

## Лекция № 1

## Тема № 1

**ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ПРИЁМНИКАХ И ПОТРЕБИТЕЛЯХ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Учебные вопросы:

- 1.1 Классификация электроприёмников и потребителей электрической энергии.
- 1.2 Характеристики потребителей электрической энергии.

**1.1 Классификация электроприёмников и потребителей  
электрической энергии**

**Электроприёмник** – устройство, в котором происходит преобразование электрической энергии в другие виды энергии для ее использования (осветительные лампы, двигатели и т. д.).

Электроприёмник или группа электроприемников, связанных технологическим процессом и размещенных на определенной территории, называется потребителем электрической энергии (станок, цех, завод и т. д.).

**Классификация электроприёмников**

Электроприёмники в практике электроснабжения удобно классифицировать по следующим признакам:

- по надёжности электроснабжения;
- по роду тока;
- по напряжению;
- по режиму работы.

1. По степени надёжности электроснабжения электроприемники делятся на следующие три категории:

- **электроприёмники I категории** – электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей (например, система вентиляции кислотного цеха, операционная), значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства. Приёмники электроэнергии I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного источника питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

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

повреждения дорогостоящего основного оборудования (например, непрерывная работа насоса по циркуляции воды необходима для охлаждения стенок сталеплавильной печи). Для электроснабжения особой группы приемников электроэнергии I категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания. Независимым источником питания приемника электроэнергии или группы приемников электроэнергии называют источник питания, на котором сохраняется напряжение в пределах, регламентированных ПУЭ для послеаварийного режима, при исчезновении его на другом или других источниках питания этих приемников.

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

1) каждая секция или система 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 секции (системы) шин.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы приемников электроэнергии и в качестве второго независимого источника питания для остальных приемников I категории используют местные электростанции, электростанции энергосистем, специальные агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т. п. Если резервированием электроснабжения нельзя обеспечить необходимую непрерывность технологического процесса или если резервирование электроснабжения экономически нецелесообразно, осуществляют технологическое резервирование.

Электроснабжение приемников электроэнергии I категории с особо сложным технологическим процессом, требующим длительного времени на восстановление рабочего режима, при наличии технико-экономических обоснований осуществляют от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, к которым предъявляют дополнительные требования, определяемые особенностями технологического процесса.

- **электроприёмники II 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. Приемники электроэнергии II категории обеспечивают электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. Для приемников электроэнергии II категории при нарушении электроснабжения от одного источника питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

- **электроприёмники III категории** – все остальные электроприемники,

не подходящие под определения I и II категорий. Это приемники вспомогательных цехов, несерийного производства продукции и т. п. Для приемников электроэнергии III категории электроснабжение выполняют от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 суток.

В зависимости от категории надежности, к которой относится тот или иной электроприемник, устанавливаются требования к системам электроснабжения.

2. По роду тока различают следующие электроприёмники:

- электроприёмники, работающие от сети промышленной частоты (50, 60 Гц) – большинство электроприемников;
- электроприёмники, работающие от сети повышенной (пониженной) частоты;
- электроприёмники, работающие от сети постоянного тока.

Установки повышенной частоты применяются, например, для нагрева диэлектриков. Повышение частоты используется также в технологиях, требующих высокие скорости вращения ( $n = 20000$  об/мин;  $f = 133-400$  МГц). Пониженная частота используется в металлургии. Постоянный ток используется в транспорте, для электролиза и др.

3. По напряжению электроприемники классифицируют следующим образом:

- до 1 кВ и выше 1 кВ - переменный ток.
- до 1,5 кВ и выше 1,5 кВ - постоянный ток.

Номинальное напряжение электроприемника определяет величину его мощности. Мощные электрические двигатели используются для привода насосных, компрессорных агрегатов. При выборе типа электрического двигателя большое значение имеет мощность и напряжение:

- при напряжении до 1 кВ и мощности до 100 кВт экономичнее использовать асинхронные двигатели;
- свыше 100 кВт – синхронные двигатели;
- при напряжении 6 кВ и мощности до 300 кВт – асинхронные двигатели;
- при напряжении 6 кВ и мощности больше 300 кВт – синхронные двигатели.

В настоящее время на практике чаще всего используются асинхронные электродвигатели.

4. По режиму работы в соответствии с ГОСТ 183-74 электроприёмники классифицируют на 8 режимов. Но для решения практических задач по определению электрических нагрузок, как правило, используют 3 следующих характерных режима работы электроприемников:

- *продолжительный режим* работы электроприемника соответствует номинальной неизменной нагрузке, продолжающейся столь долго, что температура  $t$  его частей достигает установившихся значений (рисунок 1.1, а). Установившейся температурой считается температура, изменение которой в

течение 1 ч не превышает 1 °С;

- *кратковременный режим* работы электроприёмника (рисунок 1.1, б) характеризуется тем, что он работает при номинальной мощности в течение времени, за которое его температура не успевает достичь установившейся. При отключении электроприемник длительно не работает, и его температура снижается до температуры окружающей среды;

- *повторно-кратковременный режим* работы электроприемника – режим, при котором кратковременные рабочие периоды номинальной нагрузки чередуются с паузами (рисунок 1.1, в). Продолжительность рабочих периодов и пауз не настолько велика, чтобы перегревы отдельных частей электроприемника при неизменной температуре окружающей среды могли достигнуть установившихся значений. При повторно-кратковременном режиме работы электроприемник можно сильнее нагружать, чем при продолжительном номинальном режиме.

Повторно-кратковременный режим работы характеризуется продолжительностью включения (ПВ), равной отношению времени включения  $t_B$  ко времени всего цикла  $t_{Ц}$ :

$$ПВ = \frac{t_B}{t_0 + t_B} 100 = \frac{t_B}{t_{Ц}} 100, \quad (1.1)$$

где  $t_0$  - продолжительность отключения (паузы).

Значение  $t_{Ц}$  при ПКР не должно превышать 10 минут.

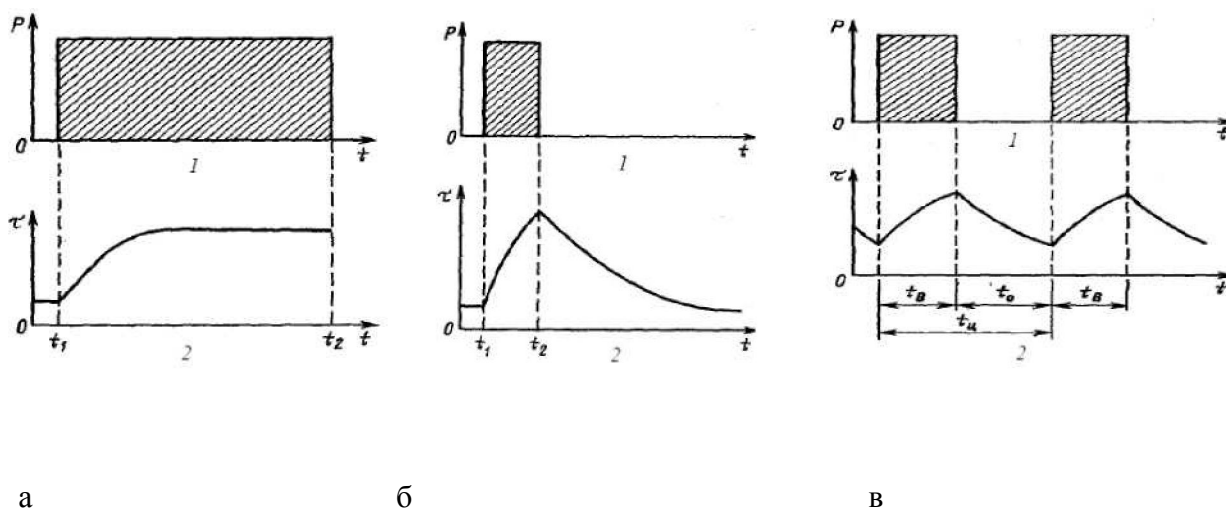


Рисунок 1.1 – Графики нагрузки (1) и изменения температуры нагрева частей электроприемника (2) при различных режимах работы:

а – продолжительный режим работы электроприёмника; б – кратковременный режим работы электроприёмника; в – повторно-кратковременный режим работы электроприёмника

Электротехническая промышленность выпускает оборудование со стандартными значениями ПВ, равными 15, 25, 40 и 60 %.

Фактические значения ПВ в процессе работы изменяются в значительных пределах. Соотношение между мощностями  $P_1$  и  $P_2$  электроустановки, работающей в повторно-кратковременном режиме при соответствующих ПВ<sub>1</sub> и ПВ<sub>2</sub> имеет вид:

$$P_1 \sqrt{\text{ПВ}_1} = P_2 \sqrt{\text{ПВ}_2} = P_{\text{прод}}, \quad (1.2)$$

где  $P_{\text{прод}}$  – мощность, соответствующая продолжительному режиму работы (ПВ = 100 %).

Электроприёмники продолжительного режима характеризуются коэффициентом включения:

$$k_B = \frac{t_B}{t_B + t_{\text{П}}} = \frac{t_B}{t_{\text{Ц}}}. \quad (1.3)$$

Величина  $t_{\text{Ц}}$  при продолжительном режиме должна быть более 10 мин.

Режим работы электроприемников характеризуется временем включения, временем отключения, временем цикла, определяющим нагрев отдельных частей электроприемника, а также токоведущих частей системы электроснабжения.

Одной из характеристик, формально описывающих данный процесс, является постоянная времени нагрева ( $T_0$ , мин) – время, в течение которого токоведущие части нагрелись бы до установившейся температуры, если бы отсутствовал теплообмен с окружающей средой. Поэтому выбор всех токоведущих частей элементов системы электроснабжения по условию их допустимого нагрева осуществляют с учётом  $T_0$ .

### Классификация потребителей электрической энергии

Потребители электрической энергии классифицируются:

- по суммарной установленной мощности электроприёмников;
- по принадлежности к отрасли промышленности;
- по тарифной группе;
- по категории энергетической службы.

1. По суммарной установленной мощности ( $P_{\text{уст}}$ ) электроприемников различают следующие потребители электроэнергии:

- малые,  $P_{\text{уст}} < 5 \text{ МВт}$ ;
- средние,  $5 \text{ МВт} < P_{\text{уст}} < 75 \text{ МВт}$ ;
- крупные,  $P_{\text{уст}} > 75 \text{ МВт}$ .

2. По принадлежности к отрасли промышленности потребители электроэнергии бывают металлургические, химические, нефтехимические, легкой промышленности, машиностроения, горнорудные.

3. По тарифной группе различают 2 группы потребителей электроэнергии, отличающиеся условиями выбора компенсирующих устройств, а также условиями расчетов за электроэнергию:

I тарифная группа – потребители, установленная (присоединенная) мощность трансформаторов которых  $S_{тр} \geq 750$  кВА. Выбор компенсирующих устройств осуществляется при проектировании (реконструкции) одновременно с выбором всех элементов системы электроснабжения. При этом потребители данной группы рассчитываются за электроэнергию по двухставочному либо многоставочному тарифам;

II тарифная группа – присоединенная мощность трансформаторов которых  $S_{тр} \leq 750$  кВА. Мощность компенсирующих устройств таких потребителей устанавливается энергоснабжающей организацией. Оплата за электроэнергию, как правило, осуществляется по одноставочному тарифу.

4. О масштабах и сложностях энергетического хозяйства потребителей можно судить по суммарной годовой трудоёмкости ремонтов и обслуживания электрооборудования. Чем выше эта трудоёмкость (чел×ч), тем сложнее энергетическое хозяйство.

### Характеристики электроприёмников

Основными характеристиками электроприёмников являются:

- номинальная мощность  $P_H (S_H, Q_H)$ ;
- номинальное напряжение  $U_H$ ;
- номинальный коэффициент мощности  $\cos \varphi_H$ ;
- номинальный КПД  $\eta_H$ ;
- номинальная продолжительность включения  $ПВ_H$ ;
- номинальная частота  $f_H$ ;
- номинальный ток  $I_H$ .

*Номинальная мощность* отдельных электроприёмников принимается равной:

- механической мощности на валу – для электродвигателей. При этом для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы:

$$P_{ном} = P_{пасп} \sqrt{ПВ_{пасп}}, \quad (1.4)$$

- для силовых и электропечных трансформаторов (работают, как правило, в длительном режиме):

$$S_{ном} = S_{пасп}, \quad (1.5)$$

- для сварочных трансформаторов (как правило, работают в ПКР):

$$S_{ном} = S_{пасп} \sqrt{ПВ_{пасп}}, \quad (1.6)$$

- для источников света:

а) лампы накаливания:

$$P_{\text{ном}} = P_{\text{пасп}}, \quad (1.7)$$

б) газоразрядные лампы с электромагнитными пускорегулирующим аппаратом (ПРА):

$$P_{\text{ном}} = K_{\text{ПРА}} P_{\text{пасп}} \quad (1.8)$$

где  $K_{\text{ПРА}} = 1,25$  - для люминесцентных ламп;  $K_{\text{ПРА}} = 1,1$  – для ламп высокого давления, например, типа ДРЛ.

В электронном пускорегулирующем аппарате отсутствуют потери мощности и энергии  $K_{\text{ПРА}}^{\text{э}} = 1$ .

Под *номинальной реактивной мощностью* одного электроприёмника понимается реактивная мощность, потребляемая из сети или генерируемая в сеть при номинальной активной мощности и номинальном напряжении, а для синхронного двигателя ток возбуждения должен быть равным номинальному.

*Номинальная электрическая мощность* определяется, как

$$P_{\text{ном.э}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}}; \quad (1.9)$$

$$S_{\text{н}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{н}} \cos \varphi_{\text{н}}}, \quad (1.9)$$

где  $P_{\text{ном.э}}$  – номинальная активная электрическая мощность;

$P_{\text{ном}}$  – номинальная механическая мощность (мощность на валу);

$\cos \varphi_{\text{н}}$  – коэффициент активной мощности, определяемый из соотношения:

$$\cos \varphi_{\text{н}} = \frac{P_{\text{ном.э}}}{S_{\text{ном}}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}} S_{\text{ном}}};$$

$\eta_{\text{ном}}$  – номинальный КПД, определяемый по выражению:

$$\eta_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{P_{\text{нэ}}} = \frac{P_{\text{ном}}}{P_{\text{ном}} + \Delta P_{\text{ном}}};$$

$\text{tg} \varphi_{\text{н}}$  – коэффициент реактивной мощности,  $\text{tg} \varphi_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{ном}} \eta_{\text{ном}}}{P_{\text{ном}}}.$

$S_{\text{ном}}$  – полная номинальная мощность.

*Номинальный ток* электроприёмников может определяться по выражениям:

- для электродвигателей:

$$i_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{ном}}} ;$$

- для печей, трансформаторов, генераторов и др.:

$$i_{\text{ном}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} .$$

При этом значения  $i_{\text{ном}}$ ,  $P_{\text{ном}}$ ,  $S_{\text{ном}}$  определяют, как правило, допустимый тепловой режим работы электроприёмника.

Следует отметить, что номинальный режим очень часто отличается от оптимального.

### Контрольные вопросы

1. Что называют приемником и потребителем электроэнергии?
2. Классификация электроприемников.
3. Основные условия электроснабжения приемников I категории.
4. Назовите режимы работы электроприемников. Что такое ПВ?
5. Классификация потребителей электрической энергии.
6. Основные характеристики электроприемников.