

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ / ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ



Направление ООП:

**Дорохина Екатерина Сергеевна
доцент каф. ЭиАФУ**

Электрика – область народного хозяйства (и науки), решающая задачи построения, обеспечения функционирования и развития электрической части объектов промышленности, транспорта, организаций и учреждений, сельского хозяйства и населения от границы раздела потребитель – энергосистема до единичного электроприемника или комплекса, поставленного изготовителем.

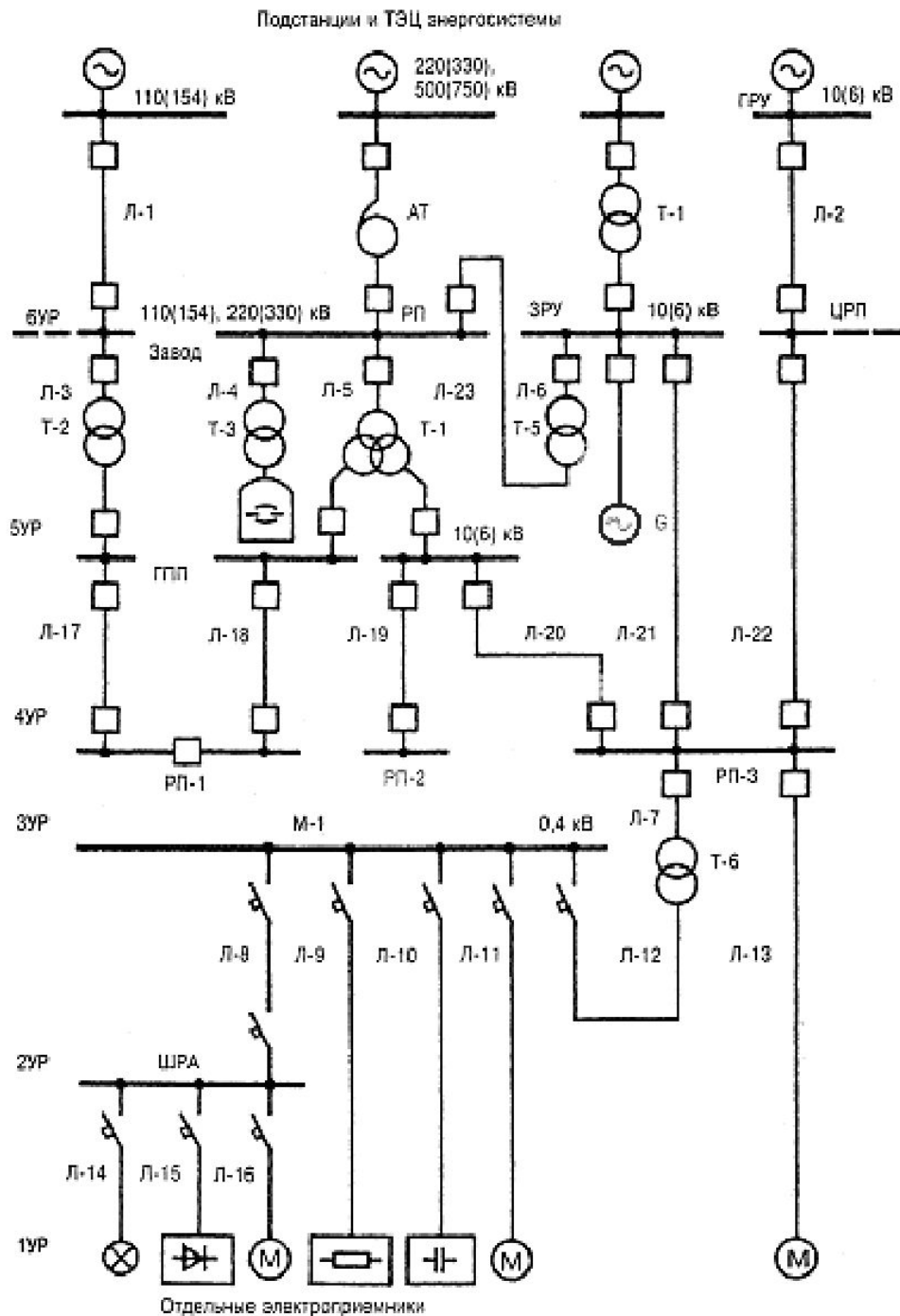
Важнейшие термины, определения и сокращения установлены Федеральными законами, стандартами “Правилами устройства электроустановок (ПУЭ)”.

- ▣ **Электроснабжение** – обеспечение потребителей электрической энергией.
- ▣ **Система электроснабжения** – совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией.

- ▣ **Потребитель электроэнергии** – электроприемник или их группа, объединенные технологическим процессом и размещающиеся на определенной территории. (предприятие, организация, территориально обособленный цех, строительная площадка, квартира, у которых приемники электроэнергии присоединены к электрической сети и используют электрическую энергию.)
- ▣ **Приемник электроэнергии (ЭП)** – устройство, аппарат, агрегат, механизм, в котором происходит преобразование электрической энергии (ЭЭ) в другой вид энергии для ее использования (электродвигатели, электропечи, установки электроосвещения, электростатического и электромагнитного поля и др.).
- ▣ **Электроустановка** – совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, передачи, накопления, распределения электрической энергии и/или преобразования ее в другой вид энергии.

- ▣ **Энергетическая система (энергосистема)** – совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической и тепловой энергии при общем управлении этим режимом.
- ▣ **Электрическая сеть** – совокупность электроустановок для передачи и распределения ЭЭ, состоящая из подстанций и распределительных устройств (РУ), соединенных линиями электропередачи (ЛЭП), и работающая на определенной территории.

- ▣ **Подстанция** – электроустановка, служащая для распределения и преобразования ЭЭ, состоящая из трансформаторов или других преобразователей энергии, распределительных устройств, устройств управления и вспомогательных сооружений.
- ▣ **Распределительное устройство (РУ)** – устройство, предназначенное для приема и распределения ЭЭ, содержащая коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства (компрессорные, аккумуляторные и др.), а также устройства защиты, автоматики и измерительные приборы.
- ▣ **Источник питания (ИП)** – РУ генераторного напряжения электростанции или РУ вторичного напряжения понизительной подстанции энергосистемы или подстанции глубокого ввода 35-220 кВ промышленного предприятия, его узловая распределительная подстанция, главная понизительная подстанция (ГПП), собственная теплоэлектростанция (ТЭЦ), к которым присоединены распределительные сети предприятия.



УРОВНИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

- ▣ **первый уровень (1УР)** – отдельный электроприемник – аппарат, механизм, установка, или группа электроприемников, связанных технологически или территориально и образующих единое изделие с определенной (документально обозначенной заводом-изготовителем) паспортной мощностью; питание по одной линии;
- ▣ **второй уровень (2УР)** – щиты распределительные и распределительные пункты напряжением до 1 кВ переменного и до 1,5 кВ постоянного тока, щиты управления и щиты станций управления, шкафы силовые, вводнораспределительные устройства, установки ячейкового типа, шинные выводы, сборки, магистрали;

- **третий уровень (ЗУР)** – щит низкого напряжения трансформаторной подстанции 10(6)/0,4 кВ или сам трансформатор;
- **четвертый уровень (4УР)** – шины распределительной подстанции РП 10(6) кВ;
- **пятый уровень (5УР)** – шины главной понизительной подстанции, подстанции глубокого ввода, опорной подстанции района;
- **шестой уровень (6УР)** – граница раздела предприятия и энергоснабжающей организации.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

□ По роду тока:

- постоянный ток;
- переменный ток.

□ По номинальному напряжению :

- приемники напряжением до 1000 В;
- приемники напряжением выше 1000 В.

□ По режиму нейтрали:

- с глухозаземленной нейтралью;
- с эффективно заземленной через активное сопротивление нейтралью;
- с компенсированной индуктивностью нейтралью;
- с изолированной нейтралью.

□ По величине токов замыкания на землю:

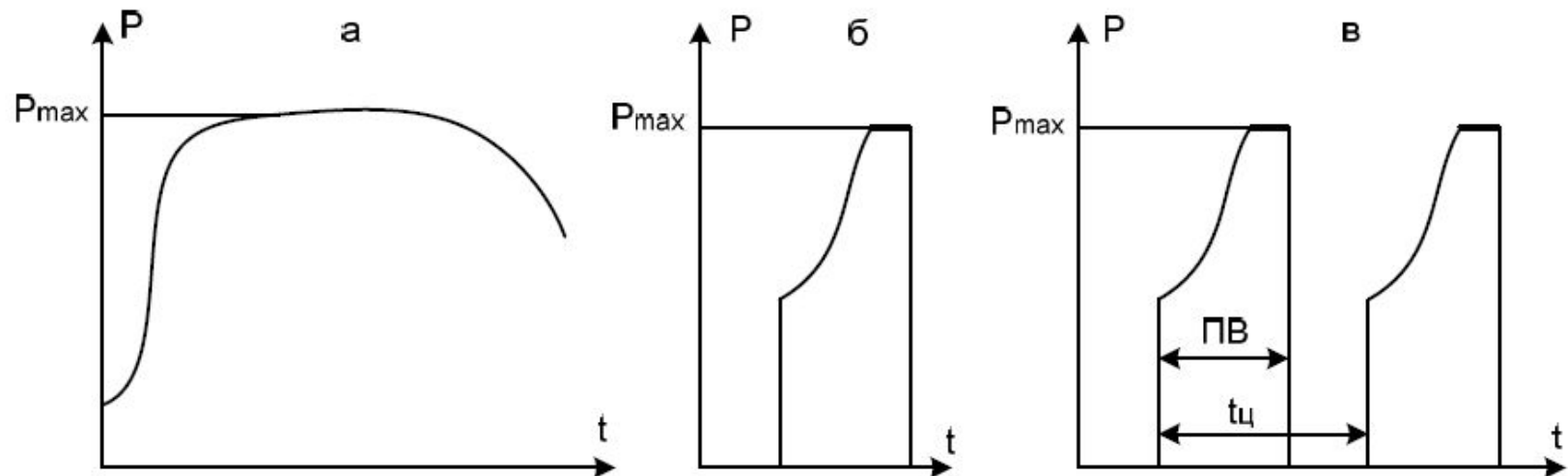
- с малыми токами (до 500 А);
- с большими токами (более 500 А).

□ По частоте ЭП:

- промышленную частоту (50 Гц);
- повышенную частоту (от 50 Гц до 10 кГц);
- пониженную частоту (до 50 Гц);
- высокую частоту (более 10 кГц).

□ По виду графиков нагрузки:

- приемники, работающие в режиме продолжительно неизменной или мало меняющейся нагрузки;
- приемники, работающие в режиме кратковременной нагрузки;
- приемники, работающие в режиме повторно-кратковременной нагрузки.



Графики нагрузок:

а – продолжительно неизменный режим; б – кратковременный режим;

в – повторно-кратковременный режим

□ По степени симметрии:

- трехфазной (двигатели, трехфазные печи);
- однофазной (освещение, однофазные сварочные трансформаторы).

□ По величине пусковых токов:

- с существенными пусковыми токами.

пусковые токи ЭП и их длительность считаются **существенными**, когда их учет приводит к коррекции параметров элементов системы электроснабжения, выбранных по токам нормального режима (пусковые токи АД, токи, возникающие в процессе зажигания разрядных ламп и т.д.)

- несущественными пусковыми токами (пусковые токи ламп накаливания, конденсаторных установок).

□ По величине мощности:

- ЭП малой мощности – единицы киловатт,
- ЭП средней мощности – десятки киловатт,
- ЭП большой мощности – сотни киловатт.

Установленная мощность является одной из важнейших характеристик ЭП и определяется как сумма номинальных мощностей однородных приемников. При этом следует учитывать, что у различных ЭП номинальная мощность понимается по-разному:

- а) у электродвигателей номинальная мощность равна мощности на валу при номинальной продолжительности включения;
- б) у электротехнологических установок – равна полной мощности, потребляемой из сети;
- в) у ламп накаливания номинальная и потребляемая мощности совпадают;
- г) у светильников с разрядными лампами номинальная мощность равна мощности ламп без учета потерь мощности в пускорегулирующих устройствах.

В связи при проектировании систем электроснабжения производят приведение мощностей к одинаковым условиям определения.

□ По надежности электроснабжения:

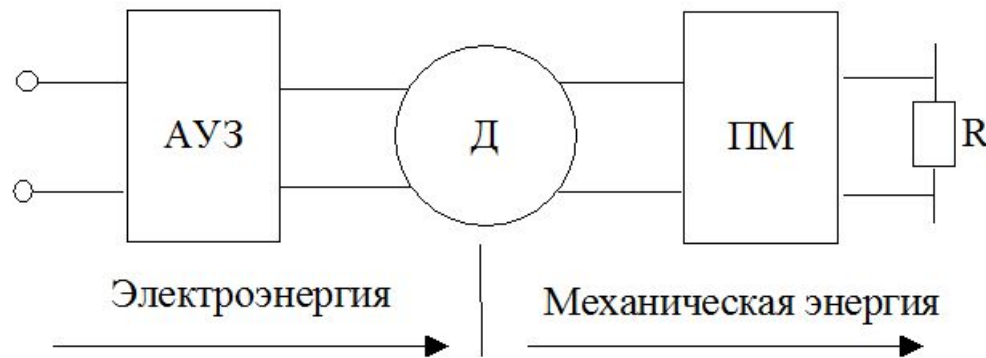
- ЭП первой категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения. (входит *особая группа электроприемников*, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов и пожаров).
- ЭП второй категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.
- ЭП третьей категории – все остальные электроприемники, не подпадающие под определения первой и второй категорий.

- **По характеру преобразования электроэнергии:**
 - электроприводы;
 - осветительные и облучательные установки;
 - электротермические приемники.

- **Электроприводы** — комплекс электрических машин, аппаратов и систем управления, в котором электродвигатели связаны с исполнительным механизмом и преобразуют электроэнергию в механическую работу.

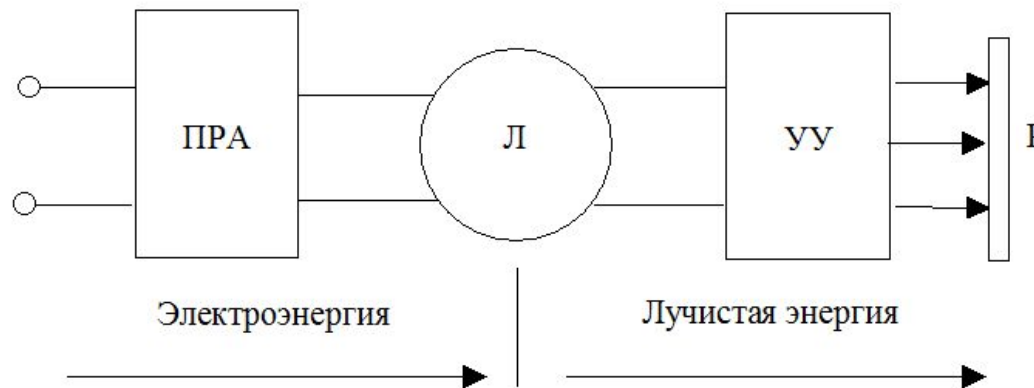
В зависимости от типа двигателя

- асинхронный электропривод,
- синхронный электропривод,
- привод постоянного тока.



Обобщенная структура электропривода

- ▣ **Осветительные и облучательные установки преобразуют электрическую энергию в лучистую различного спектра.**
 - ▣ Осветительные установки используют видимый спектр, используются для выполнения зрительных действий человека.
 - ▣ Инфракрасные излучения характеризуются большой проникающей способностью в ткани и оказывают на них тепловое воздействие.
 - ▣ Ультрафиолетовое излучение в основном используется как фактор бактерицидного воздействия на вредные микроорганизмы.

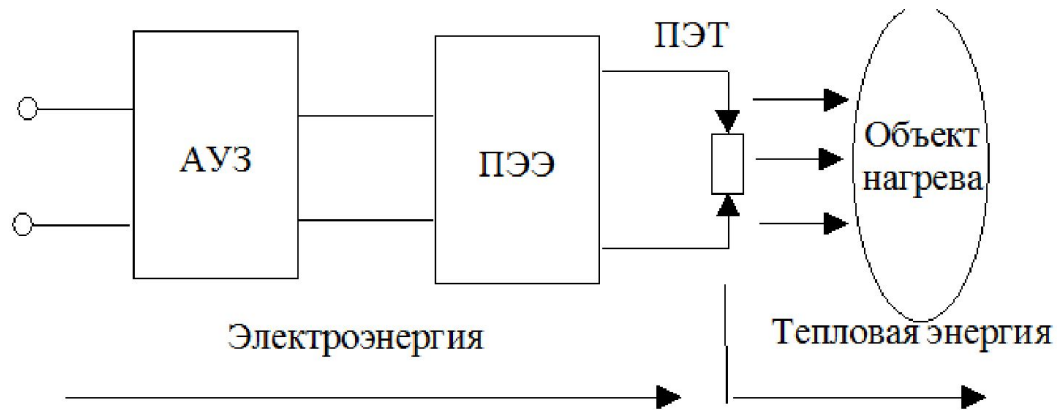


Структура осветительных и облучательных установок

- ▣ **Электротермические приемники** преобразуют электрическую энергию главным образом в тепловую энергию различных параметров, а также химическую.
 - низкотемпературная тепловая энергия – обогрев,
 - среднетемпературная – процессы обработки металлических изделий,
 - высокотемпературная – сварка и плавка.

Электротермические установки, можно условно разделить на основные виды:

- дуговые печи для плавки чёрных и цветных металлов;
- установки индукционного нагрева для плавки и термообработки металлов;
- электрические печи сопротивления;
- электросварочные установки;
- термические коммунально-бытовые приборы.



Структура электрических плавильных и термических установок

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Выбор рациональной схемы электроснабжения и ее элементов, обеспечивающих надежное, качественное и экономичное электроснабжение потребителей, возможно обеспечить правильно определив расчетные нагрузочные токи и мощности приемников электрической энергии.

Цель расчета электрических нагрузок – определение токов, протекающих по токоведущим элементам, для выяснения их допустимости по условиям нагрева элементов. Расчет электрических нагрузок проводится для определения величин затрат в системах электроснабжения промышленных предприятий.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

□ **Номинальная мощность** приемника электроэнергии – это мощность, обозначенная в его паспорте.

- Паспортная мощность приемников повторно-кратковременного режима приводится к номинальной длительной мощности (к продолжительности включения $ПВ = 100\%$):

а) для электродвигателей $P_{ном} = P_{пасп} \sqrt{ПВ_{пасп}}$;

б) для обычных силовых трансформаторов $S_{ном} = S_{пасп} \sqrt{ПВ_{пасп}}$;

в) для трансформаторов сварочных машин $P_{ном} = S_{пасп} \sqrt{ПВ_{пасп}} \cdot \cos \varphi_{пасп}$;

г) для трансформаторов электрических печей $P_{ном} = S_{пасп} \cdot \cos \varphi_{пасп}$.

- ⦿ Групповая номинальная активная мощность – это сумма номинальных активных мощностей n отдельных рабочих ЭП:

$$P_{\text{ном}} = \sum_{i=1}^n p_{\text{ном } i}$$

- Групповая номинальная реактивная мощность:

$$Q_{\text{ном}} = \sum_{i=1}^n q_{\text{ном } i}$$

(Паспортная реактивная мощность приемника повторно-кратковременного режима приводится к длительному режиму: $q_{\text{ном}} = q_{\text{пасп}} \cdot \sqrt{\text{ПВ}_{\text{пасп}}}$.)

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

График нагрузки ЭП – диаграмма изменения мощности (тока) электроустановки во времени.

По виду фиксируемого параметра различают графики:

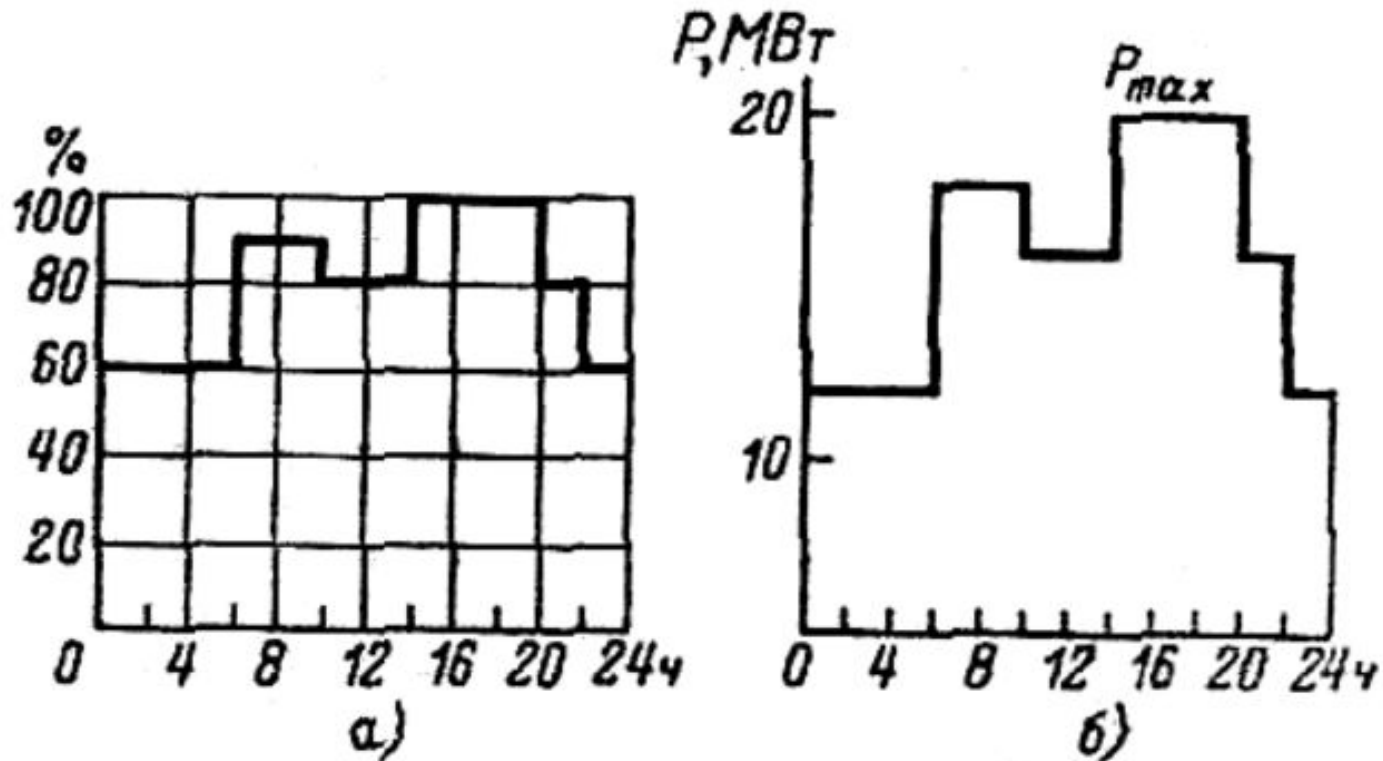
- активной P ,
- реактивной Q ,
- полной (кажущейся) S мощностей,
- тока I .

По временному признаку графики разделяют:

- суточные (24 ч),
- сезонные,
- годовые.

СУТОЧНЫЕ ГРАФИКИ АКТИВНОЙ НАГРУЗКИ ПОТРЕБИТЕЛЯ

□

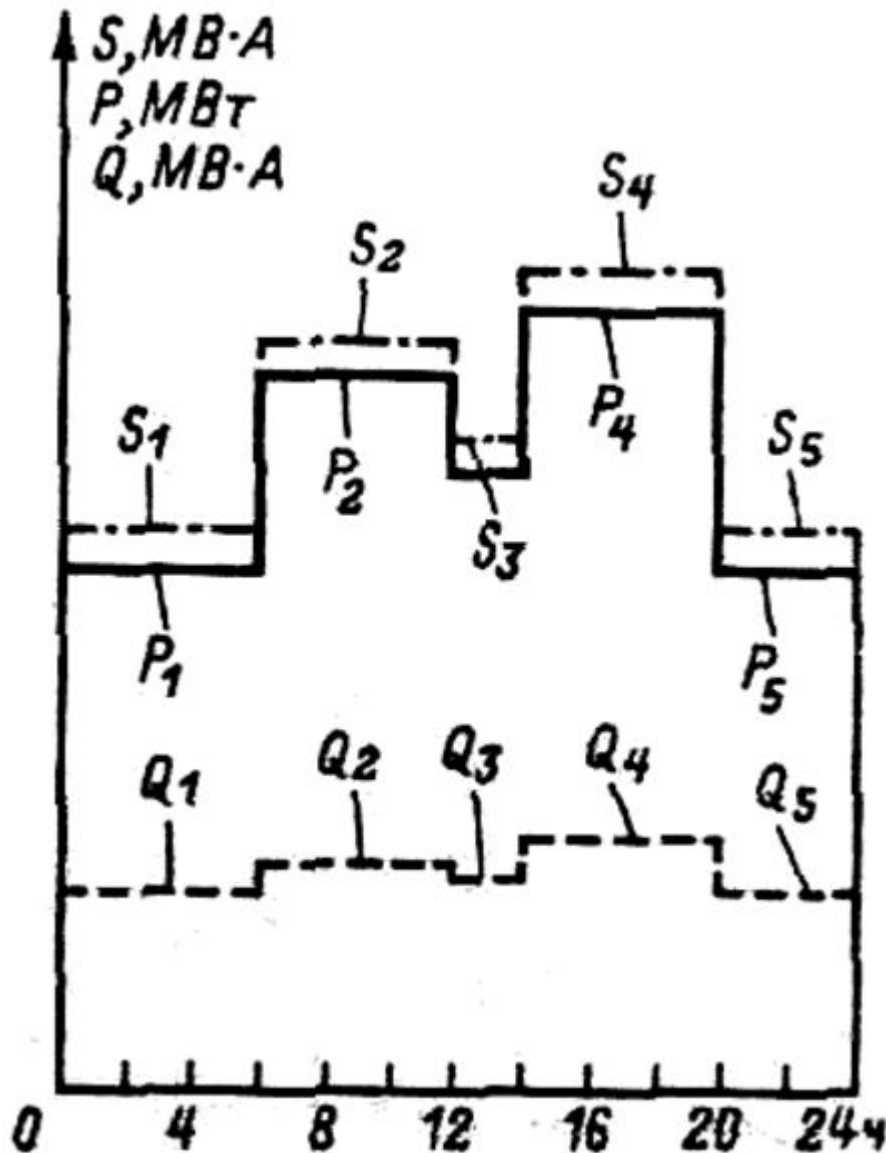


Реактивное потребление: $Q_i = P_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i$.

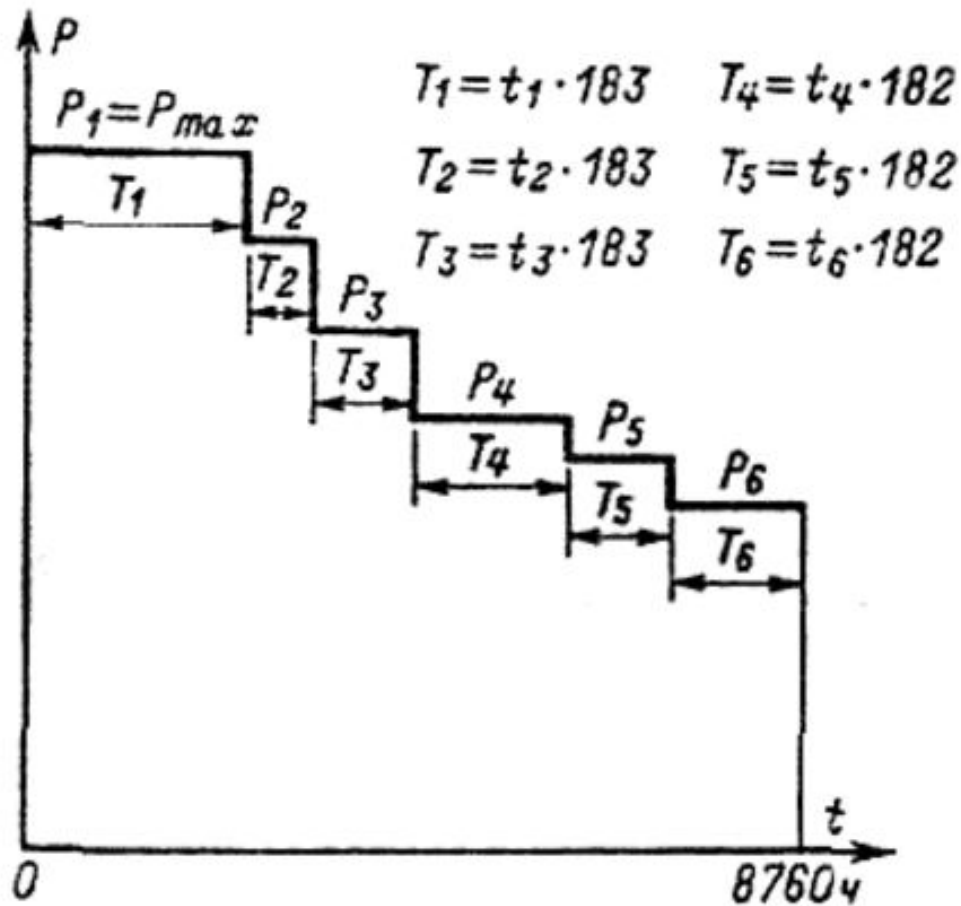
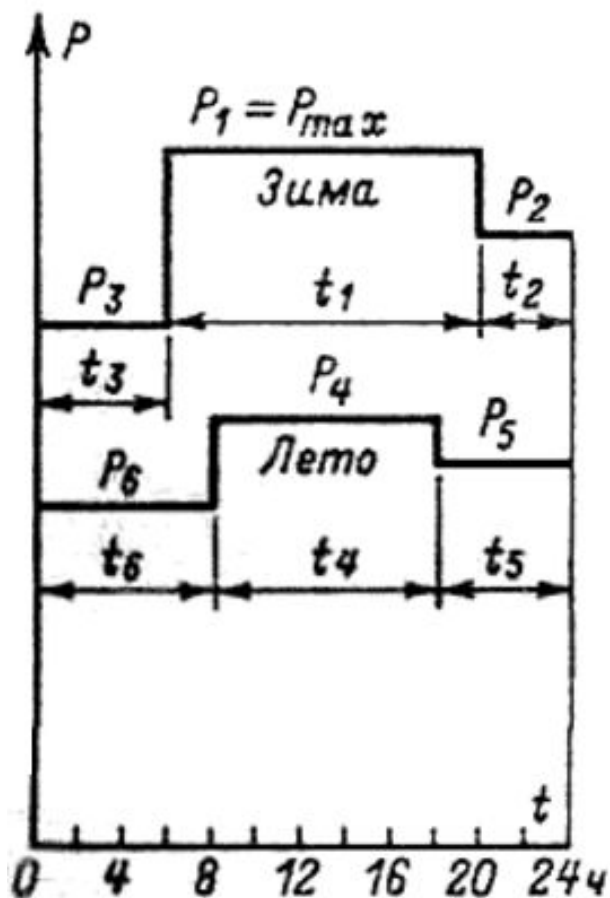
□ СУТОЧНЫЕ ГРАФИКИ
НАГРУЗКИ
ПОТРЕБИТЕЛЯ

Полная мощность:

$$S_i = \sqrt{P_i^2 + Q_i^2}$$



Годовой график ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ НАГРУЗОК



❶ **Средняя нагрузка.** Суммарная средняя нагрузка группы ЭП дает возможность приблизительно оценить нижний предел возможных значений расчетной нагрузки.

- Средние активная и реактивная нагрузки группы приёмников за любой интервал времени определяются по выражениям:

$$P_c = \frac{\int_0^t p(t)dt}{t}, Q_c = \frac{\int_0^t q(t)dt}{t}$$

В условиях эксплуатации средние нагрузки рассматриваются за определенный характерный интервал времени (используют данные показателей счетчиков активной (Эа) и реактивной (Эр) электроэнергии):

$$P_c = \frac{\text{Эа}}{t}, Q_c = \frac{\text{Эр}}{t}.$$

- **Максимальная нагрузка.** Максимальные значения активной нагрузки отдельного ЭП $p_{см}$ и группы ЭП $P_{см}$, реактивной нагрузки $q_{см}$, $Q_{см}$ и тока $i_{см}$, $I_{см}$ представляют собой наибольшие из соответствующих средних величин за некоторый промежуток времени.

В зависимости от продолжительности промежутка времени различают:

- максимальные кратковременные нагрузки длительностью $1 \div 2$ с (пиковые $P_{пик}$);
- максимальные длительные нагрузки $P_{см}$ за различные интервалы времени (5, 10, 30 мин.).

- **Расчетная нагрузка** – такая длительная неизменная во времени нагрузка элемента системы электроснабжения (трансформатора, линии и т. п.), которая эквивалентна ожидаемой изменяющейся на грузке по наиболее тяжелому тепловому воздействию: максимальной температуре нагрева проводника или тепловому износу его изоляции.

Соответственно различают:

- расчетную нагрузку по максимальной температуре нагрева, т. е. такую неизменную во времени нагрузку, которая вызывает в проводнике тот же самый максимальный перегрев над окружающей температурой, что и заданная переменная нагрузка $P(t)$;
- расчетную нагрузку по тепловому износу изоляции, т. е. такую неизменную во времени нагрузку, которая вызывает в проводнике тот же тепловой износ изоляции, что и заданная переменная нагрузка $P(t)$.

- **Коэффициентом использования** активной мощности приемника $k_{иа}$ или группы приемников $K_{иа}$ называется отношение средней активной мощности отдельного приемника (или группы их) к номинальной активной мощности этого приемника (или группы их):

$$k_{иа} = \frac{P_c}{P_{ном}}, \quad K_{иа} = \frac{P_c}{P_{ном}} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{иаi} \cdot P_{номi}}{\sum_{i=1}^n P_{номi}} .$$

- **Коэффициентом включения** приемника k_v называется отношение продолжительности включения t_v приемника за время цикла ко всей продолжительности цикла $t_{\text{ц}}$:

$$k_v = t_v / t_{\text{ц}} = (t_p + t_x) / t_{\text{ц}}.$$

Коэффициентом включения группы приемников или групповым коэффициентом включения K_v называется средневзвешенное значение коэффициентов включения:

$$K_v = \frac{\sum_{i=1}^n k_{vi} \cdot P_{\text{ном}i}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном}i}}.$$

- **Коэффициент загрузки ЭП** по активной мощности $k_{за}$ называется отношение фактически потребляемой или средней активной мощности P_c за время включения t_v в течение времени цикла $t_{ц}$ к его номинальной мощности:

$$k_{за} = \frac{1}{P_{ном}} \frac{1}{t_v} \int_0^{t_{ц}} p(t) dt = \frac{P_c}{P_{ном}} \frac{t_{ц}}{t_v} = \frac{k_{иа}}{k_v}.$$

Групповым коэффициентом загрузки по активной мощности называется отношение группового коэффициента использования к групповому коэффициенту включения:

$$K_{за} = \frac{K_{иа}}{K_v} = \frac{P_c}{P_{ном}} \frac{t_{ц}}{t_v}.$$

- **Коэффициентом формы** индивидуального или группового графиков нагрузок $k_{фа}$, $K_{фа}$ называется отношение среднеквадратичной активной мощности ЭП или группы приемников за определенный период времени к ее среднему значению за тот же период:

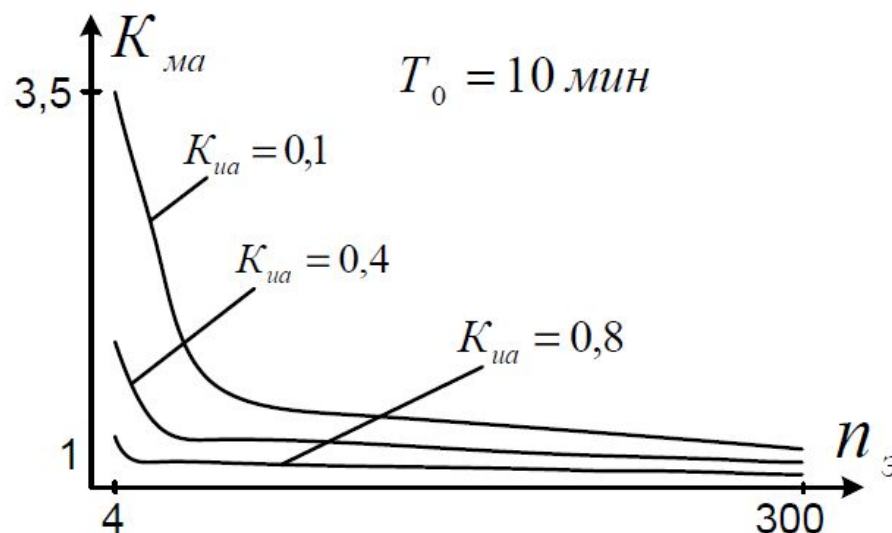
$$k_{фа} = \frac{P_{ск}}{P_c}; \quad K_{фа} = \frac{P_{ск}}{P_c}.$$

- **Приведенное число электроприемников $n_{\text{э}}$** есть такое число однородных по режиму работы ЭП одинаковой мощности, которые обуславливают ту же расчетную нагрузку, что и группа различных по номинальной мощности и режиму работы приемников электроэнергии.

- Коэффициентом максимума активной мощности называется отношение расчетной активной нагрузки к средней нагрузке за исследуемый период времени.

$$K_{ма} = P_p / P_{см}$$

Исследуемый период времени принимается равным продолжительности наиболее загруженной смены.



- **Коэффициентом спроса** по активной мощности называется отношение расчетной активной нагрузки к номинальной активной мощности группы приемников:

$$K_{ca} = \frac{P_p}{P_{ном}} = \frac{P_p}{P_c} \frac{P_c}{P_{ном}} = K_{ма} \cdot K_{иа}.$$

- **Коэффициент заполнения графика нагрузок** по активной мощности — отношение средней активной нагрузки к расчетной за исследуемый период времени:

$$K_{зга} = \frac{P_c}{P_p} = \frac{1}{K_{ма}}.$$