

# ***ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИ*** ***Е***

---

## ***Часть 2***

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

## *ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ*

**Электрическая нагрузка** - величина, характеризующая потребление мощности отдельными приемниками или потребителями электроэнергии.

Одной из основополагающих частей проекта электроснабжения промышленных предприятий является определение ожидаемых электрических нагрузок на всех ступенях электрической сети.

Электрические нагрузки являются исходными данными для решения ряда задач электроснабжения: выбора аппаратов и токоведущих элементов электроснабжения, выбора числа и мощности силовых трансформаторов, определения потерь электрической энергии, расхода энергии и других расчетов.

Преувеличение ожидаемых электрических нагрузок при проектировании по сравнению с реально возникающими нагрузками при эксплуатации приводит перерасходу проводников и неоправданному капиталовложению в избыточную мощность электрооборудования.

Преуменьшение - к излишним потерям мощности в сетях, перегреву, повышенному износу и сокращению срока службы электрооборудования.

Правильное определение электрических нагрузок обеспечивает правильный выбор средств компенсации реактивной мощности, устройств регулирования напряжения, а так же релейной защиты и автоматики электрических сетей.

По указанным причинам ожидаемые электрические нагрузки необходимо определять при проектировании по возможности точнее.

Однако вследствие недостаточной полноты, точности и достоверности исходной информации обо всех многочисленных случайных факторах, формирующих нагрузки, последние не могут быть определены с высокой точностью.

Обычно, при определении электрических нагрузок считаются допустимыми ошибки в  $\pm 10\%$ .

## *ГРАФИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК*

При решении задач проектирования и эксплуатации систем электроснабжения промышленных предприятий основными являются три вида нагрузок: активная мощность, реактивная мощность и ток.

Кривая изменения активной, реактивной или токовой нагрузки называется графиком нагрузки соответственной по активной, реактивной мощности или току. В условиях эксплуатации графики нагрузки строят по показаниям измерительных приборов, снятым через определенные равные интервалы времени.

Графики нагрузок подразделяют на индивидуальные и групповые.

**Индивидуальные** графики нагрузки строят для отдельных электроприемников.

**Групповые** графики нагрузок относятся к группе электроприемников, объединенных одной питающей линией.

Индивидуальные и групповые графики нагрузок обладают определенной регулярностью в той или иной степени, предопределяемой рядом закономерностей, которые можно объединить в группы: астрономические, социальные, метеорологические и организационные.

Поэтому графики электрических нагрузок, полученные в процессе эксплуатации, используют при определении ожидаемых нагрузок.

## *ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ГРАФИКИ НАГРУЗОК*

- Для силовых электроприемников различают три режима работы: длительный, кратковременный и повторно-кратковременный.

При работе электроприемника в длительном режиме достигается тепловое равновесие и устанавливается определенная температура электроприемника.

Кратковременный режим характеризуется тем, что после кратковременного включения и нагревания электроприемника его температура за период последующей паузы понижается до температуры окружающей среды.

Повторно-кратковременный режим, в ходе которого период включения электроприемника  $t_{\text{в}}$  чередуется с паузой продолжительностью  $t_{\text{п}}$  приводит к постепенному нагреванию, сменяющимся охлаждением электроприемника.

Нагревание электроприемника в период включения по сравнению с длительным режимом работы при той же нагрузке снижается.

Температура охлаждения в период выключения электроприемника не достигает температуры окружающей среды.

Величиной, характеризующей повторно-кратковременный режим работы, является продолжительность включения (ПВ):

$$\text{ПВ} = \frac{t_{\text{В}}}{t_{\text{В}} + t_{\text{П}}}$$

Часто ПВ определяют в процентах:

$$\text{ПВ}\% = \text{ПВ} * 100\%.$$



- Установлены четыре стандартных значения ПВ, на которых выпускается электрооборудование: 15, 25, 40, 60%. Длительность цикла при повторно-кратковременном режиме не должна превышать 10 мин.

Номинальная (установленная) мощность электроприемника является достоверной величиной для расчета электрических нагрузок.

Под **номинальной активной мощностью** электродвигателя  $p_{\text{ном}}$  понимается мощность, развиваемая на валу при номинальном значении напряжения, а под **номинальной активной мощностью** других электроприемников – мощность потребляемая ими из сети при номинальной напряжении.

- **Паспортная мощность**  $p_{\text{пасп}}$  электроприемников повторно-кратковременного режима приводится к номинальной длительной мощности при ПВ=1:

$$p_{\text{ном}} = p_{\text{пасп}} \cdot \sqrt{\text{ПВ}}$$

Под **номинальной реактивной мощностью** понимается реактивная мощность потребляемая из сети или отдаваемая в сеть при номинальной активной мощности и номинальном напряжении (для синхронных электродвигателей при номинальном токе возбуждения).

Характер и форма индивидуального графика нагрузки электроприемника определяются технологическим процессом.

Графики нагрузок большинства электроприемников вследствие повторения производственных операций обладают определенной регулярностью.

- Различают следующие типы длительных режимов: периодические; циклические; нециклические; нерегулярные.

Периодический тип отвечает строго ритмичному процессу с периодом производства  $t_{ц}$ , как правило, это поточное производство.

Второй тип отвечает случаю не автоматизированного, но циклического производства. Периодичность производства нарушена в основном из-за непостоянства длительностей пауз отдельных циклов, а продолжительность рабочих интервалов остается практически неизменной.

Нециклический тип длительности режимов отвечает случаю, когда выполняемые агрегатом повторяющиеся операции строго нерегламентированны. Технологический процесс имеет неустановившийся характер.

## ***ГРУППОВЫЕ ГРАФИКИ НАГРУЗОК***

Групповой график представляет собой результат суммирования графиков отдельных электроприемников, входящих в группу. По степени регулярности графики нагрузки подразделяют на периодические и нерегулярные.

Длительные наблюдения за действующими объектами позволили составить характерные суточные и годовые графики для различных отраслей промышленного и сельскохозяйственного производства, а так же для городов и поселков.

Графики, как правило, строят в относительных единицах, выражая нагрузки в различные часы суток в процентах от максимальной нагрузки, принимаемой за 100%.

Располагая ординаты суточного группового графика в порядке убывания и откладывая по оси абсцисс продолжительность работы при различных нагрузках, получим так называемую упорядоченную диаграмму графика.

## ***ПОКАЗАТЕЛИ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК***

- При исследованиях и расчетах электрических нагрузок применяются безразмерные коэффициенты, характеризующие режима работы приемников электрической энергии по мощности и во времени - коэффициенты графиков нагрузок.

Основным показателем режима работы одного или группы электроприемников служит коэффициент использования, выраженные в отношении среднесменной нагрузки ( $p_{см}$ ,  $P_{см}$ ) к номинальной ( $p_{ном}$ ,  $P_{ном}$ ).

- Применительно к трем представлениям нагрузки различают коэффициенты использования по активной мощности, реактивной мощности и по току.

Наибольшее распространение имеет первый коэффициент по активной мощности:

$$K_{\text{и}} = \frac{P_{\text{см}}}{P_{\text{см}}}$$

$$k_{\text{и}} = \frac{P_{\text{см}}}{P_{\text{см}}} = \frac{\sum_i k_{\text{и}i} P_{\text{ном}i}}{\sum_i P_{\text{ном}i}}$$

- Коэффициент использования активной мощности за смену может быть определен как отношение энергии  $\mathcal{E}_a$ , потребленной приемником за смену, к энергии  $\mathcal{E}_{a \text{ ном}}$ , которая могла быть потреблена приемником за смену при номинальной нагрузке его в течении смены:

$$K_{\text{и}} = \frac{\mathcal{E}_a}{\mathcal{E}_{a \text{ ном}}}$$

Коэффициент включения  $K_{\text{в}}$  электроприемника характеризует степень использования электроприемника во времени:

$$K_{\text{в}} = \frac{t_{\text{в}}}{t_{\text{ц}}} .$$

где  $t_{\text{ц}}$  - время цикла.

- Коэффициент включения различен для различных периодов времени суток и определяется характером участия в технологическом процессе.

В качестве расчетной величины используют групповой коэффициент включения. Групповым коэффициентом включения  $K_B$  называется средневзвешенное по активной номинальной мощности значение индивидуальных коэффициентов включения электроприемников, входящих в группу:

$$K_B = \frac{\sum_i k_{vi} P_{ном i}}{P_{уст}}$$



- Коэффициент загрузки отдельного электроприемника определяется как отношение средних за время включения активной мощности, реактивной мощности или тока к их номинальным величинам.

Коэффициент загрузки по активной мощности:

$$k_z = \frac{P_{св}}{P_{ном}} = \frac{P_{сц}}{P_{ном} k_v'}$$

где  $P_{св}$  - средняя мощность электроприемника за время включения;

$P_{сц}$  - средняя мощность электроприемника за цикл включения.

Если считать, что средняя нагрузка за цикл равна среднесменной нагрузке, что характерно для периодических и циклических графиков, тогда

$$k_3 = \frac{P_{см}}{P_{ном} k_E} = \frac{k_U}{k_E}.$$

Последнее выражение позволяет записать аналогичную формулу для групповых графиков:

$$K_3 = \frac{K_U}{K_E}.$$

- Коэффициент формы графика нагрузки это отношение среднеквадратичной (эффективной) нагрузки  $(p_{\text{э}}, P_{\text{э}})$  к средней нагрузке за данный период времени  $(p_{\text{с}}, P_{\text{с}})$ :

$$k_{\phi} = \frac{p_{\text{э}}}{p_{\text{с}}}, K_{\phi} = \frac{P_{\text{э}}}{P_{\text{с}}}.$$

Коэффициент формы для группы из  $n$  электроприемников:

$$K_{\phi} = \sqrt{1 + \sum_i (k_{\phi i}^2 - 1) \frac{\sum_i P_{\text{ном}i}^2}{(\sum_i P_{\text{ном}i})^2}}.$$

Введем величину:

$$n_{\text{э}} = \frac{\sum_i P_{\text{ном}i}^2}{(\sum_i P_{\text{ном}i})^2},$$

которую назовем **эффективным числом** электроприемников.

Тогда коэффициент формы определится как:

$$k_{\phi} = \sqrt{1 + \frac{\sum_i (k_{\phi i}^2 - 1)}{n_3}}.$$

**Коэффициентом заполнения графика нагрузки** активной мощности называется отношение средней активной мощности за исследуемый период времени к максимальной нагрузке за тот же период:

$$K_{зг} = \frac{P_c}{P_{\max}}.$$

- Следует отметить, что максимальная нагрузка определяется исходя из периода осреднения графика нагрузки, равного получасу, так называемый получасовой максимум нагрузки. Для характеристики заполнения графика нагрузки используют также понятия числа часов использования максимальной нагрузки

$$T_{\max} = \frac{Э_{\text{г}}}{P_{\max}},$$

где  $Э_{\text{г}}$  - годовой расход активной энергии объекта.

- Неравномерность нагрузки по сменам, работу в праздничные дни, а так же сезонные колебания нагрузки учитывает годовой коэффициент энергоиспользования  $K_э$ , который устанавливает связь между средними активными нагрузками за смену  $P_c$  и среднегодовыми нагрузками  $P_{сг}$  :

$$K_э = \frac{P_c}{P_{сг}}.$$

Среднегодовая нагрузка равна:

$$P_{сг} = \frac{Э_г}{T_г},$$

где  $T_г$  - годовое число часов работы.

- Годовое число часов работы:

$$T_r = (365 - m)nT_{см}K_p - T_{пр},$$

где  $T_{см}$  - продолжительность смены;

$T_{пр}$  - годовое число часов, на которое сокращена продолжительность работы в предвыходные дни;

$m$  - число нерабочих дней в году;

$n$  - число смен в году;

$K_p$  - коэффициент учитывающий время ремонта и простои, принимаемый равным 0,96.. .0,98.

Элементы электрических сетей используются для совместного питания различных потребителей.

Результирующая максимальная нагрузка таких элементов не может быть определена простым суммированием максимальных нагрузок отдельных потребителей, так как максимум нагрузки потребителей может быть не в одно и то же время.

Поэтому определение максимальной суммарной нагрузки производится, как правило, с использованием, так называемого коэффициента одновременности максимумов нагрузки.



## *МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК*

### **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАСЧЕТЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

Расчет электрических нагрузок заключается в определении расчетных, средних, эффективных и пиковых нагрузок.

Под расчетной (максимальной) нагрузкой по допустимому нагреву понимается такая неизменная во времени длительная нагрузка, которая вызывает максимальное нагревание в элементе электроснабжения такое же, что и заданная переменная нагрузка.

Расчет максимальной расчетной нагрузки необходим для выбора аппаратов и проводников по условию допустимого нагрева токами длительных режимов.

Расчетная нагрузка приравнивается максимуму средней нагрузки:

для одного электроприемника:

$$i_{\text{рм}} = \frac{1}{\Delta T} \int_{T-\Delta T}^T i(t) dt,$$

для группы электроприемников:

$$I_{\text{рм}} = \frac{1}{\Delta T} \int_{T-\Delta T}^T I(t) dt,$$

где  $T$  - время наибольшего перегрева электрооборудования;

$\Delta T$  - длительность интервала осреднения, принимают равным трем постоянным нагрева электрооборудования  $3T_0$ .

Для электроприемников, графики, которых характеризуются высокой неравномерностью, например, для резкопеременных нагрузок, расчетную нагрузку необходимо приравнять максимуму эффективной нагрузки: для одного электроприемника:

$$i_{\text{рм}} = \sqrt{\frac{1}{\Delta T} \int_{T-\Delta T}^T i^2(t) dt},$$

для группы электроприемников:

$$I_{\text{рм}} = \sqrt{\frac{1}{\Delta T} \int_{T-\Delta T}^T I^2(t) dt}.$$

- Среднесменные нагрузки потребителей электрической энергии необходимо рассчитывать для выбора силовых трансформаторов цеховых трансформаторных подстанций.

Для определения расхода и потерь энергии в сетях электроснабжения рассчитывают среднегодовые нагрузки потребителей электрической энергии.

Эффективные нагрузки рассчитывают для оценки потерь мощности в проводниках.

Эффективная (среднеквадратичная мощность) позволяет оценить эффект снижения потерь электроэнергии в сетях при повышении  $\cos\varphi$ .

**Пиковой или ударной** нагрузкой называется максимально возможная нагрузка одного или группы электроприемников длительностью в доли или несколько секунд.

Такие нагрузки возникают при пусках или самозапусках электродвигателей, а также при эксплуатационных коротких замыканиях, характерных для сварки и дуговых печей.

Величину пикового тока используют при выборе устройств защиты и их уставок, в расчетах колебаний напряжения и при проверке самозапуска электродвигателей.

## *СРЕДНИЕ НАГРУЗКИ*

Расчеты цеховых нагрузок на всех ступенях напряжения до цеховых трансформаторных подстанций проводят по расчетным коэффициентам с последующей проверкой всей расчетной нагрузки цеха по удельным расходам электроэнергии.

Средние нагрузки за наиболее загруженную смену силовых электроприемников одинакового режима:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{ц}} P_{\text{ном}},$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \tan \varphi_{\text{см}},$$

Для нескольких групп электроприемников разного режима:

$$P_{\text{см}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{см}i},$$

$$Q_{\text{см}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{см}i},$$

- При наличии данных о годовом расходе активной и реактивной энергии среднесменные нагрузки могут быть определены по формулам:

$$P_{\text{см}} = \frac{P_{\text{сг}}}{\alpha},$$
$$Q_{\text{см}} = \frac{Q_{\text{сг}}}{\alpha}.$$

где  $P_{\text{см}}$ ,  $Q_{\text{см}}$  - среднегодовая соответственно активная и реактивная мощность;

$\alpha$  - годовой коэффициент энергоиспользования.

- Средняя активная мощность установок освещения за наиболее загруженную смену принимается равной максимальной:

$$P_{\text{смo}} = K_c \sum_{i=1}^n P_{\text{ном}oi},$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{смo}} \tan \varphi_{\text{смo}},$$

где  $P_{\text{ном}oi}$  - установленная мощность освещения с учетом потерь в пускорегулирующей аппаратуре.

Среднегодовая мощность, потребляемая цехом или предприятием, находится по соотношениям:

$$P_{\text{сг}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{ар}}}{T_{\text{г}}},$$

$$Q_{\text{сг}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{ар}}}{T_{\text{г}}}.$$



- При наличии норм удельного расхода электроэнергии на единицу продукции в натуральном выражении по цехам или предприятию в целом годовой расход энергии может быть определен:

$$Э_{г} = w_{уд}M,$$

где  $w_{уд}$  - удельный расход электроэнергии на единицу продукции;

$M$  - годовой выпуск продукции.

## ***МАКСИМАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ: ЭТАПЫ РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНЫХ НАГРУЗОК***

Определение максимальных нагрузок производится в два этапа.

На первом этапе определяется нагрузка электроприемников, цехов, производственных участков, предприятия в целом.

На первом этапе расчета предполагается отсутствие источников реактивной мощности в сетях электроснабжения. По

результатам расчета электрических нагрузок выбирают число и мощность силовых трансформаторов с одновременным решением задачи выбора места подключения и мощности компенсирующих устройств.

Установка компенсирующих устройств в сетях электроснабжения на стороне низшего напряжения трансформаторов приводит в отдельных случаях к снижению мощности выбираемых трансформаторов.

## ***МЕТОДЫ РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНЫХ НАГРУЗОК***

- Согласно указаниям по расчету электрических нагрузок систем электроснабжения (РТМ 36.18.32.01-89) допускается применение следующих методов определения расчетных нагрузок:

### **1. По удельным расходам энергии и плотностям нагрузки:**

1.1. При наличии данных об удельных расходах электроэнергии на единицу продукции в натуральном выражении  $\mathcal{E}_{\text{уд}}$  и выпускаемой продукции за год  $M$  по формуле:

$$P_{\text{м}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{уд}} M}{T_{\text{мах}}},$$

где  $T_{\text{мах}}$  - годовое число часов использования максимума активной мощности

Величина  $\mathcal{E}_{\text{уд}}$  является интегральным показателем расхода электроэнергии на единицу продукции, в который входит и расход электроэнергии на вспомогательные нужды производств, и освещения цехов.

Пределы средних значений удельных расходов по отдельным видам продукции приводятся в соответствующих справочниках.

- 1.2. При наличии данных об удельных плотностях максимальной нагрузки на квадратный метр площади цеха  $w_{уд}$  и заданной величине этой площади  $F_{ц}$  по формуле:

$$P_{м} = w_{уд} F_{ц}.$$

Расчетные удельные нагрузки зависят от рода производства и выявляются по статистическим данным. Этот метод применим для определения расчетной нагрузки для производств с относительно равномерной распределенной по производственной площади нагрузкой. Для осветительной нагрузки  $w_{уд} = 8...25 \text{Вт/м}^2$ .

- **2. По коэффициенту спроса  $K_c$ .**

Определение расчетной нагрузки по коэффициенту спроса применяется при отсутствии данных о числе электроприемников и их мощности, об удельном потреблении или удельной плотности нагрузки на площади  $1\text{ м}^2$  цеха.

В соответствии с методом коэффициента спроса допускается (на стадии проектного задания или при других ориентировочных расчетах) определять нагрузку предприятия в целом по средним величинам коэффициента спроса по формуле:

$$P_M = K_c P_{\text{НОМ}}$$

Значение коэффициента спроса зависит от технологии производства и приводятся в отраслевых инструкциях и справочниках.

### **3. По коэффициенту расчетной активной мощности (метод упорядоченных диаграмм).**

Определение расчетной нагрузки по коэффициенту расчетной активной мощности применяется при наличии данных о числе электроприемников, их мощности, режиме работы - для определения нагрузок на всех ступенях распределительных и питающих сетей (включая трансформаторы и преобразователи).

## ***РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНЫХ НАГРУЗОК ПО УРОВНЯМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ***

При определении максимальной нагрузки в системе электроснабжения рассматривают **шесть основных уровней** или ступеней, различающихся характером электропотребления и, как следствие способом расчета электрических нагрузок:

**I уровень** электроснабжения - линии электрической сети, связывающие отдельные электроприемники с распределительным пунктом, к которому они подключены;

**II уровень** электроснабжения - линии распределительной сети напряжением до 1кВ, обеспечивающие связь силовых распределительных пунктов, щитов, шкафов, а также магистральных шинопроводы;



**III уровень** электроснабжения - низковольтные шины цеховой трансформаторной подстанции;

**IV уровень** электроснабжения - шины распределительных пунктов и линий, подходящих к ним;

**V уровень** электроснабжения - шины низшего напряжения ГГШ, НТВ, ЦРП.

**VI уровень** электроснабжения - граница раздела балансовой принадлежности сетей энергосистемы и промышленного предприятия.

## Последовательность расчета максимальных электрических нагрузок по расчетной активной мощности:

Расчетные активная и реактивная нагрузки линий I уровня электроснабжения равны фактически потребляемой мощности:

$$P_{MI} = p_{\phi} = k_z p_{ном},$$

$$Q_{MI} = P_{MI} \tan \varphi,$$

где  $\tan \varphi$  - среднесменный коэффициент мощности.

На II уровне электроснабжения расчетная нагрузка определяется по методу упорядоченных диаграмм. Расчетная активная мощность II уровня электроснабжения:

$$P_{MII} = k_M P_{сMII},$$

Значения коэффициента максимума находится в зависимости от значения группового коэффициента использования за наиболее загруженную смену и эффективного числа электроприемников в группе по специальным кривым, которые можно найти во многих справочниках по электроснабжению.

Под эффективным числом электроприемников понимается такое число однородных по режиму работы электроприемников одинаковой мощности, которое обуславливает то же значение расчетного максимума, что и группа различных по мощности и режиму работы электроприемников. Эффективное число электроприемников достаточно точно определяется по формуле:

$$n_{\text{э}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном}i}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном}i}^2}$$

Эффективное число электроприемников всегда меньше реального числа электроприемников в группе.

Агрегаты с многодвигательным приводом рассматриваются как один электроприемник.

Для электроприемников в длительном режиме работы практически с постоянным графиком нагрузки, коэффициент максимума принимают равным единице.

К таким приемникам относят электродвигатели насосов, вентиляторов, компрессоров, шаровых мельниц и другие электроприемники.

Расчетная мощность для этих групп определяется выражением:

$$P_{\text{мII}} = P_{\text{смII}}.$$

- При определении расчетных нагрузок на втором этапе, после выбора цеховых трансформаторов и компенсирующих устройств, следует уточнить коэффициент максимума по фактической постоянной времени.

Для этого определяется коэффициент максимума для постоянной времени  $T_{\phi 0} = 10$  мин. , определяется максимальная нагрузка и сечения проводников и кабелей по условию допустимого нагрева.

После этого находят фактические значения  $T_{\phi 0}$  и при  $T_{\phi 0} > 10$  мин. пересчитывают  $K_M$  на  $K_{Mt}$ .

Определяют уточненное значение максимальной нагрузки и выбирают сечения.

Осредненные постоянные нагрева приведены в справочниках.

- Максимальная реактивная нагрузка определяется по выражению:

$$Q_{MII} = K'_M Q_{CM}$$

где  $K'_M$  - коэффициент, в зависимости от числа эффективных электроприемников принимают равным  $n_{\text{э}} > 10$ ,  $K'_M = 1$ , в противном случае  $K'_M = 1,1$ .

Определение электрических нагрузок III уровня электроснабжения:

$$P_{MIII} = \gamma \sum_{i=1}^n K_{ui} P_{\text{ном}i},$$

$$Q_{MIII} = \gamma \sum_{i=1}^n K_{ui} P_{\text{ном}i} \tan \varphi,$$

где  $\gamma$  - корректирующий коэффициент.

- При проектировании предприятий и цехов предусматривают избыток оборудования и его мощностей по отношению к числу и мощности оборудования, необходимого для предусмотренного планового выпуска продукции. По этому на III уровне электроснабжения следует вводить дополнительный коэффициент  $\gamma$ , корректирующий расчетную нагрузку и определяемый выражением: 
$$\gamma = (1 - K_n) \frac{K_{\text{инт}}}{K_H},$$

где  $K_{\text{инт}}$  - коэффициент интенсивности использования основного оборудования, равен отношению расчетного числа единиц оборудования к числу единиц фактически принятых в проекте;

$K_n$  - коэффициент потерь номинального фонда времени, обусловленных простоями оборудования при планово-предупредительных ремонтах;

$K_H$  - коэффициент неравномерности потребления и производства.



- Исходные данные для определения  $\gamma$  получают из норм технологического проектирования соответствующих производств, для различных отраслей промышленности.

На IV электроснабжения максимальные нагрузки определяют в соответствии с выражением:

$$P_{MIV} = \sum_{i=1}^n K_{ui} P_{номi} + \sum_{i=1}^m P_{MIIIi},$$

$$Q_{MIV} = \sum_{i=1}^n K_{ui} P_{номi} \tan \varphi + \sum_{i=1}^m Q_{MIIIi}.$$

где  $n$  - число электроприемников непосредственно подключенных к этому уровню электроснабжения (без учета потребителей с резкопеременной нагрузкой);

$m$  - число цеховых трансформаторных подстанций, электроснабжение которых осуществляется от данного уровня.

- Для потребителей с резкопеременной нагрузкой определение нагрузок производится на основе исследования графиков нагрузок.

На  $V$  уровне электроснабжения расчетные активные и реактивные нагрузки определяются по выражениям:

$$P_{MV} = K_{рм} (\sum_{i=1}^n K_{ui} P_{номi} + \sum_{i=1}^m P_{MIVi}),$$

$$Q_{MV} = Q_{э} - \Delta Q_T.$$

где  $K_{рм}$  - коэффициент одновременности максимума нагрузки;

$Q_{э}$  - реактивная мощность, потребляемая из энергосистемы в часы максимума нагрузки;

$\Delta Q_T$  - потери реактивной мощности в трансформаторах.

Исходя из раздельной работы трансформаторов на предприятии потери реактивной мощности при двух трансформаторной подстанции:

$$\Delta Q_T \approx 2 \left( \frac{I_{x\%} S_{\text{НОМ}}}{100} + \frac{1}{2} * \frac{U_{k\%}}{100} S_{\text{НОМ}} \right),$$

где  $S_{\text{НОМ}}$ ,  $I_{x\%}$ ,  $U_{k\%}$  — номинальная мощность, ток холостого хода в процентах, напряжение короткого замыкания в процентах планируемых к установке трансформаторов.

На VI уровне электроснабжения нагрузка выражается как

$$P_{\text{MVI}} = P_{\text{MV}} + \Delta P_T.$$

$$Q_{\text{MVI}} = Q_3.$$

где  $\Delta P_T$  - потери мощности в трансформаторах.

Для двух раздельно работающих трансформаторов потери мощности:

$$\Delta P_T = 2 \left( \Delta P_x + \frac{\Delta P_k}{S_{\text{НОМ}}^2} * \frac{P_{\text{MV}}^2 + Q_{\text{MV}}^2}{4} \right),$$

где  $\Delta P_x$ ,  $\Delta P_k$  - потери холостого хода и короткого замыкания соответственно.

## *ПИКОВЫЕ НАГРУЗКИ*

Пиковый ток группы электроприемников, работающих при отстающем токе, можно определить по формуле:

$$I_n = I_{n\max} + (I_M - K_u I_{\text{ном}\max}),$$

где  $I_{n\max}$  - максимальный пусковой ток двигателя в группе;

$I_M$  - максимальный (расчетный) ток нагрузки всех электроприемников;

$I_{\text{ном}\max}$  - номинальный ток (приведенный к ПВ = 100%) двигателя с максимальным пусковым током.

## **Максимальным пиковым током одного**

электроприемника может быть:

1. Пусковой ток электродвигателей;
2. Пиковый ток печных или сварочных трансформаторов (без приведения к ПВ = 100%);
3. Пиковая мощность отдельно работающих машин контактной сварки.

При самозапуске электродвигателей в качестве пускового принимается пусковой ток всех участвующих в самозапуске двигателей.

При наличии электроприемников с ударными нагрузками пиковый ток определяется специальным расчетом.