

ОГЛАВЛЕНИЕ

Аннотация

1. Теоретические сведения

1.1. Приемники и потребители электроэнергии.

1.2. Коэффициенты графиков электрических нагрузок.

1.3. Тарифы на электрическую энергию.

2. Виртуальная лабораторная установка.

3. Методические указания.

4. Шаблон отчета.

5. Вопросы для самоконтроля.

6. Глоссарий.

7. Интернет-ресурсы.

1 Теоретические сведения

1.1 Приемники и потребители электроэнергии

Электроприемником называется аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

Потребителем электрической энергии является электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории.

Различают восемь номинальных режимов работы электроприемников (ЭП), которые определяют временные графики нагрузок:

- продолжительный (длительный);
- кратковременный;
- периодический повторно-кратковременный;
- периодический повторно-кратковременный с влиянием пусковых процессов;
- периодический повторно-кратковременный с влиянием пусковых процессов и электрического торможения;
- перемежающийся;
- периодический перемежающийся с влиянием пусковых процессов и электрическим торможением;
- периодический перемежающийся с периодически изменяющейся частотой вращения.

Для большинства ЭП промышленных предприятий характерны первые три режима работы. Для них на рис. 1 представлен характер изменения нагрузки P , потерь мощности ΔP и кривой нагрева θ .

Продолжительный режим S_1 – это режим, когда работа ЭП при неизменной нагрузке продолжается столь длительное время, что превышение температуры нагрева всех его частей над температурой окружающей среды достигает практически установившегося значения (рис. 1,а). При этом все параметры рабочего режима, указанные в паспорте на ЭП, соответствуют режиму работы S_1 . Практически установившейся $\theta_{уст}$ считается температура, изменение которой в течение 1 часа не превышает 1°C при практически неизменных нагрузках сети и температуре окружающей среды. Для ЭП продолжительного режима работы ее значение достигается за время 3τ ,

где τ – постоянная времени нагрева (это время, в течение которого температура ЭП и проводника питающей сети достигла бы установившегося значения $\theta_{уст}$, если бы отсутствовала отдача тепла в окружающую среду). Методика определения τ приведена на рис. 1.1,а.

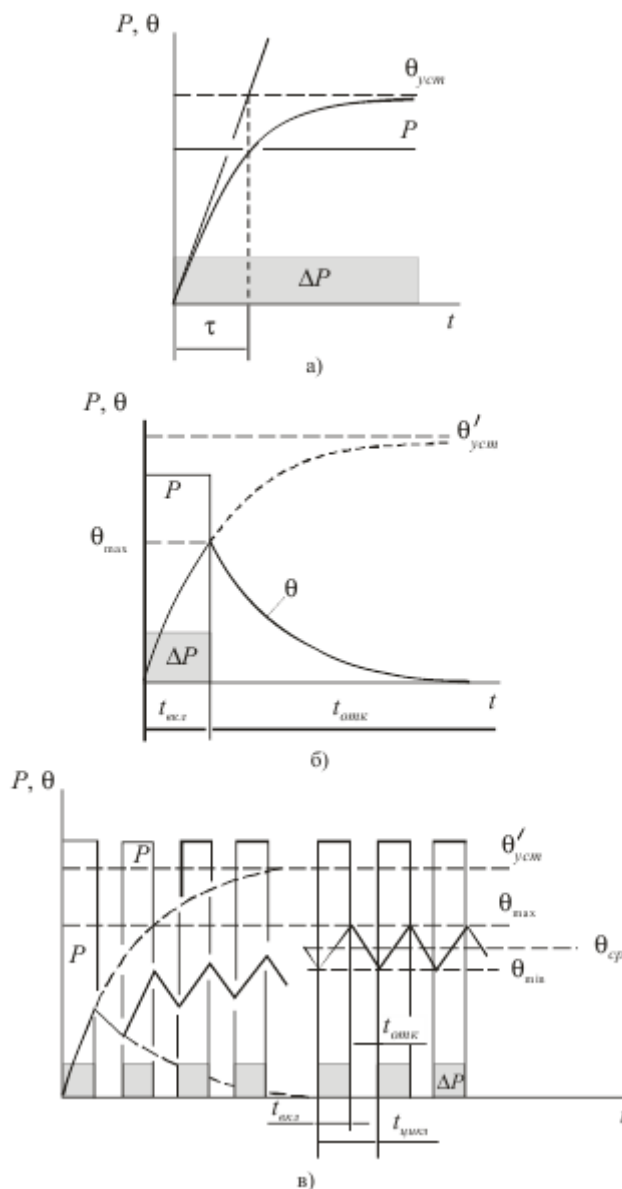


Рис. 1. Графики основных режимов работы электроприемников: а – продолжительный; б – кратковременный; в – повторно-кратковременный.

Для силовой (двигательной) нагрузки и нагрузки электропечей номинальная мощность ЭП принимается по паспортным данным:

$$P_{ном.ЭП} = P_{пасп},$$

а для трансформаторов и выпрямительных электроустановок рассчитывается по соотношению:

$$P_{\text{ном}} = S_{\text{пасп}} \cdot \cos \varphi_{\text{пасп}}.$$

Кратковременный режим S_2 (рис. 1.1,б) характеризуется небольшими по времени периодами работы и длительными паузами с отключением ЭП от сети. В этом случае при нагреве температура частей оборудования не достигает установившихся значений, а при отключении происходит охлаждение до температуры, превышающей температуру окружающей среды не более чем на 2°C .

Ориентировочно потребляемая мощность ЭП в режиме S_2 определяется:

$$P_{S_2} \leq P_{S_1} \sqrt{\frac{1}{1 - \exp(-t / \tau)}},$$

где P_{S_1} – номинальная мощность электроприемника в режиме S_1 .

Периодический повторно-кратковременный режим (ПКР) работы S_3 – это режим, при котором кратковременные периоды работы ЭП чередуются с паузами. При этом и рабочие периоды, и паузы не настолько длительны, чтобы температура достигала установившихся значений. В результате многократных циклов температура достигает некоторой средней установившейся величины $\theta_{\text{ср}}$ (рис. 1.1,в). При этом потери при пуске почти не оказывают влияния на температуру частей ЭП.

Электроприемники ПКР характеризуются величиной продолжительности включения (в относительных единицах или процентах):

$$ПВ = \frac{t_{\text{вкл}}}{t_{\text{вкл}} + t_{\text{отк}}} = \frac{t_{\text{вкл}}}{t_{\text{цикл}}},$$

где $t_{\text{вкл}}$ – период работы; $t_{\text{отк}}$ – период отключения; $t_{\text{цикл}}$ – время всего цикла.

Продолжительность цикла обычно не превышает 10 мин. Если $t_{\text{цикл}} > 10$ мин, то режим работы считается продолжительным.

Для ЭП повторно-кратковременного режима указанная в паспорте мощность повторно-кратковременного режима должна быть

приведена к номинальной мощности продолжительного режима $P_{\text{ном}}$ при $\text{ПВ} = 100\%$:

$$P_{\text{ном}} = P_{\text{пасп}} \sqrt{\text{ПВ}_{\text{пасп}}},$$

где $P_{\text{пасп}}$ – паспортная мощность электроприемника, кВт; $\text{ПВ}_{\text{пасп}}$ – паспортная продолжительность включения, отн.ед., (стандартный ряд значений ПВ: 15, 25, 40 и 60%).

Для сварочных машин и трансформаторов электрических печей, паспортная мощность которых указывается в кВА, номинальная активная мощность определяется

$$P_{\text{ном}} = S_{\text{пасп}} \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{\text{ПВ}_{\text{пасп}}},$$

где $S_{\text{пасп}}$ – паспортная мощность трансформатора; $\cos \varphi_{\text{пасп}}$ и $\text{ПВ}_{\text{пасп}}$ – паспортные значения коэффициента мощности и продолжительности включения.

1.2 Коэффициенты графиков электрических нагрузок

Электрическая нагрузка – это электрическая мощность $P(t)$ при равномерном потреблении электроэнергии W в течение времени t :

$$P = \frac{W}{t}.$$

Для рационального проектирования электроустановок и их эксплуатации необходимо знать изменение нагрузок в течение смены, суток, месяца, года. Это изменение характеризуется графиками нагрузок. График нагрузки – это кривая (диаграмма), показывающая изменение нагрузок за определенный промежуток времени.

С помощью графиков нагрузки можно определить величину сечений проводов и жил кабелей, оценивать потери напряжения, выбирать мощности генераторов электростанций, рассчитывать системы электроснабжения проектируемых предприятий, решать вопросы технико-экономического характера и многое другое.

Обычно графики нагрузки строятся и анализируются за базисное время, кратное длительности законченного технологического цикла. Различают индивидуальные и групповые графики, графики активных и реактивных нагрузок.

По продолжительности графики нагрузки строятся суточными и годовыми. При построении суммарного суточного или годового графика нагрузки необходимо определить нагрузки потребителей предприятия и учесть потери мощности в электрооборудовании и в сети. Предприятия каждой отрасли промышленности имеют свой, характерный график нагрузки, определяемый технологическим процессом производства.

С точки зрения регулярности нагрузок их индивидуальные графики подразделяются на:

- периодические;
- циклические;
- нециклические;
- нерегулярные.

У периодических графиков, соответствующих поточному производству, время цикла $t_{ц}$ строго постоянно (рис. 2, а)

$$t_{ц} = t_{p} + t_{o},$$

где $t_{ц}$, t_{p} – время работы и остановки.

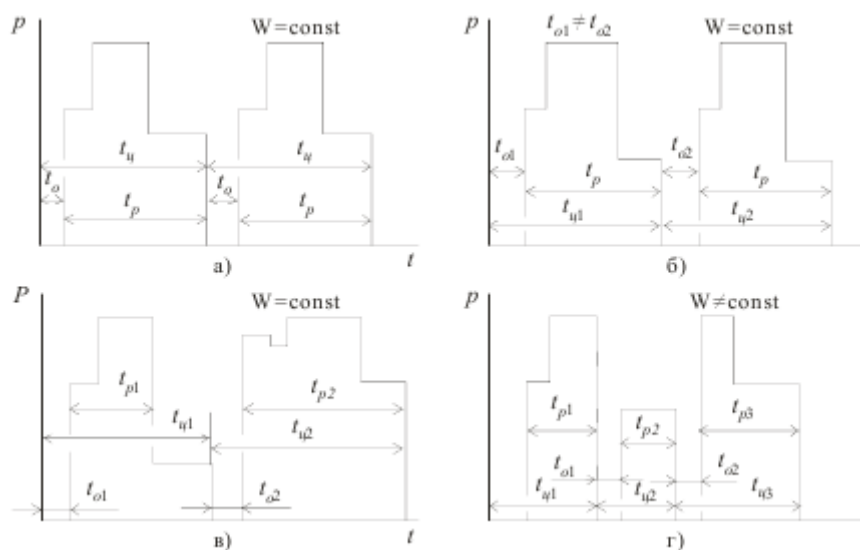


Рис. 2. Индивидуальные графики нагрузок:

а – периодический; б – циклический; в – нециклический; г – нерегулярный

У циклических графиков (рис. 1.9,б), соответствующих непоточному производству, время остановок различно, но характер и продолжительность рабочих интервалов неизменны. За базисное время средняя продолжительность цикла составляет:

$$t_{ц.ср.} = t_p + \frac{\sum_{i=1}^n t_{o.i}}{n},$$

где n – число циклов за базисное время; $t_{o.i}$ – время остановки внутри циклов.

У нециклического (рис. 2,в) и нерегулярного (рис. 2,г) графиков время циклов, рабочее время и время пауз различно. Для всех графиков, кроме нерегулярных, потребление электроэнергии за смену является постоянной величиной.

Групповые графики нагрузок определяются суммированием индивидуальных графиков нагрузок электроприемников, входящих в данную группу. По степени регулярности они подразделяются на:

- периодические;
- почти периодические;
- нерегулярные.

Индивидуальные графики энергоемких ЭП с резкопеременной, толчковой нагрузкой необходимы для выбора электрических сетей этих электроприемников, расчета отклонений и колебаний напряжения, выбора мероприятий по улучшению качества электроэнергии.

Групповые графики используются для проектирования и оптимизации систем электроснабжения.

Суточные графики нагрузок потребителей могут строиться по показаниям счетчиков. Для этого фиксируют показания счетчиков активной и реактивной энергии через определенный интервал времени (30 или 60 мин) и определяют среднюю мощность нагрузки за этот интервал.

Анализ графиков нагрузки позволяет определить величину сечений проводов и жил кабелей, оценить потери напряжения, выбрать мощности генераторов электростанций, решить технико-экономические вопросы выбора оборудования, спроектировать оптимальный вариант системы электроснабжения объекта.

Суточные графики позволяют спланировать ремонт электрооборудования.

Годовые графики строятся по двум характерным суточным: за зимние и летние сутки. Они используются в технико-экономических расчетах при определении наивыгоднейшего типа и мощности

трансформаторов подстанций, генераторов электростанций, при выборе вариантов электроснабжения.

Графики нагрузок характеризуются следующими параметрами:

Средние активная и реактивная мощности за рассматриваемый период времени

$$P_{\text{ср}} = \frac{W}{T}, \quad Q_{\text{ср}} = \frac{V}{T},$$

где W и V – расход активной и реактивной энергии за рассматриваемый период времени; T – продолжительность.

Максимальная мощность заданной продолжительности – наибольшая из всех средних значений за заданный промежуток времени, например, из средних 30-минутных нагрузок наиболее загруженной смены (получасовой максимум).

Расчетная активная P_p и реактивная Q_p мощность – это мощность, соответствующая такой неизменной токовой нагрузке I_p , которая эквивалентна фактической изменяющейся во времени нагрузке по наибольшему возможному тепловому воздействию на элемент СЭС.

Среднеквадратичная мощность

$$P_{\text{ср.кв.}} = \sqrt{\frac{P_1^2 \cdot t_1 + P_2^2 \cdot t_2 + \dots + P_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}},$$

где P_1, P_2, \dots, P_n – средние мощности за интервалы времени между замерами; t_1, t_2, \dots, t_n – принятый интервал времени между замерами.

Аналогичным образом определяются реактивная и полная мощности.

Коэффициенты заполнения графиков нагрузки активного и реактивного:

$$K_{\text{з.а.}} = \frac{P_{\text{ср}}}{P_{\text{макс}}}, \quad K_{\text{з.р.}} = \frac{Q_{\text{ср}}}{Q_{\text{макс}}},$$

где $P_{\text{ср}}$ и $Q_{\text{ср}}$ – средние активная и реактивная мощности; $P_{\text{макс}}$ и $Q_{\text{макс}}$ – максимальные активная и реактивная мощности.

Коэффициент использования установленной мощности потребителей

$$K_{\text{и}} = \frac{P_{\text{ср}}}{P_{\text{уст}}},$$

где $P_{уст}$ – установленная мощность потребителя.

Коэффициент максимума нагрузки

$$K_M = \frac{P_{\max}}{P_{\text{ср}}}.$$

Коэффициент формы графика, который определяется как отношение среднеквадратичной мощности к средней за рассматриваемый период времени:

$$K_{\text{ф.а.}} = \frac{P_{\text{ср.кв.}}}{P_{\text{ср}}}, K_{\text{ф.р.}} = \frac{Q_{\text{ср.кв.}}}{Q_{\text{ср}}}.$$

где $P_{\text{ср.кв.}}$ и $Q_{\text{ср.кв.}}$ – среднеквадратичные активная и реактивная мощности.

Число часов использования максимума активной нагрузки в год:

$$T_{\max} = \frac{W_{\text{год}}}{P_{\max}},$$

где $W_{\text{год}}$ – потребленная за год активная энергия.

Потребляемая за год активная энергия

$$W_{\text{год}} = (P_1 \cdot t_1 + P_2 \cdot t_2 + \dots + P_n \cdot t_n) \cdot 365,$$

где P_1, P_2, \dots, P_n – средняя нагрузка на интервалах времени между замерами показаний приборов суточного графика нагрузки; t_1, t_2, \dots, t_n – временные интервалы между замерами.

Коэффициент сменности

$$\alpha = \frac{P_{\text{ср.год}}}{P_{\text{ср}}},$$

где $P_{\text{ср.год}}$ – среднегодовая активная нагрузка:

$$P_{\text{ср.год}} = \frac{W_{\text{год}}}{8760}.$$

Порядок построения графика следующий. На суточном графике нагрузки выделяется максимальная нагрузка и время ее действия в часах. Это время умножается на 365 (число дней в году) и величина максимальной нагрузки с найденной продолжительностью откладывается на годовом графике. Далее аналогично определяются следующие в порядке убывания значения нагрузок и их продолжительность из суточного графика и откладываются на годовом. Пример типового графика нагрузки по продолжительности приведен на рис. 3.

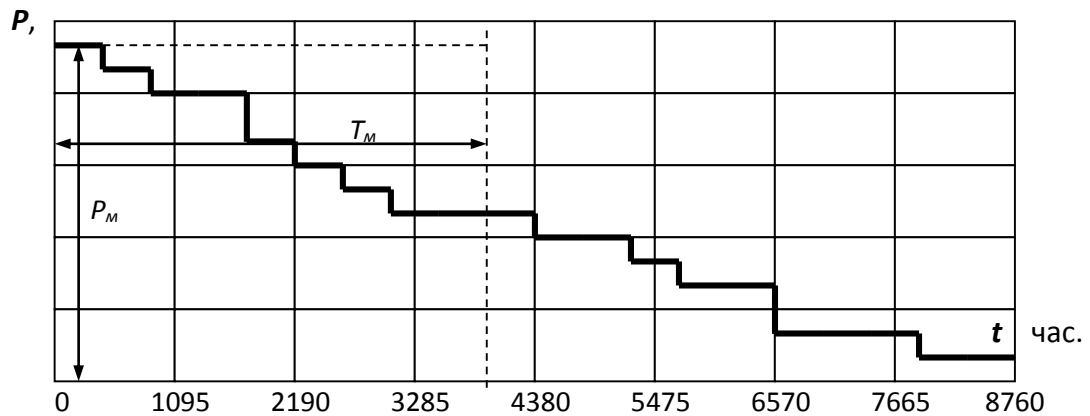


Рис. 3. Годовой график нагрузки по продолжительности

Площадь годового графика в определенном масштабе выражает количество потребленной промышленным предприятием электроэнергии за год. По годовому графику нагрузки можно определить число часов использования максимума нагрузки:

1.3 Тарифы на электрическую энергию

Под **тарифами** понимается система отпускных цен за электроэнергию, дифференцированных для различных групп потребителей.

При разработке тарифов учитываются две основные технико-экономические особенности энергетического производства:

1. Совпадение во времени производства и потребления ЭЭ;
2. Неравномерность потребления в течение суток и на протяжении года.

При формировании тарифов на ЭЭ в регионе можно выделить три последовательных стадии: определение совокупной стоимости обслуживания и среднего тарифа; дифференциация тарифных ставок по уровням напряжения, числу часов использования максимума нагрузки, установленной мощности в соответствии с издержками электроснабжения и расчет базовых (прейскурантных) тарифов; разработка специальных тарифов, направленных на реализацию определенных целей и отклоняющихся индивидуальных издержек электроснабжения

Для *одноставочных тарифов* стоимость израсходованной электроэнергии, руб.,

$$C_{э} = bW_a,$$

где W_a – количество израсходованной предприятием электроэнергии, кВт·ч; b – тарифная ставка за 1 кВт·ч, руб/кВт·ч.

Эта система тарифов широко используется при расчетах с населением и другими непромышленными потребителями мощность которых, как правило, меньше 670кВт.

Одноставочные тарифы являются наиболее простыми при расчетах за потребленную электроэнергию. Но они имеют некоторые недостатки: при отключении потребителя в какой-то промежуток времени потребитель не несет расходов за электроэнергию в этот период. Энергосистема же постоянно держит в рабочем состоянии генерирующие мощности с сопровождающимися при этом издержками энергетического производства.

Постоянные издержки энергокомпании, обеспечивают создание генерирующих мощностей и поддержание их в готовности к несению нагрузки. Поэтому они называются еще «издержками на обеспечение мощности», или «издержками по нагрузке». В частности, к ним относятся амортизационные отчисления, расходы по эксплуатации и ремонту оборудования, некоторые налоги.

Указанные издержки, так же как и нормативная прибыль, служащая источником прироста основного капитала, должны оплачиваться всеми потребителями в независимости от режима электропотребления. Отсюда вытекает необходимость раздельного возмещения постоянных издержек (вместе с прибылью) и переменных затрат, изменяющихся пропорционально объему производства электроэнергии (это главным образом затраты на топливо).

Следовательно, каждый потребитель оплачивает энергокомпании в расчетном периоде определенную часть постоянных издержек пропорционально абонируемой (заказанной) мощности и часть переменных пропорционально объему фактически потребленной ЭЭ. Так образуется тариф, состоящий из двух ставок: основной за 1 кВт мощности (нагрузки) потребителя и за 1 кВт·ч электроэнергии. Модель

двухставочного тарифа является исходной, базовой для различных модификаций, в том числе для получения простого одноставочного тарифа.

Двухставочный тариф состоит из основной и дополнительной ставок. За основную ставку принимается годовая плата за 1 кВт присоединенной (договорной) максимальной 30-минутной мощности предприятия, участвующей в максимуме нагрузки ЭС. Дополнительная ставка двухставочного тарифа предусматривает плату за израсходованную в киловатт-часах электроэнергию, учтенную счетчиками.

Стоимость электроэнергии по двухставочному тарифу, руб.:

$$C_3 = aP_M + bW_a,$$

где a – плата за 1 кВт заявленной (расчетной) мощности предприятия, участвующей в максимуме нагрузки энергосистемы, руб./г; b – стоимость 1 кВт·ч активной энергии по счетчику.

За нарушение договорных обязательств применяется система штрафов. За потребление сверхлимитной электроэнергии предприятие обязано оплатить надбавку в многократном размере дополнительной ставки двухставочного тарифа. Превышение присоединенной мощности, заявленной в часы максимума энергосистемы, влечет за собой плату в многократном размере основной ставки двухставочного тарифа за квартал, в котором произошло нарушение условий договора.

Кроме этого, энергосистема задает график работы компенсирующих устройств реактивной мощности, несоблюдение которого ведет к увеличению тарифа в размере 50 % за квартал, в котором отмечено нарушение этого графика.

В балансе реактивных нагрузок потери реактивной мощности в элементах системы электроснабжения промышленного предприятия достигают 20 %. Естественный коэффициент мощности электрических нагрузок различных промышленных предприятий изменяется в пределах $\cos\varphi_{\text{ест}} = 0,7-0,9$. Это означает, что предприятия потребляют реактивную мощность

$$Q_M = P_M \cdot \operatorname{tg}\varphi_{\text{ест}} = (1,02 - 0,48) P_M.$$

Полные затраты на производство и передачу всей необходимой предприятию реактивной мощности от шин электростанций в большинстве случаев значительно больше, чем затраты на производство реактивной мощности непосредственно в системе электроснабжения предприятия. Поэтому экономически целесообразно от генераторов электростанций передавать часть реактивной мощности, а большую – компенсировать на шинах присоединения предприятия к энергосистеме.

Учитывая необходимость постоянного поддержания оптимальных режимов в энергосистеме, реактивная мощность предприятий нормируется для периода максимальной активной нагрузки энергосистемы $Q_{Э1}$ и для периода минимальной нагрузки $Q_{Э2}$. Значения $Q_{Э1}$ и $Q_{Э2}$ рассчитываются энергоснабжающей организацией по специальной методике и на каждый квартал указываются в договоре с предприятием на пользование электрической энергией.

Оптимальное значение потребляемой из сетей энергосистемы реактивной мощности $Q_{Э1}$, задаваемое потребителю, определяет для него суммарную установленную мощность компенсирующих устройств.

2. Лабораторная установка

Лицевая панель лабораторной установки приведена на рис. 1.

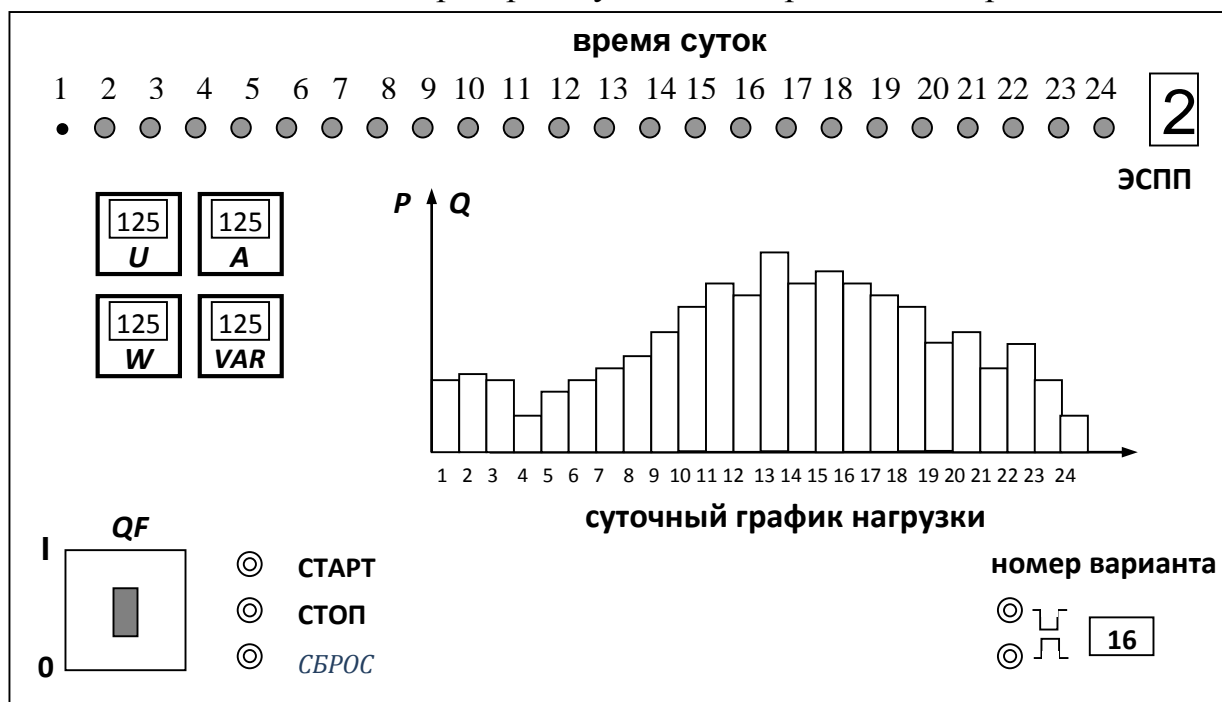


Рисунок 1. Лицевая панель лабораторного стенда

Лабораторная установка позволяет моделировать 16 типовых графиков нагрузки промышленных предприятий:

- угледобывающий завод (вариант 1);
- нефтеперерабатывающий завод (вариант 2);
- торфоперерабатывающий завод (вариант 3);
- завод черной металлургии (вариант 4);
- завод цветной металлургии (вариант 5);
- химический завод (вариант 6);
- завод тяжелого машиностроения (вариант 7);
- ремонтно-механический завод (вариант 8);
- станкостроительный завод (вариант 9);
- автомобильный завод (вариант 10);
- деревообрабатывающий завод (вариант 11);
- целлюлозно-бумажный комбинат (вариант 12);
- комбинат легкой промышленности (вариант 13);
- прядильно-ткацкая фабрика (вариант 14);

- кирпичный завод (вариант 15);
- пищевой комбинат (вариант 16);

Номер варианта работы задается преподавателем. Включение лабораторной установки осуществляется автоматическим выключателем QF , расположенным в левой нижней части стенда. Кнопки "СТАРТ" и "СТОП" позволяют запускать и останавливать программное устройство по требованию, а кнопка "СБРОС" дает возможность возвращать установку на начало графика.

После нажатия кнопки "СТАРТ" программное устройство начинает автоматически обрабатывать заданный график нагрузки, при этом каждая ступень графика нагрузки выдерживается в течение 30 секунд, а затем следует переход на следующую ступень графика. Следовательно, весь суточный график моделируется за 12 минут. Ряд красных сигнальных ламп, расположенных сверху панели, позволяет видеть, какой шаг (ступень) графика нагрузки обрабатывается в данный момент моделью.

В левой части панели установлены измерительные приборы активной и реактивной мощности, по показаниям которых определяют нагрузку на каждом шаге графика. Вольтметр и амперметр показывают напряжение на нагрузке и полный ее ток.

3. Методические указания к выполнению работы

1. Включить автомат QF на лицевой панели. Кнопками выбора варианта, расположенными в правой нижней части панели, установить номер варианта, заданный преподавателем.

2. Нажатием кнопки "СТАРТ" приводится в действие программное устройство. При этом начинается последовательная отработка графика нагрузки, начиная с первого шага (часа) до последнего двадцать четвертого. Номер обрабатываемого шага графика контролируется сигнальными лампами в верхней части панели.

3. Зафиксировать показания измерительных приборов для каждого шага графика нагрузки. Снимаются следующие величины:

- величина напряжения на шинах ГПП, кВ;
- величина тока на шинах ГПП, кА;
- активная мощность, МВт;
- реактивная мощность, МВ·Ар;

Полученные данные заносятся в таблицу 1.

4. После окончания снятия экспериментальных данных, нажать кнопку «СТОП» и выключить автомат QF .

5. По полученным экспериментальным данным построить суточные графики активной и реактивной мощности.

6. По суточным графикам нагрузки определить следующие показатели:

- среднесуточную активную и реактивную мощности $P_{\text{ср}}, Q_{\text{ср}}$;
- максимальные активную и реактивную мощности $P_{\text{м}}, Q_{\text{м}}$;
- коэффициент сменности α ;
- коэффициенты заполнения активного и реактивного графиков нагрузки $K_{\text{з.а}}, K_{\text{з.р}}$;
- коэффициент использования установленной мощности потребителей за наиболее загруженную смену $K_{\text{и}}$. Величину установленной мощности всех электроприемников предприятия принять по следующему выражению $P_{\text{уст}} = 3 \cdot P_{\text{м}}$;
- коэффициент максимума нагрузки $K_{\text{м}}$;
- средний за сутки коэффициент мощности $\cos \varphi$;
- среднеквадратичные значения активной, реактивной и полной мощностей $P_{\text{ср.кв}}, Q_{\text{ср.кв}}, S_{\text{ср.кв}}$;

– коэффициент формы суточного графика по активной, реактивной и полной мощности k_{ϕ} .

7. По суточному графику активной нагрузки построить годовой график активной нагрузки по продолжительности.

8. Определить годовые затраты промышленного предприятия на электроэнергию при оплате по одноставочному и двухставочному тарифам.

Принять тарифную ставку за 1 кВт·ч потребленной электроэнергии, при оплате по одноставочному тарифу, равной $b = 2,0$ руб/кВт·ч.

При оплате по двухставочному тарифу плата за 1 кВт заявленной (расчетной) мощности предприятия, участвующей в максимуме нагрузки энергосистемы, равна $a = 100$ руб. за кВт/месяц; стоимость 1 кВт·ч активной энергии по счетчику составляет $b = 1,6$ руб/кВт·ч.

4.Шаблон отчета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**



Кафедра ЭПП

Отчёт по лабораторной работе №2

**«АНАЛИЗ ГРАФИКОВ НАГРУЗОК ПО СЧЕТЧИКАМ
АКТИВНОЙ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ»**

Выполнил:

Проверил:

Томск 201__

Цель работы: Овладение методикой опытного построения графиков нагрузок, определение и анализ параметров и коэффициентов, характеризующих эти графики.

Описание лабораторной установки

Лицевая панель лабораторной установки приведена на рис. 1.

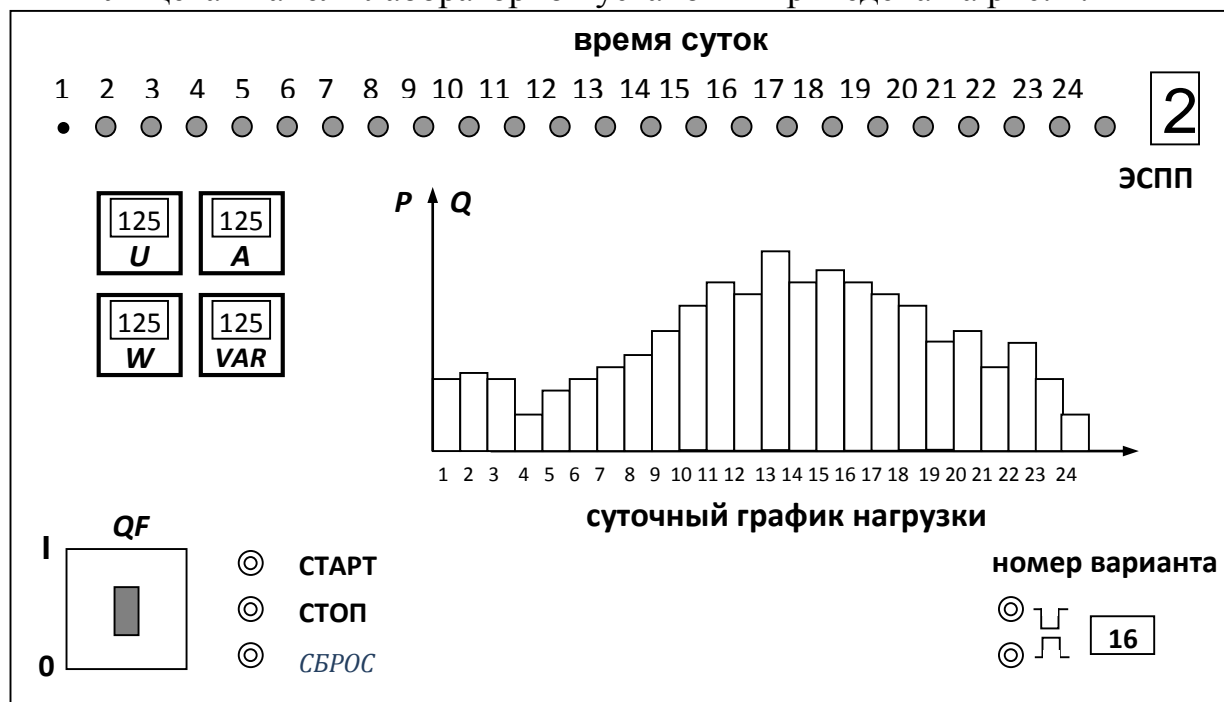


Рисунок 1. Лицевая панель лабораторного стенда

Лабораторная установка позволяет моделировать 16 типовых графиков нагрузки промышленных предприятий:

- угледобывающий завод (вариант 1);
- нефтеперерабатывающий завод (вариант 2);
- торфоперерабатывающий завод (вариант 3);
- завод черной металлургии (вариант 4);
- завод цветной металлургии (вариант 5);
- химический завод (вариант 6);
- завод тяжелого машиностроения (вариант 7);
- ремонтно-механический завод (вариант 8);
- станкостроительный завод (вариант 9);
- автомобильный завод (вариант 10);
- деревообрабатывающий завод (вариант 11);
- целлюлозно-бумажный комбинат (вариант 12);
- комбинат легкой промышленности (вариант 13);
- прядильно-ткацкая фабрика (вариант 14);

- кирпичный завод (вариант 15);
- пищевой комбинат (вариант 16);

Номер варианта работы задается преподавателем.

Включение лабораторной установки осуществляется автоматическим выключателем QF , расположенным в левой нижней части стенда. Кнопки "СТАРТ" и "СТОП" позволяют запускать и останавливать программное устройство по требованию, а кнопка "СБРОС" дает возможность возвращать установку на начало графика.

После нажатия кнопки "СТАРТ" программное устройство начинает автоматически обрабатывать заданный график нагрузки, при этом каждая ступень графика нагрузки выдерживается в течение 30 секунд, а затем следует переход на следующую ступень графика. Следовательно, весь суточный график моделируется за 12 минут. Ряд красных сигнальных ламп, расположенных сверху панели, позволяет видеть, какой шаг (ступень) графика нагрузки обрабатывается в данный момент моделью.

В левой части панели установлены измерительные приборы активной и реактивной мощности, по показаниям которых определяют нагрузку на каждом шаге графика. Вольтметр и амперметр показывают напряжение на нагрузке и полный ее ток.

Определение показателей графиков электрических нагрузок

Полученные данные измерений занести в таблицу 1

Таблица 1 – Результаты измерений

t, час	U, кВ	I, кА	P, МВт	Q, МВАр
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				

Среднесуточная активная и реактивная мощности определяются по выражению...

Максимальные активная и реактивная мощности равны...

Коэффициент сменности равен...

Коэффициенты заполнения активного и реактивного графиков нагрузки...

Коэффициент использования установленной мощности потребителей за наиболее загруженную смену...

Коэффициент максимума нагрузки...

Средний за сутки коэффициент мощности $\cos \varphi$...

Среднеквадратичные значения активной, реактивной и полной мощностей...

Коэффициент формы суточного графика по активной, реактивной и полной мощности...

Построение годового по продолжительности графика активной мощности...

Плата за электроэнергию по одноставочному и двухставочному тарифам...

Вывод по лабораторной работе...

Список литературы

5. Вопросы для самоконтроля

1. Понятие электроприемника, группы электроприемников, потребителя электрической энергии.
2. Понятие и сущность расчетной мощности и расчетного тока.
3. Методы расчета электрических нагрузок.
4. Классификация графиков электрических нагрузок.
5. Назначение графиков электрических нагрузок.
6. Понятие и физический смысл коэффициента спроса.
7. Понятие и физический смысл коэффициента использования.
8. Понятие и физический смысл продолжительности использования максимума электрических нагрузок.
9. Понятие и физический смысл коэффициента формы.
10. Понятие и физический смысл коэффициента заполнения графика.
11. Понятие одноставочного тарифа.
12. Понятие двухставочного тарифа.
13. Определение продолжительного режима работы электроприемников.
14. Определение кратковременного режима работы электроприемников.
15. Определение повторно-кратковременного режима работы электроприемников.

6. Глоссарий

1. **Электроэнергетика** - отрасль экономики Российской Федерации, включающая в себя комплекс экономических отношений, возникающих в процессе производства (в том числе производства в режиме комбинированной выработки электрической и тепловой энергии), передачи электрической энергии, оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике, сбыта и потребления электрической энергии с использованием производственных и иных имущественных объектов (в том числе входящих в Единую энергетическую систему России), принадлежащих на праве собственности или на ином предусмотренном федеральными законами основании субъектам электроэнергетики или иным лицам. Электроэнергетика является основой функционирования экономики и жизнеобеспечения.

2. **Цены (тарифы) в электроэнергетике** - система ценовых ставок, по которым осуществляются расчеты за электрическую энергию (мощность), а также за услуги, оказываемые на оптовом и розничных рынках.

3. **Энергетическая эффективность электроэнергетики** - отношение поставленной потребителям электрической энергии к затраченной в этих целях энергии из невозобновляемых источников.

4. **Номинальная (установленная) мощность одного ЭП** - мощность, обозначенная на заводской табличке или в его паспорте. Применительно к агрегату с многодвигательным приводом под номинальной мощностью подразумевают наибольшую сумму номинальных мощностей одновременно работающих двигателей.

5. **Групповая номинальная (установленная) активная мощность** - сумма номинальных активных мощностей группы ЭП.

6. **Эффективное число электроприемников $n_{\text{Э}}$** - это такое число однородных по режиму работы электроприемников одинаковой мощности, которое обуславливает те же значения расчетной нагрузки, что и группа различных по мощности электроприемников.

7. **Расчетная активная P_p и реактивная Q_p мощность** - это мощность, соответствующая такой неизменной токовой нагрузке I_p , которая эквивалентна фактической изменяющейся во времени нагрузке

по наибольшему возможному тепловому воздействию на элемент системы электроснабжения.

8. **Электроустановка** - совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виды энергии.

9. **Групповая средняя активная мощность** за период времени T определяется как частное от деления расхода активной W_a или реактивной W_p энергии всех входящих в группу ЭП на длительность периода.

10. **Коэффициент расчетной мощности K_p** - отношение расчетной активной мощности P_p к значению $K_{и}P_{н}$ группы ЭП.

11. **Коэффициент использования** отдельного электроприемника $k_{и}$ или группы ЭП $K_{и}$ - отношение средней активной мощности отдельного ЭП P_c или группы ЭП P_C за наиболее загруженную смену к ее номинальному значению.

12. **Продолжительный режим** – это режим, когда работа ЭП при неизменной нагрузке продолжается столь длительное время, что превышение температуры нагрева всех его частей над температурой окружающей среды достигает практически установившегося значения.

13. **Кратковременный режим** характеризуется небольшими по времени периодами работы и длительными паузами с отключением ЭП от сети, при нагреве температура частей оборудования не достигает установившихся значений, а при отключении происходит охлаждение до температуры, превышающей температуру окружающей среды не более чем на 2°C .

14. **Повторно-кратковременный режим** работы - это режим, при котором кратковременные периоды работы ЭП чередуются с паузами. При этом и рабочие периоды, и паузы не настолько длительны, чтобы температура достигала установившихся значений. В результате многократных циклов температура достигает некоторой средней установившейся величины.

15. Система электроснабжения - совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией.

7. Интернет-ресурсы

1. http://portal.tpu.ru:7777/departments/kafedra/espp/literatura/Tab/M_Els_ob_ch1_Kabishev.pdf - Кабышев А.В. Электроснабжение объектов.
2. <http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/g/GARIKI/uchrab/Tab/UPP.pdf> - Климова Г.Н. Энергосбережение на промышленных предприятиях.
3. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103168/ - Федеральный закон от 14.04.1995 N 41-ФЗ (ред. от 27.07.2010) «О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации».
4. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_161973/ - Федеральный закон от 26.03.2003 N 35-ФЗ (ред. от 20.04.2014) «Об электроэнергетике».
5. http://www.znaytovar.ru/gost/2/RTM_361832492_Ukazaniya_po_raschetu_elektricheskikh_nagruzok_RTM_36.18.32.4-92 - Указания по расчету электрических нагрузок РТМ 36.18.32.4-92.