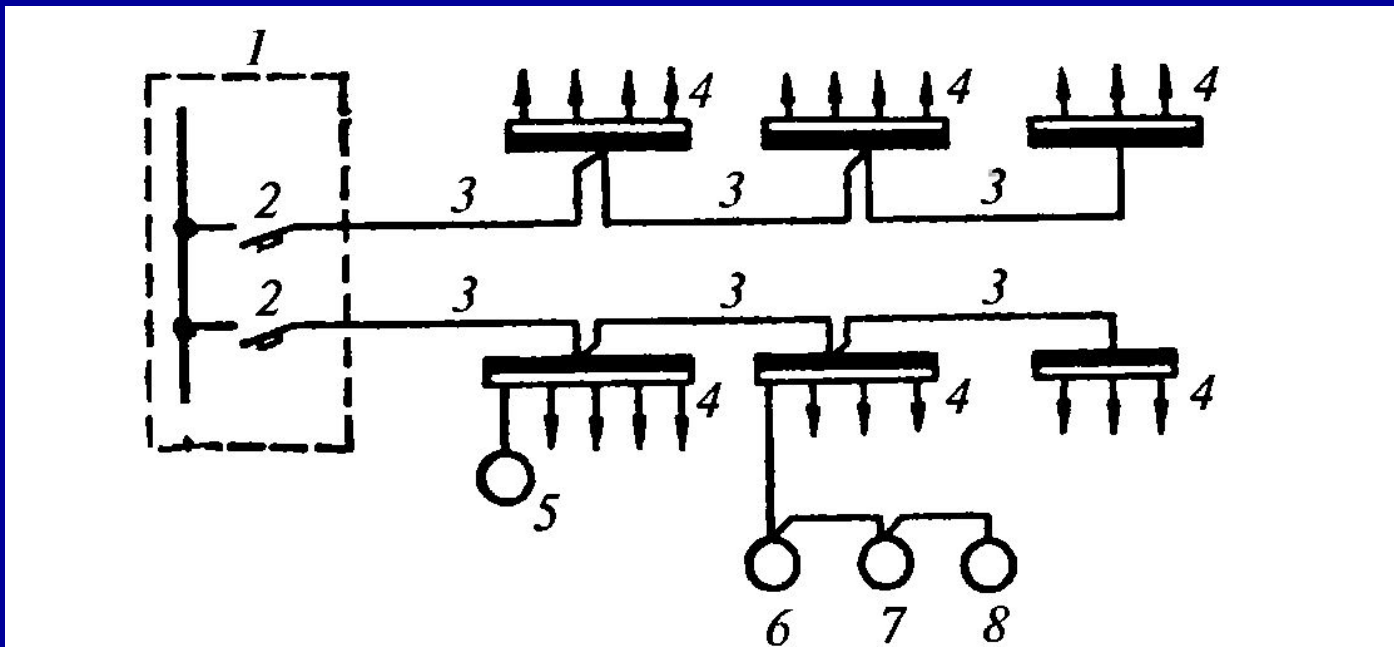


Рис. 2. Магистральная схема силовой сети

1 – распределительный щит;

2 – автоматические выключатели;

3 – питающие линии;

4 – силовые распределительные пункты;

5 – силовой электроприемник;

6,7,8 – силовые электроприемники, включенные в цепочку



В жилых и общественных зданиях линии однофазной групповой сети, прокладываемые от групповых щитков до штепсельных розеток, выполняют трехпроводными (фазный «*L*», нулевой рабочий «*N*» и нулевой защитный «*PE*» проводники).

Питание стационарных однофазных электроприемников выполняют трехпроводными линиями.

При этом нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не следует подключать на щитке под один контактный зажим (система заземления TN-S).

# Электрические сети жилых зданий

В жилых домах число горизонтальных питающих линий квартир должно быть минимальным.

Нагрузка каждой питающей линии, отходящей от ВРУ, не должна превышать **250 А**.

В домах высотой **4 этажа и более** число горизонтальных питающих линий должно быть, как правило, не более двух.

Разрешается увеличение числа линий, если нагрузка квартир не может быть обеспечена двумя линиями.

Число стояков в жилых домах высотой 4 этажа и более, схемы их подключения к питающим линиям и ВРУ должны соответствовать, кроме указанных выше, следующим требованиям:

- в домах с плитами на газообразном и твердом топливе при числе этажей до 10, а также с электрическими плитами при числе этажей до 5 – один стояк на секцию.
- в домах с электрическими плитами при числе этажей свыше 5 до 17 – один стояк на секцию с подключением на каждом этаже до четырех квартир или два стояка с подключением к одному 40 % квартир, расположенных на верхних этажах, и к другому стояку – 60 % квартир, расположенных на нижних этажах;
- в домах высотой более 17 этажей – два стояка на секции с подключением на каждом этаже до четырех квартир.

Схемы электрических сетей жилых домов выполняют, исходя из следующего:

- питание квартир и силовых электроприемников, в том числе лифтов, должно, как правило, осуществляться от общих секций ВРУ.
- распределительные линии питания вентиляторов дымоудаления и подпора воздуха, установленных в одной секции, должны быть самостоятельными для каждого вентилятора или шкафа, от которого питаются несколько вентиляторов.

К одной питающей линии разрешается присоединять несколько стояков, при этом в жилых зданиях высотой более 5 этажей на ответвлении к каждому стояку устанавливают отключающий аппарат.

Силовые электроприемники общедомовых потребителей жилых зданий (лифты, насосы, вентиляторы и т.п.), как правило, получают питание от самостоятельной силовой сети, начиная от ВРУ.

Освещение лестниц, поэтажных коридоров, вестибюлей, входов в здание, номерных знаков и указателей пожарных гидрантов, а также огни светового ограждения и домофоны питаются линиями от ВРУ.

При этом линии питания домофонов и огней светового ограждения должны быть самостоятельными.

Питание усилителей телевизионных сигналов осуществляют от групповых линий освещения чердаков, а в бесчердачных зданиях – самостоятельными линиями от ВРУ.

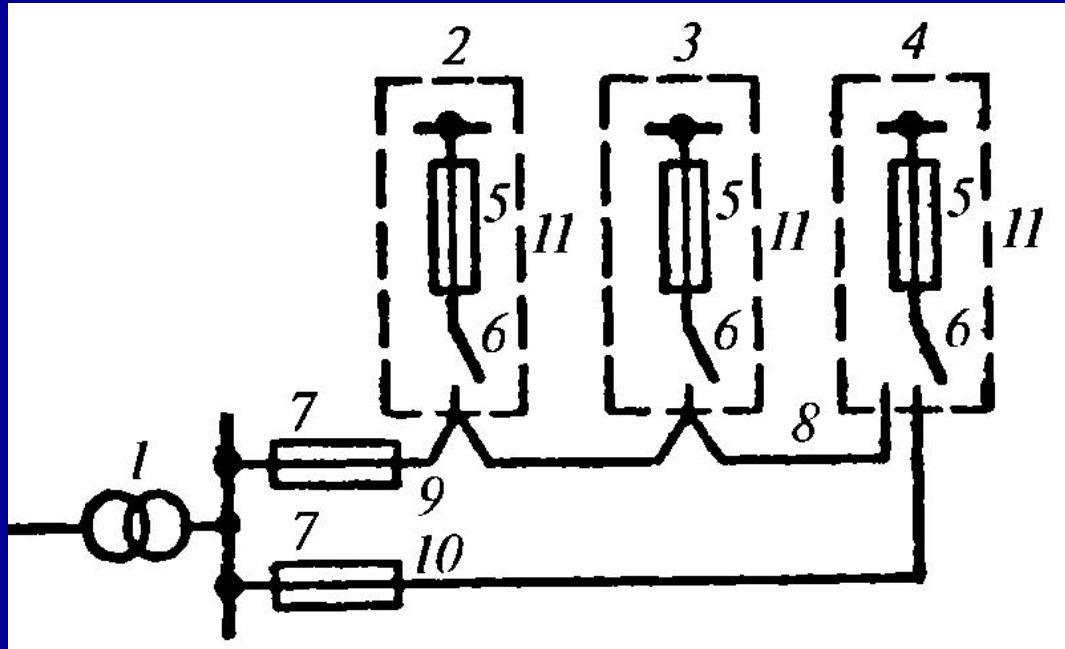


Рис. 3. Принципиальная схема электроснабжения жилых домов высотой до 5 этажей с резервной перемычкой

- 1 – трансформаторная подстанция;
- 2,3,4 – жилые дома;
- 5, 7 – предохранители;
- 6 – рубильники;
- 8 – резервная перемычка;
- 9, 10 – питающие линии;
- 11 – вводно-распределительное устройство – ВРУ

На рис. 3. показана магистральная схема кабельной сети с резервной перемычкой для питания жилых домов высотой до 5 этажей включительно при отсутствии в квартирах электроплит.

Резервная перемычка 8 подключается при выходе из строя любой из питающих линий 9 или 10, которые рассчитываются на прохождение по ним тока аварийного режима и по допустимым потерям напряжения.

Недостатком схемы является то, что резервная перемычка в нормальном режиме не используется (холодный резерв).



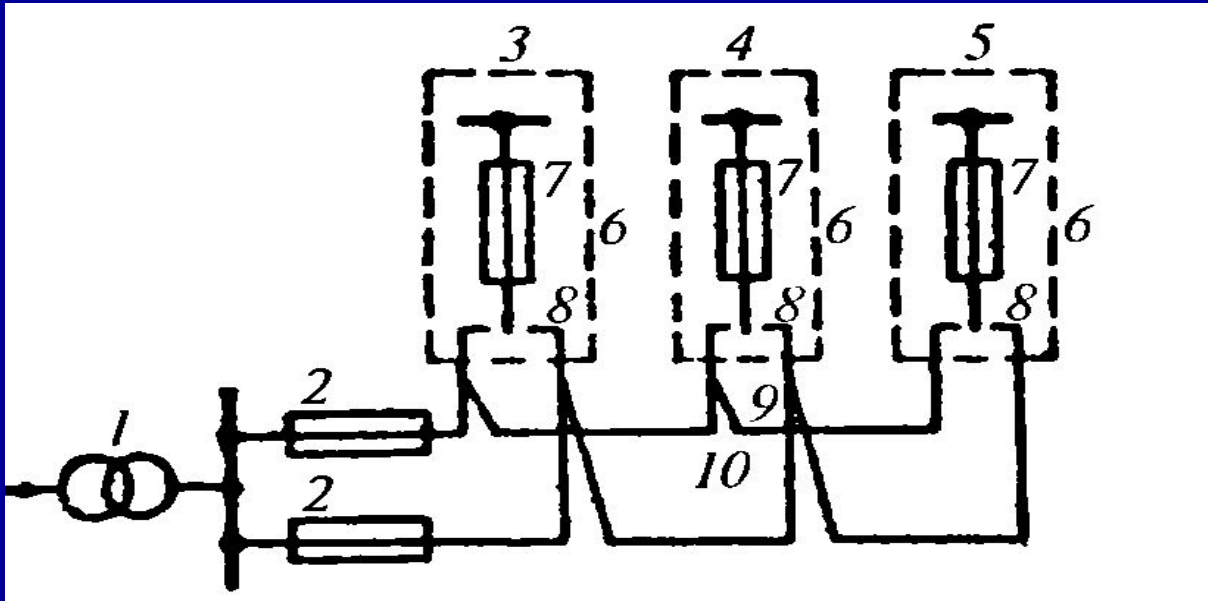


Рис. 4. Принципиальная схема электроснабжения жилых домов высотой до 5 этажей с переключателями на вводах

1 – трансформаторная подстанция;

2, 7 – предохранители;

3,4,5 – жилые дома;

6 – вводно-распределительное устройство – ВРУ;

8 – переключатели;

9,10 – питающие линии

На рис. 4 приведена модификация схемы магистральная схема кабельной сети с резервной перемычкой (см. рис. 3),

при которой на вводах в здание вместо рубильников устанавливают переключатели.

Недостатком схемы является то, что в каждый дом (кроме тупикового) необходимо заводить четыре кабеля (вместо двух, как в предыдущем случае).

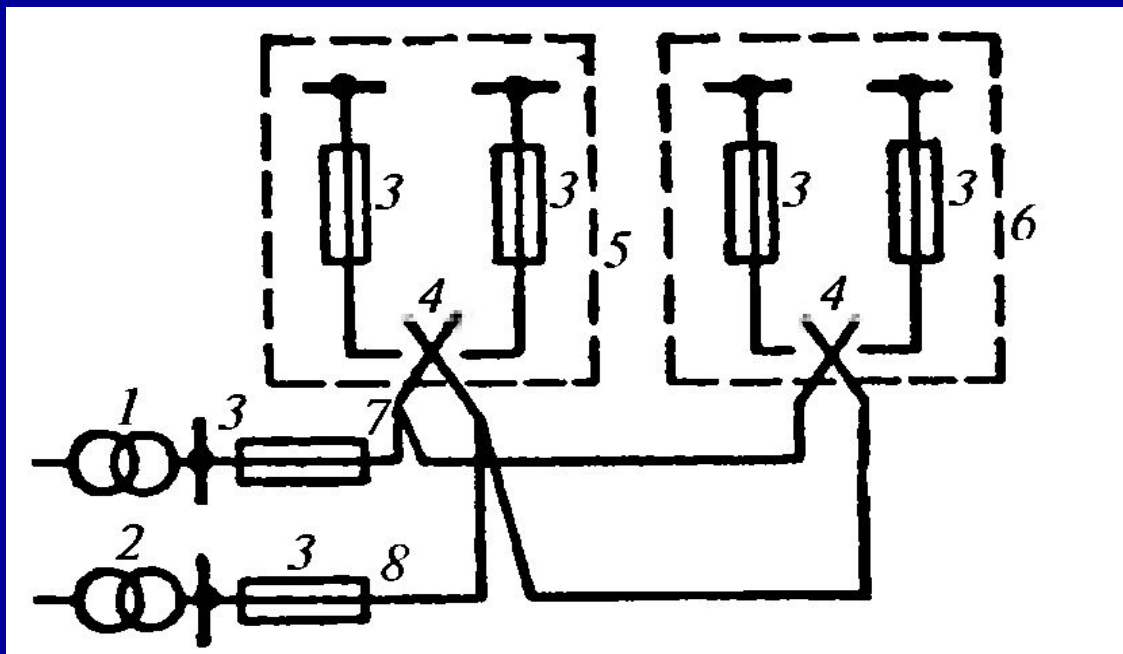


Рис. 5. Принципиальная схема электроснабжения жилых домов высотой 9 –16 этажей с двумя переключателями на вводах

1, 2 – трансформаторы;

3 – предохранители;

4 – переключатели;

5,6 – вводно-распределительные устройства – ВРУ;

7, 8 – питающие линии

Для питания электроприемников жилых домов высотой 9–16 этажей применяют как радиальные, так и магистральные схемы.

На рис. 5 дана магистральная схема с двумя переключателями на вводах.

При этом одна из питающих линий используется для присоединения электроприемников квартир и общего освещения общедомовых помещений, другая – для подключения лифтов, противопожарных устройств, эвакуационного и аварийного освещения и т.п. Каждая из линий рассчитана с учетом допустимых перегрузок при аварийном режиме.

Перерыв в питании по этой схеме не превышает 1 ч, что достаточно электромонтеру для нужных переключений на ВРУ .

## От ВРУ прокладывают:

- питающие линии лифтов; к одной линии подключают не более четырех лифтов из разных секций; число лифтов, присоединяемых к каждой питающей линии, не ограничивается;
- групповые линии рабочего эвакуационного и аварийного освещения;
- групповые линии штепсельных розеток для подключения уборочных механизмов;
- линии, питающие встроенные в жилые дома предприятия и учреждения (они могут получать питание от ТП вместо ВРУ).

Групповая квартирная сеть предназначена для питания осветительных и бытовых электроприемников.

Групповые линии выполняют однофазными, а при значительных нагрузках – трехфазными четырехпроводными, но при этом должна быть предусмотрена надежная изоляция проводников и приборов, а также устройство автоматического защитного отключения.

Трехфазные линии в жилых домах должны иметь сечение нулевых проводников, равное сечению фазных проводников, если фазные проводники имеют сечение до  $25 \text{ мм}^2$ , а при больших сечениях – не менее 50 % сечения фазных проводников.

Сечения нулевых рабочих и нулевых защитных проводников в трехпроводных линиях должны быть не менее сечения фазных проводников.

Рекомендуется общее освещение выделять на отдельную групповую линию.

Нормами регламентируется число штепсельных розеток, устанавливаемых в квартирах.

В жилых комнатах квартир и общежитий:

- одна розетка на каждые  $6 \text{ м}^2$  площади комнаты или 4 метра периметра комнаты;
- для подключения бытового прибора мощностью до 2,2 кВт – одна штепсельная розетка с заземляющим контактом на ток 10 А;
- в кухнях квартир не менее 4-х розеток на ток 10(16) А;
- в кухнях квартир с электроплитами последние следует подключать непосредственно к питающей линии;
- сдвоенная розетка, установленная в жилой комнате, считается одной розеткой. Сдвоенная розетка, установленная в кухне, считается двумя розетками.

На рис. 6 и на следующем слайде приведены схемы групповой квартирной сети с электроплитой.

В целях безопасности корпус стационарной электроплиты и бытовых приборов зануляют, для чего от этажного щитка прокладывают отдельный проводник (нулевой провод), сечение которого равно сечению фазного проводника .



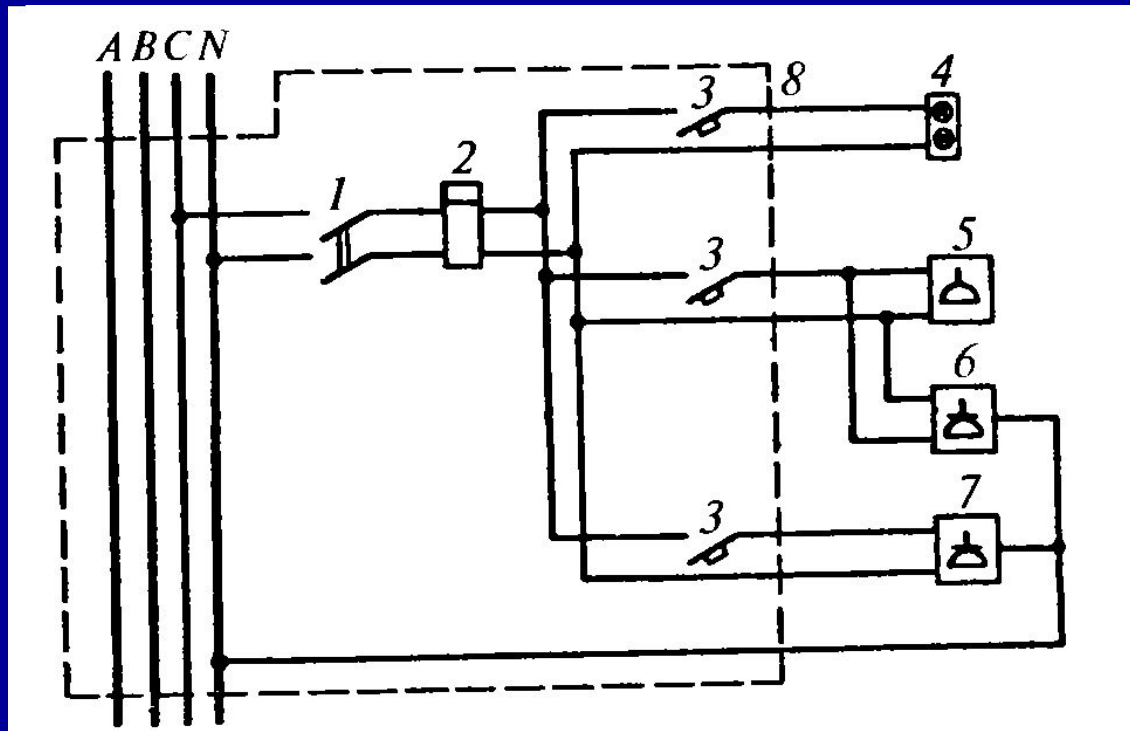
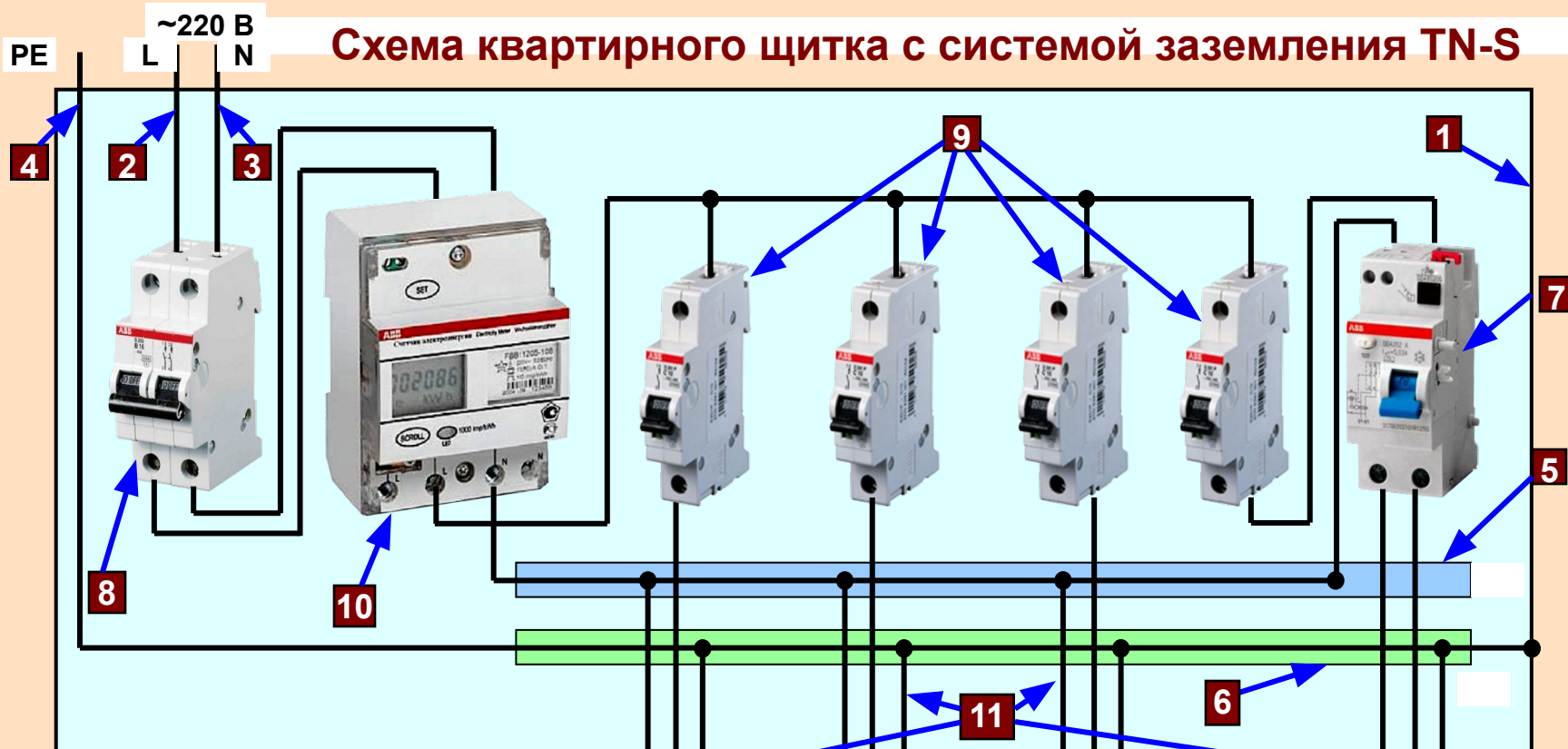


Рис. 6. Принципиальная схема групповой квартирной сети

- 1 – общий выключатель;
- 2 – счетчик электроэнергии;
- 3 – автоматические выключатели;
- 4 – общее освещение;
- 5 – розетка на 6 А;
- 6 – розетка на 10 А;
- 7 – электроплита;
- 8 – квартирный щиток

# Схема квартирного щитка с системой заземления TN-S



1. Корпус щита;
2. L – фазный проводник;
3. N – нулевой рабочий проводник;
4. PE – нулевой защитный проводник;
5. Шина нулевых рабочих проводников;
6. Шина нулевых защитных проводников;
7. Выключатель дифференциального тока (УЗО);
8. Автоматический двухполюсный выключатель;
9. Автоматические однополюсные выключатели;
10. Счетчик электроэнергии ДЕЛЬТА;
11. Линии групповых цепей



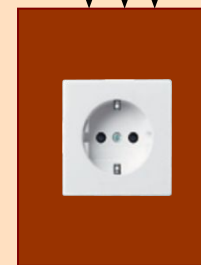
Освещение



Розетки комнат



Электроплита



Розетки кухни (стиральная машина)

# Электрические сети общественных зданий

# Электроприемники общественных зданий

Общественными являются следующие здания:

различные учреждения и организации управления, финансирования, кредитования, госстраха, просвещения, дошкольные, библиотеки, архивы, предприятия торговли, общепита, бытового обслуживания населения, гостиницы, лечебные учреждения, музеи, зрелищные предприятия и спортивные сооружения.

Все электроприемники общественных зданий условно можно разделить на две группы: осветительные и силовые.

В основных помещениях общественных зданий применяют светильники с люминесцентными лампами в исполнении, соответствующем условиям среды и выполняемой работы.

Используют также металлогалогенные, натриевые, ксеноновые лампы для внутреннего и наружного освещения.

Во вспомогательных помещениях (склады, кладовые) применяют лампы накаливания, люминесцентные и компактные люминесцентные лампы.

К силовым электроприемникам общественных зданий относятся электроприемники механического и электротеплового оборудования, холодильных машин, подъемно-транспортного оборудования, санитарно-технических установок, связи, сигнализации, противопожарных устройств и др.

Общественные здания имеют также приточно-вытяжные вентиляционные установки, широко применяются системы кондиционирования воздуха, насосы систем горячего и холодного водоснабжения.

Большинство механизмов оборудовано асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором.

# Схемы электроснабжения общественных зданий

Схемы электроснабжения и электрооборудование общественных зданий имеют ряд особенностей по сравнению с таковыми жилых зданий:

- значительная доля силовых электроприемников;
- специфические режимы работы этих электроприемников;
- другие требования к освещению ряда помещений;
- возможность встраивания ТП в некоторые из общественных зданий.

Расчеты и опыт эксплуатации показали, что при потребляемой мощности более 400 кВ·А в общественных зданиях целесообразно применять встроенные подстанции, в том числе комплектные.

Это имеет следующие преимущества:

- экономия цветных металлов;
- исключение прокладки внешних кабельных линий до 1 кВ;
- отсутствие необходимости в устройстве отдельных ВРУ в здании, так как ВРУ можно совместить с РУ 0,4 кВ подстанции.

Однако, нормы и правила исключают встраивание подстанций в здания учебных заведений, детских дошкольных учреждений, лечебных корпусов больниц, жилые зоны гостиниц и т.п.



Подстанции обычно располагают на первых или технических этажах.

На встроенных ТП допускается установка как сухих, так и масляных трансформаторов.

При этом масляных трансформаторов должно быть не более двух при мощности каждого до 1000 кВА.

Количество и мощность сухих трансформаторов и трансформаторов с негорючим наполнением не ограничиваются.

В места размещения ТП не должна попадать вода.

Распределение электроэнергии в общественных зданиях производится по радиальным или магистральным схемам.

Для питания электроприемников большой мощности (крупные холодильные машины, электродвигатели насосных, крупные вентиляционные камеры и др.) применяют радиальные схемы.

При равномерном размещении электроприемников небольшой мощности по зданию используют магистральные схемы.

В общественных зданиях рекомендуется питающие линии силовых и осветительных сетей выполнять раздельными.

Как и в жилых зданиях, на вводах питающих сетей в общественные здания устанавливают ВРУ с аппаратами защиты, управления, учета электроэнергии, а в крупных зданиях – и с измерительными приборами, включая АСКУЭ – автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии.

На вводах обособленных потребителей (торговых предприятий, отделений связи и др.) устанавливают дополнительно отдельные аппараты управления.

На вводах в распределительные пункты или щитки также устанавливают аппараты управления.

Там, где это целесообразно по условиям эксплуатации, применяют автоматические выключатели, которые совмещают в себе функции защиты и управления.

На каждой отходящей от ВРУ питающей линии устанавливают аппарат защиты.

Аппарат управления может быть общим для нескольких линий, сходных по назначению и режиму работы.

Светильники эвакуационного и аварийного освещения присоединяют к сети, независимой от сети рабочего освещения, начиная от щита ТП или от ВРУ.

Групповые распределительные щитки осветительной сети по архитектурным условиям располагают на лестничных клетках, в коридорах и т.п.

Отходящие от щитков групповые линии могут быть:

- однофазными (фаза + нуль);
- двухфазными (две фазы + нуль);
- трехфазными (три фазы + нуль).

Предпочтение следует отдавать трехфазным четырёхпроводным групповым линиям, обеспечивающим втрое большую нагрузку и в 6 раз меньшую потерю напряжения по сравнению с однофазными групповыми линиями.

Существуют нормы по устройству групповых осветительных сетей.

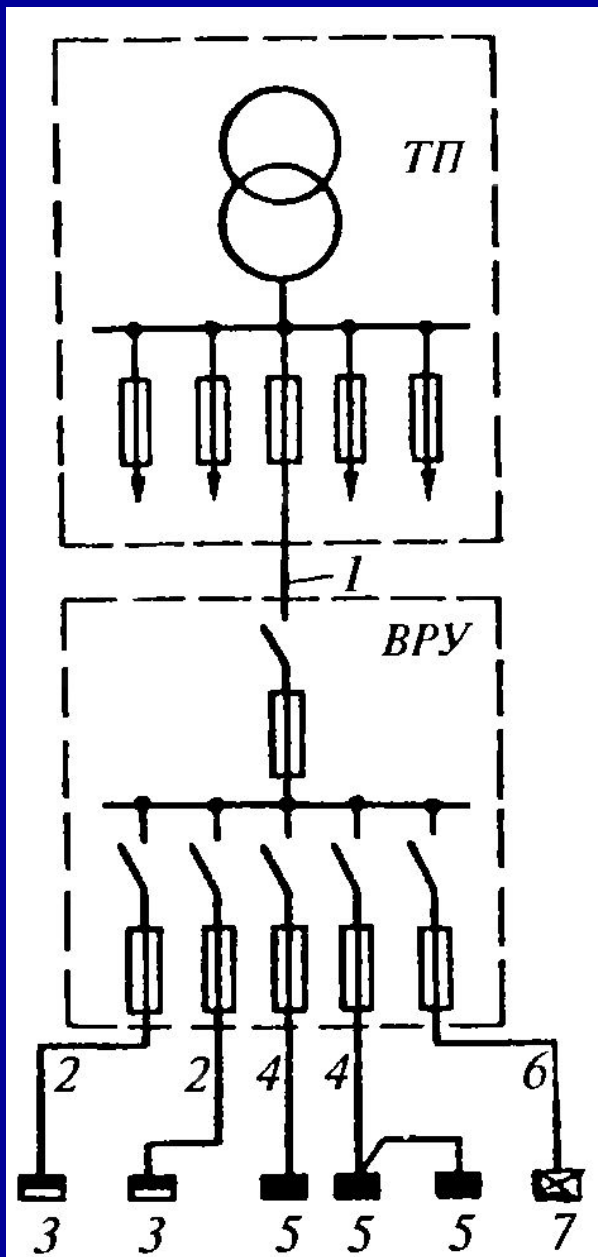


Рис. 7. Принципиальная схема электроснабжения общественного здания от однострансформаторной подстанции:

- 1 – питающая линия к ВРУ;
- 2 – питающие линии к РП;
- 3 – РП силовых электроприемников;
- 4, 6 – линии;
- 5 – групповые щитки рабочего освещения;
- 7 – щиток эвакуационного освещения

На рис. 7. представлена схема питания здания, электроприемники которого относятся к III категории надежности.

Здание питается от однострансформаторной ТП, от щита 0,4 кВ которой отходит питающая линия У к ВРУ здания.

От ВРУ отходят:

- питающие линии 2 к распределительным пунктам силовых электроприемников 3;
- линии 4 – к групповым щиткам рабочего освещения 5;
- линия 6 – к щитку эвакуационного освещения 7.

Распределение электроэнергии к силовым распределительным щитам, пунктам и групповым щиткам сети электрического освещения осуществляют по магистральной схеме.

Радиальные схемы выполняют для присоединения мощных электродвигателей, групп электроприемников общего технологического назначения (например, встроенных пищеблоков, помещений вычислительных центров и т.п.), потребителей 1 категории надежности электроснабжения.

Питание рабочего освещения помещений, в которых длительно может находиться 600 человек и более (конференц-залы, актовые залы и т.п.), рекомендуется осуществлять от разных вводов, при этом к каждому вводу должно быть подключено 50 % светильников.



Нагрузки определяют с использованием коэффициента спроса.

В результате (например, при наличии в жилом доме встроенного предприятия или учреждения) расчетная нагрузка жилого дома получается равной:

$$\Sigma P_{\text{ж.д}} = P_{\text{ж.д}} + kP_{\text{общ}}$$

где  $\Sigma P_{\text{ж.д}}$  – суммарная нагрузка жилого дома и встроенного предприятия в максимуме нагрузки жилого дома;

$P_{\text{общ}}$  – нагрузка предприятия.

Суммарные расчетные активные и реактивные нагрузки в целом по жилому району определяют суммированием соответствующих нагрузок объектов.

## Определение расчетной нагрузки жилого района в целом

Расчетную мощность жилого района определяют по расчетным активным и реактивным нагрузкам потребителей с учетом расчетной нагрузки освещения территории жилого района.

Если электроснабжение жилого района предусматривает только электроснабжение жилых и общественных зданий непрямопромышленного назначения (жилые дома, предприятия торговли, учебные учреждения, предприятия бытового обслуживания населения и др.), то компенсация реактивной мощности не требуется.

## Список используемой литературы:

1. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – 2-е изд., испр. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2008. – 214 с.
2. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: учеб. Пособие. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2009. – 480 с.
3. Правила устройства электроустановок. 7-е издание – М.: КНОРУС, 2009. – 488 с.
4. Анчарова Т.В., Рашевская М.А., Стебунова Е.Д. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2012. – 416 с.

Лекция окончена

*Благодарю за внимание!*