

Расчет электрических нагрузок

Определение максимальных нагрузок методом коэффициента спроса

Этот метод является наиболее простым и сводится к подсчету максимальной активной нагрузки по формуле:

$$P_{30} = K_c \cdot P_y$$

Метод коэффициента спроса может применяться для подсчета нагрузок по тем отдельным группам электроприемников, цехам и предприятиям в целом, для которых имеются данные о величине этого коэффициента (см. [Коэффициенты для расчета электрических нагрузок](#)).

При подсчете нагрузок по отдельным группам электроприемников этот метод рекомендуется применять для тех групп, электроприемники которых работают с постоянной загрузкой и с коэффициентом включения, равным (или близким) единице, как, например, электродвигатели насосов, вентиляторов и т. п. По полученному для каждой группы электроприемников значению P_{30} определяется реактивная нагрузка:

$$Q_{30} = P_{30} \cdot \tan \varphi$$

причем $\tan \varphi$ определяется по $\cos \varphi$, характерному для данной группы электроприемников.

Затем производится раздельное суммирование активных и реактивных нагрузок и нахождение полной нагрузки:

$$S_{30} = \sqrt{\sum P_{30} + \sum Q_{30}}$$

Нагрузки ΣP_{30} и ΣQ_{30} представляют собой суммы максимумов по отдельным группам электроприемников, в то время как фактически следовало бы определять максимум суммы. Поэтому при определении нагрузок на участок сети с большим количеством разнородных групп электроприемников следует вводить коэффициент совмещения максимумов K_{Σ} , т. е. принимать:

$$S_{\Sigma} = K_{\Sigma} \cdot \sqrt{\sum P_{30} + \sum Q_{30}}$$

Величина K_{Σ} лежит в пределах от 0,8 до 1, причем нижний предел принимается обычно при подсчетах нагрузок по всему предприятию в целом.

Для [отдельных электроприемников](#) большой мощности, а также для электроприемников, редко или даже впервые встречающихся в проектной практике, коэффициенты спроса должны выявляться путем уточнения совместно с технологами фактических коэффициентов загрузки.

Определение максимальных нагрузок методом двухчленного выражения

Этот метод был предложен инж. Д. С. Лившицем первоначально для определения расчетных нагрузок для электродвигателей индивидуального привода металлообрабатывающих станков, а затем был распространен и на другие группы электроприемников.

По этому методу получасовой максимум активной нагрузки для группы электроприемников одинакового режима работы определяется из выражения:

$$P_{30} = b \cdot P_y + c \cdot P_{yn}$$

где P_{yn} — установленная мощность n наибольших по мощности электроприемников, b , c — коэффициенты, постоянные для той или иной группы электроприемников одинакового режима работы.

По физическому смыслу первый член расчетной формулы определяет среднюю мощность, а второй — дополнительную мощность, которая может иметь место в течение получаса в результате совпадения максимумов нагрузки отдельных электроприемников группы. Следовательно:

$$b = K_{И}$$

$$c = \frac{P_y}{P_{yn}} \cdot (K_{30} - K_{И})$$

$$K_{30} = K_{И} + c \cdot \frac{P_{yn}}{P_y}$$

Отсюда следует, что при малых значениях $P_{уп}$ по сравнению с P_y , что имеет место при большом числе электроприемников более или менее одинаковой мощности, $K_{30} \approx K_{И}$, и вторым членом расчетной формулы можно в таких случаях пренебречь, приняв $P_{30} \approx bP_{п} \approx P_{ср.см}$. Наоборот, при небольшом количестве электроприемников, особенно в том случае, если они резко различаются по мощности, влияние второго члена формулы становится весьма существенным. Подсчеты по этому методу более громоздки, чем по методу коэффициента спроса. Поэтому применение метода двухчленного выражения оправдывает себя лишь для групп электроприемников, работающих с переменной загрузкой и с малыми коэффициентами включения, для которых коэффициенты спроса либо вообще отсутствуют, либо могут привести к ошибочным результатам. В частности, например, можно рекомендовать применение этого метода для электродвигателей металлообрабатывающих станков и для электропечей сопротивления небольших мощностей с периодической загрузкой изделий. Методика определения по этому методу полной нагрузки S_{30} аналогична изложенной для метода коэффициента спроса.

Определение максимальных нагрузок методом эффективного числа электроприемников.

Под эффективным числом электроприемников понимается такое число приемников, равновеликих по мощности и однородных по режиму работы, которое обуславливает ту же величину расчетного максимума, что и группа приемников различных по мощности и режиму работы.

Эффективное число электроприемников определяется из выражения:

$$n_{э} = \frac{(\sum_{k=1}^{k=n} P_{yk})^2}{\sum_{k=1}^{k=n} P_{yk}^2}$$

По величине $n_{э}$ и коэффициенту использования, соответствующему данной группе электроприемников, по справочным таблицам определяется коэффициент максимума K_M а затем и получасовой максимум активной нагрузки

$$P_{30} = K_{И} \cdot K_M \cdot P_y = P_{ср.см} \cdot K_M$$

Для подсчета нагрузки какой-либо одной группы электроприемников одинакового режима работы определение $n_{э}$ имеет смысл только в том случае, если электроприемники, входящие в группу, значительно различаются по мощности.

При одинаковой мощности p электроприемников, входящих в группу

$$n_{э} = \frac{(n \cdot p)^2}{n \cdot p^2} = n$$

т. е. эффективное число электродвигателей равно фактическому. Поэтому при одинаковых или мало отличающихся мощностях электроприемников группы

определение КМ рекомендуется производить по фактическому числу электроприемников.

При подсчете нагрузки для нескольких групп электроприемников приходится определять среднее значение коэффициента использования по формуле:

$$K_{И} = \frac{\sum_{k=1}^{k=n} P_{yk} \cdot K_{Иk}}{\sum_{k=1}^{k=n} P_{yk}}$$

Метод эффективного числа электроприемников применим для любых групп электроприемников, в том числе и для электроприемников повторно-кратковременного режима работы. В последнем случае установленная мощность P_y приводится к ПВ= 100%, т. е. к длительному режиму работы.

Метод эффективного числа электроприемников лучше других методов тем, что в определении нагрузки участвует коэффициент максимума, являющийся функцией числа электроприемников. Иначе говоря, этим методом подсчитывается максимум суммы нагрузок отдельных групп, а не сумма максимумов, как это имеет место, например, при методе коэффициента спроса.

Чтобы подсчитать реактивную составляющую нагрузки Q_{30} по найденному значению P_{30} , необходимо определить $\tan\varphi$. Для этой цели приходится подсчитывать среднесменные нагрузки по каждой группе электроприемников и определять $\tan\varphi$ из соотношения:

$$\tan \varphi_{\text{ср.см}} = \frac{\sum Q_{\text{ср.см}}}{\sum P_{\text{ср.см}}}$$

Возвращаясь к определению пэ, следует отметить, что при большом числе групп и различной мощности отдельных электроприемников в группах нахождение ΣP_{y2} оказывается практически неприемлемым. Поэтому применяют упрощенный метод определения пэ в зависимости от относительного значения аффективного числа электроприемников $p'э = пэ/n$.

Это число находят по справочным таблицам в зависимости от соотношений:

$$p' = \frac{\sum P_y \cdot n_1}{\sum P_y}$$
$$n' = \frac{n_1}{n}$$

где n_1 — число электроприемников, каждый из которых обладает мощностью, не меньшей половины мощности наиболее мощного электроприемника, $\Sigma P_{yпг1}$ — сумма установленных мощностей этих электроприемников, n — число всех электроприемников, ΣP_y —сумма установленных мощностей всех электроприемников.

Определение максимальных нагрузок по удельным нормам расхода электроэнергии на единицу выпускаемой продукции

Располагая сведениями о плановой производительности предприятия, цеха или технологической группы приемников и об [удельных расходах активной энергии на единицу продукции](#), можно подсчитать максимальную получасовую активную нагрузку по выражению,

$$P_{30} = \frac{W_{уд} \cdot M}{T_{м.а}}$$

где $W_{уд}$ —удельный расход электроэнергии на тонну продукции, M — годовой выпуск продукции, $T_{м.а}$ — годовое число часов использования максимума активной нагрузки.

При этом полную нагрузку определяют, исходя из средневзвешенного годового коэффициента мощности:

$$S_{30} = \frac{P_{30}}{\cos \varphi_T}$$

Этот метод подсчета может служить для ориентировочного определения нагрузок по предприятиям в целом или отдельным цехам, выпускающим законченную продукцию. Для подсчета нагрузок по отдельным участкам электрических сетей применение этого метода, как правило, оказывается невозможным.

Частные случаи определения максимальных нагрузок при числе электроприемников до пяти

Подсчет нагрузок групп с малым количеством электроприемников можно производить следующими упрощенными способами.

1. При наличии в группе двух или трех электроприемников можно за расчетную максимальную нагрузку принимать сумму номинальных мощностей электроприемников:

$$P_{30} = \sum P_{\text{НОМ}}$$

и, соответственно

$$Q_{30} = \sum Q_{\text{НОМ}} = \sum P_{\text{НОМ}} \cdot \tan \varphi$$

Для электроприемников, однородных по типу, мощности и режиму работы, допустимо арифметическое сложение полных мощностей. Тогда,

$$S_{30} = \sum S_{\text{НОМ}} = \sum \frac{P_{\text{НОМ}}}{\cos \varphi_{\text{НОМ}}}$$

2. При наличии в группе четырех — пяти однородных по типу, мощности и режиму работы электроприемников подсчет максимальной нагрузки можно производить, исходя из среднего коэффициента загрузки, и допускать в этом случае арифметическое сложение полных мощностей:

$$S_{30} = K_{з.ср} \cdot \sum S_{\text{НОМ}}$$

3. При том же числе разнотипных электроприемников за расчетную максимальную нагрузку следует принимать сумму произведений номинальных мощностей электроприемников и коэффициентов загрузки, характерных для этих электроприемников:

$$P_{30} = \sum (P_{\text{НОМ}} \cdot K_3)$$

и, соответственно:

$$Q_{30} = \sum (P_{\text{НОМ}} \cdot \tan \varphi_{\text{НОМ}} \cdot K_3)$$

Определение максимальных нагрузок при наличии в группе, наряду с трехфазными, также однофазных электроприемников

Если суммарная установленная мощность стационарных и передвижных однофазных электроприемников не превышает 15% суммарной мощности трехфазных электроприемников, то всю нагрузку можно считать трехфазной, независимо от степени равномерности распределения однофазных нагрузок по фазам.

В противном случае, т. е. если суммарная установленная мощность однофазных электроприемников превышает 15% суммарной мощности трехфазных электроприемников, распределение однофазных нагрузок по фазам следует

производить с таким расчетом, чтобы достигалась наибольшая степень равномерности.

Когда это удастся, подсчет нагрузок можно производить обычным способом, если же нет, то подсчет следует вести для одной наиболее загруженной фазы. При этом возможны два случая:

1. все однофазные электроприемники включены на фазное напряжение,
2. в числе однофазных электроприемников имеются и такие, которые включены на линейное напряжение.

В первом случае за установленные мощности следует принимать у групп трехфазных электроприемников (если они имеются) одну треть их фактической мощности, у групп однофазных электроприемников — мощность, подключенную к наиболее загруженной фазе.

По полученным таким путем фазным мощностям подсчитывают любым из способов максимальную нагрузку наиболее загруженной фазы, а затем, умножая эту нагрузку на 3, определяют нагрузку трехфазной линии.

Во втором случае наиболее загруженную фазу можно определить только путем подсчета средних мощностей, для чего однофазные нагрузки, включенные на линейное напряжение, необходимо привести к соответствующим фазам.

Приведенную к фазе а активную мощность однофазных приемников, включенных, например, между фазами ab и ac, определяют по выражению:

$$P_a = P_{ab} \cdot p_{(ab)a} + P_{ac} \cdot p_{(ac)a}$$

Соответственно, реактивная мощность таких приемников

$$Q_a = P_{ab} \cdot q_{(ab)a} + P_{ac} \cdot q_{(ac)a}$$

здесь P_{ab} , P_{ac} — мощности, присоединенные на линейное напряжение соответственно между фазами ab и ac, $p_{(ab)a}$, $p_{(ac)a}$, $q_{(ab)a}$, $q_{(ac)a}$, - коэффициенты приведения нагрузок, включенных на линейное напряжение, к фазе а.

Путем круговой перестановки индексов могут быть получены выражения для приведения мощности к любой фазе.