

1	К.З. Абенова	Проектирование систем электроснабжения
---	--------------	--

## 2 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

### 2.1 Общие сведения

Расчет электрических нагрузок выполняется в соответствии с «Указаниями по расчету электрических нагрузок» и общепринятыми методиками.

«Указания по расчету электрических нагрузок» разработаны Всероссийским научно-исследовательским проектно-конструкторским институтом «Тяжпромэлектропроект». Это вторая редакция указаний с внесенными изменениями и дополнениями от 1993 года. Данный документ принят в качестве руководящих указаний по расчету электрических нагрузок потребителей на территории Республики Казахстан. По сравнению с ранее действовавшими «Указаниями по определению электрических нагрузок в промышленных установках». В этом документе приведены уточненные методики, которые позволяют приблизить фактические и расчетные нагрузки потребителей, то есть устраняют расхождение между расчетным и фактическим электропотреблением. Методики предполагают значительное снижение расчетных значений электрических нагрузок в пределах от 15 до 30 %.

В данных указаниях рекомендуется выполнять расчеты с учетом постоянной нагрева электрического элемента, что предполагает двустадийный расчет.

В практических целях упрощения расчетов и сохранения одностадийности принимаются допущения с минимальными значениями постоянных нагрева -  $T$ : Рекомендуемые постоянные нагрева приведены в приложениях «Указаний», в таблицах 9.3-9.6.

для сетей напряжением ниже 1000 В,  $T = 10$  мин;

для сетей напряжением выше 1000 В,  $T = 30$  мин;

для трансформаторов (независимо от мощности) и магистральных шинопроводов,  $T = 2,5 \times 60 = 150$  мин.

Постоянная времени нагрева – один из аргументов, определяющий расчетный коэффициент -  $K_p = f(K_{II}, n_{Э}, T)$ .

При выполнении расчетов применяется в последовательности обратной направлению питания. Расчет выполняется на низших ступенях, приближенных к нагрузке до 1 кВ и далее выше 1 кВ по узлам – ТП, РП, РУ и ГПП.

Основной метод расчета на стадиях проект и рабочий проект – метод расчетного коэффициента, на предпроектной стадии – метод удельных показателей метод коэффициента спроса.

Расчет электрических нагрузок выполняется для построения питающей сети до и выше 1 кВ, всей системы электроснабжения (СЭ) объекта.

На основании расчетов электрических нагрузок выполняются расчеты необходимые для выбора кабельной, проводниковой продукции,

2	К.З. Абенова	Проектирование систем электроснабжения
---	--------------	--

электрооборудования, электрических аппаратов, устройств РЗ и А, составляются схемы СЭ.

При расчете нагрузок на всех ступенях напряжения обязательно выполняются расчеты по компенсации реактивной мощности. Последовательность расчета нагрузок обратная направлению питания.

## 2.2 Методы расчета электрических нагрузок

2.2.1 Метод удельных показателей или метод удельной мощности. Данный метод применяется на предпроектной стадии. Определяется ожидаемая электрическая нагрузка по имеющимся данным электропотребления предприятий аналогов.

Есть два способа – один определяет расчетную нагрузку по удельной нагрузке на единицу производственной площади, другой по удельной нагрузке на единицу продукции.

Расчет по удельной нагрузке на единицу производственной площади рекомендуется для предприятий характеризующихся большим числом приемников малой мощности или относительно равномерно распределенных по площади.

Расчет по удельной нагрузке на единицу продукции применяется при наличии данных о годовом выпуске продукции, режиме работы и удельных нормах расхода электроэнергии. Годовой выпуск измеряется в штуках, метрах, тоннах и других единицах измерения.

По первому способу расчетная нагрузка определяется

$$P_p = p_0 F \quad (2.1)$$

где  $p_0$  - удельная плотность нагрузки на единицу площади, Вт/м<sup>2</sup>,

$F$  - производственная площадь, м<sup>2</sup>.

Удельная плотность силовой нагрузки для некоторых предприятий может колебаться в пределах (0,23÷0,6) Вт/м<sup>2</sup>, некоторые данные приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Удельная плотность силовой нагрузки, Вт/м<sup>2</sup>

Литейные и плавильные цеха	230-370
Механические и сборочные цеха	300-580
Механосборочные цеха	280-390
Электросварочные и термические цеха	300-600
Цехи металлоконструкций	350-390
Инструментальные цеха	330-590
Блоки вспомогательных цехов	260-300

Расчет по удельной нагрузке на единицу продукции для приемников с неизменной или мало изменяющейся нагрузкой

$$P_P = \frac{\mathcal{E}_{y.A} M}{T_{M.A}} \quad (2.2)$$

где  $\mathcal{E}_{y.A}$  - активный удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·час,

$M$  - количество единиц продукции, выпускаемой в год,

$T_{M.A}$  - продолжительность потребления активной мощности, в часах.

Таким образом, можно рассчитать нагрузку за любой промежуток времени и для любого цеха.

2.2.3 Метод коэффициента спроса. Этот метод применяется при расчете электрических нагрузок административных и жилых зданий, при расчете электрического освещения. Расчетная активная мощность рассчитывается

$$P_P = K_C \cdot P_{уст} \quad (2.3)$$

где  $K_C$  – коэффициент спроса, из справочных данных,

$P_{уст}$  – установленная мощность нагрузки, определяемая суммой номинальных мощностей рассчитываемой нагрузки.

2.2.3 Метод расчетного коэффициента. Является одним из основных методов. Все расчеты выполняются по форме Ф636-92, таблица 2.2.

Алгоритм расчета электрических нагрузок по методу расчетного коэффициента:

- формирование базы исходных данных для расчета;
- расчет промежуточных нагрузок -  $P_{ПР}, Q_{ПР}$ ;
- определение расчетной нагрузки -  $P_P, Q_P, S_P$ ;
- расчет токов электрической нагрузки, для длительно допустимых режимов работы -  $I_P$ .

Исходные данные для расчетов.

Исходными данными являются таблицы – задания от технологов, и всех смежных подразделений – сантехников, охраны труда, пожарной безопасности, экологов и других.

Расчеты выполняются на стадиях проект и рабочий проект. Это электрические нагрузки до 1 кВ, для цеха, для корпуса, цеховой подстанции. Электрические нагрузки выше 1 кВ – это высоковольтные двигатели, печные трансформаторы, сварочное оборудование и другое.

В зависимости от назначения и характера нагрузки расчет выполняется в табличном виде по форме Ф636-92 «Указаний по расчету электрических нагрузок».

Если предприятие состоит из главного корпуса, и ряда вспомогательных цехов и сооружений с незначительным электропотреблением, расчет

4	К.З. Абенова	Проектирование систем электроснабжения
---	--------------	--

электрических нагрузок производится отдельно для ЭП до 1 кВ главного корпуса и для ЭП до 1 кВ всех вспомогательных цехов и сооружений.

При питании вспомогательных цехов и сооружений от цеховых трансформаторных подстанций главного корпуса расчет электрических нагрузок ЭП до 1 кВ выполняется для предприятия в целом, по таблице 1 приложения А.

Если предприятие состоит из нескольких энергоемких корпусов, расчет электрических нагрузок производится для каждого корпуса отдельно.

Если предприятие состоит из нескольких небольших цехов, размещаемых в отдельных зданиях, для питания предприятия достаточна установка нескольких трансформаторных подстанций. Расчет электрической нагрузки производится для предприятия в целом по таблице 2 приложения А.

Если предприятие размещено на нескольких промплощадках, расчет электрических нагрузок ЭП до 1 кВ следует выполнить отдельно для каждой промплощадки.

Заполнение формы для расчета электрических нагрузок Ф636-92.

Для электроприемников включенных в строки по «Заданию технологов» записываются наименование ЭП, их номинальные мощности и количество однотипных ЭП. По справочным данным [3] принимаются коэффициенты - коэффициент использования  $K_{И}$ , коэффициенты реактивной мощности -  $\cos\varphi$ ,  $\tan\varphi$  и вписываются в столбцы формуляра «По справочным данным».

Расчетные величины промежуточной мощности рассчитываются в столбцах «Расчетные величины» по формулам 2.4, 2.5.

Активная промежуточная мощность

$$P_C = K_{И} P_H \quad \text{или} \quad P_C = K_{И} P_{УСТ} \quad (2.4)$$

где  $P_H$  - номинальная или паспортная мощность электроприемника, в кВт,

$$P_{УСТ} = \sum_{i=1}^n P_{Hi} - \text{суммарная установленная мощность электроприемников}$$

группы электроприемников, в кВт,

$K_{И}$  - коэффициент использования нагрузки.

Реактивная промежуточная мощность, в кВАр

5	К.З. Абенова	Проектирование систем электроснабжения
---	--------------	--

$$Q_C = K_{II} P_H \operatorname{tg} \varphi \quad \text{или} \quad Q_C = K_{II} P_{УСТ} \operatorname{tg} \varphi \quad (2.5)$$

где  $\operatorname{tg} \varphi$  - величина, определяемая по известному значению  $\cos \varphi$  электроприемника, или принимаемая непосредственно по справочным данным.

Для определения величин расчетных нагрузок групп электроприемников применяется расчетный коэффициент -  $K_P = f(K_{II}, n_{Э}, T)$ , определяемый по монограммам или табличным значениям этих монограмм.

Его находят в таблицах [2] при известном эффективном числе электроприемников группы ЭП -  $n_{Э}$  и коэффициенте использования -  $K_{II}$ , группы ЭП. Для малых групп приемников определяется по таблице 2, [2], для трансформаторов цеховых ТП, магистральных шинопроводов по таблице 3, [2] и при расчете электрических нагрузок до 1000В, коэффициент  $K_P$  является аналогом коэффициента максимума, применявшегося в прежних указаниях. Найденное значение  $K_P$  вписывается в столбец «Коэффициент расчетной нагрузки».

Эффективное (приведенное) число электроприемников – такое число однородных по режиму работы приемников одинаковой мощности, которое создает ту же величину расчетной нагрузки, что и действительное число приемников разных по мощности и режиму работы.

Эффективное число рекомендуется определять по приближенным формулам для групп электроприемников.

Для малых групп электроприемников рассчитывается по (2.6)

$$n_{Э} = \frac{(\sum P_H)^2}{\sum P_H^2 \cdot n}, \quad (2.6)$$

где  $\sum P_H^2 \cdot n$  - рассчитывается в столбце «Расчетные величины» формуляра.

Для значительного числа электроприемников магистральных шинопроводов, цехов, корпусов, трансформаторных подстанций, предприятия в целом по (2.7)

$$n_{Э} = \frac{2 \sum P_H}{P_{H.MAX}} \quad (2.7)$$

где  $P_{H.MAX}$  - номинальная максимальная мощность электроприемника в расчетной группе.

Активная расчетная мощность рассчитывается для групп электроприемников и для пунктов распределения, вносится в столбец формуляра в строке «Расчетная мощность».

6	К.З. Абенова	Проектирование систем электроснабжения
---	--------------	--

$$P_P = K_{II} P_H K_P . \quad (2.8)$$

Реактивная расчетная мощность рассчитывается для групп электроприемников и для пунктов распределения и также вносится в столбец формуляра в строке «Расчетная мощность».

Рекомендуется расчетную реактивную мощность для малых групп определять по упрощенным формулам, учитывая эффективное число электроприемников, в кВАр

$$\begin{aligned} Q_P &= 1,1 K_{II} P_H \operatorname{tg} \varphi && \text{при } n_{\Sigma} \leq 10 \\ Q_P &= K_{II} P_H \operatorname{tg} \varphi && \text{при } n_{\Sigma} > 10 \end{aligned} \quad (2.9)$$

Для значительных групп расчетная реактивная мощность определяется

$$Q_P = K_{II} \cdot P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot K_P . \quad (2.10)$$

Расчетная полная мощность рассчитывается по известному выражению  $S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2}$  и вносится в столбец формуляра в строке «Расчетная мощность»

Расчетный ток определяется только для групп ЭП по выражению

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} \quad (2.11)$$