

НЕОБХОДИМОСТЬ И ПУТИ КОРРЕКТИРОВКИ ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ НАГРЕВА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ РАСЧЕТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

И. В. Алексеева

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель А. Г. Ус

Одним из важных этапов при проектировании систем электроснабжения потребителей является правильное определение расчетных электрических нагрузок, являющихся условными нагрузками, эквивалентными ожидаемым изменяющимся нагрузкам по наиболее тяжелому тепловому воздействию: максимальной температуре нагрева проводника или тепловому износу его изоляции.

Расчетная электрическая нагрузка из группы трех и более электроприемников всегда меньше суммы номинальных мощностей этих приемников. Это объясняется неполным использованием их по мощности и времени, одновременностью их работы в период эксплуатации.

От правильной оценки ожидаемых электрических нагрузок зависит степень капиталовложений при организации электроснабжения. Завышение ожидаемых нагрузок ведет к удорожанию строительства, перерасходу материалов, неоправданному увеличению питающих мощностей.

Занижение нагрузок либо проектирование электроснабжения без учета перспективного роста мощности производства может привести к дополнительным потерям мощности, перегрузке оборудования либо к необходимости кардинальной перестройки системы электроснабжения.

Для определения расчетных нагрузок при проектировании систем электроснабжения одним из основных применяемых в настоящее время является метод упорядоченных диаграмм показателей графиков электрических нагрузок. Особенно характерными в этом плане являются системы электроснабжения промышленных предприятий.

К наиболее важным проблемам функционирования электроэнергетического хозяйства промышленных потребителей относятся выход из строя элементов электроснабжения и низкая их загрузка. Причем затраты на элементы электроснабжения часто недостаточно обоснованы. Одной из причин этого является недостаточно точное определение электрических нагрузок на данные элементы при их выборе. Поэтому учет дополнительных факторов, оказывающих влияние на формирование электрической нагрузки, является весьма актуальной задачей.

Известно, что выбор проводников, а также распределительных устройств в цеховых электрических сетях осуществляется, как правило, по условию нагрева. При этом длительно допустимый ток ($I_{д. доп}$) не должен быть меньше расчетного тока группы электроприемников (I_p).

Поскольку процесс нагрева токоведущих частей определяется не только величиной нагрузки, но и продолжительностью нагрева их до установившейся температуры, последнюю целесообразно учитывать при выборе элементов систем электропитания. На практике данным периодом является величина, равная утроенному значению постоянной времени нагрева (T_0) токоведущих частей: $T_{\text{укр}} = 3T_0$.

Поэтому в большинстве случаев в сетях до 1 кВ в качестве такого периода принят 30-минутный интервал, что соответствует постоянной времени нагрева проводников сечением 25–50 мм², наиболее часто используемых в практике проектирования.

При определении расчетной электрической нагрузки согласно методу упорядоченных диаграмм постоянная времени нагрева T_0 электрической сети учитывается в коэффициентах расчетной нагрузки K_p , определяемых дифференцированно на каждом уровне системы электроснабжения:

$T_0 = 10$ мин – для сетей напряжением до 1 кВ, питающих распределительные шинопроводы, пункты, сборки, щиты;

$T_0 = 2,5$ ч – для магистральных шинопроводов, вводно-распределительных устройств и цеховых трансформаторов;

$T_0 \geq 30$ мин – для кабелей напряжением 6 кВ и выше, питающих цеховые трансформаторные подстанции и распределительные устройства.

Однако постоянная времени нагрева токоведущих элементов подчиняется более сложным законам: зависит от материала проводника, его сечения и способа прокладки и может изменяться от нескольких минут до нескольких часов.

Например, для проводов с алюминиевыми жилами и резиновой или ПВХ-изоляцией постоянная времени нагрева изменяется в зависимости от сечения и способа прокладки проводника, как показано в таблице.

Характеристики проводов с резиновой или ПВХ-изоляцией

Сечение, мм ²	10	16	25	35	50	70	95	120
Постоянная времени нагрева, мин. Длительно допустимый ток, А при:								
– открытой прокладке	$\frac{4,2}{60}$	$\frac{5,5}{75}$	$\frac{7,2}{105}$	$\frac{9}{130}$	$\frac{12}{165}$	$\frac{15}{210}$	$\frac{18,4}{255}$	$\frac{21,4}{295}$
– прокладке в трубе при количестве проводов, равном 4	$\frac{9}{39}$	$\frac{12}{55}$	$\frac{17}{70}$	$\frac{19}{85}$	$\frac{23}{120}$	$\frac{27}{140}$	$\frac{32}{175}$	$\frac{26}{200}$

В рамках темы предлагается способ, основанный на следующем итерационном алгоритме:

1. По расчетному току I_p исходя из условия нагрева, по справочнику выбирается проводник сечением $F_{(0)}$, для которого определяется постоянная времени нагрева.

2. Пересчитывается коэффициент расчетной нагрузки K_p с учетом полученной постоянной времени нагрева относительно начальной постоянной времени нагрева ($T_{0(0)} = 10$ мин) по известной формуле

$$K_{P(i)} = 1 + \frac{K_{P(i-1)} - 1}{\sqrt{\frac{3T_{0(i)}}{3T_{0(i-1)}}}}$$

3. Уточняется исходный расчетный ток по формуле

$$I_{P(i)} = I_{P(i-1)} \frac{K_{P(i)}}{K_{P(i-1)}}$$

4. По уточненному значению расчетного тока $I_{P(i)}$, исходя из условия нагрева, выбирается проводник сечением $F_{(i)}$. Если выбранные сечения на текущей и предыдущей итерации не совпадают (например, при первой итерации $F_{(0)} \neq F_{(i)}$), то расчет повторяют по пп. 2–4 до тех пор, пока итерационный процесс не сойдется ($F_{(i-1)} = F_{(i)}$).

Алгоритм предполагает, что после нескольких итераций расчетная нагрузка группы электроприемников будет соответствовать длительно допустимому току проводника с его реальной постоянной времени нагрева T_0 .

Необходимо отметить, что при некоторых исходных значениях расчетного тока (I_P) и коэффициента расчетной нагрузки (K_P) итерационный процесс не сходится. Например, необходимо выбрать провод с резиновой изоляцией при открытой прокладке в цеховой электрической сети, используя следующие результаты определения расчетной нагрузки при $T_0 = 10$ мин: $I_P = 250$ А; $K_P = 3$.

По условию нагрева по справочнику принимаем провод сечением $F = 95$ мм²; $I_{д. доп} = 255$ А; $T_0 = 18,4$ мин.

Пересчитываем коэффициент K_P с учетом постоянной времени нагрева выбранного провода:

$$K_{P(i)} = 1 + \frac{K_P - 1}{\sqrt{\frac{3T_{0(i)}}{3 \times 10}}} = 1 + \frac{3 - 1}{\sqrt{\frac{3 \times 18,4}{3 \times 10}}} = 2,47.$$

Уточняем исходный расчетный ток I_P :

$$I_{P(i)} = I_P \frac{K_{P(i)}}{K_P} = 255 \frac{2,47}{3} = 205,8 \text{ А.}$$

Используя уточненное значение расчетного тока $I_P(1)$, выбираем проводник сечением $F_{(1)} = 70$ мм²; $I_{д. доп} = 210$ А; $T_0 = 15$ мин.

Поскольку $F_{(1)} \neq F_{(0)}$, расчет продолжаем:

$$K_{P(2)} = 1 + \frac{2,47 - 1}{\sqrt{\frac{3 \times 15}{3 \times 18,4}}} = 2,63.$$

$$I_{P(2)} = 205,8 \frac{2,63}{2,47} = 219,1 \text{ А.}$$

Далее, на основе уточненного расчетного тока выбираем проводник $F_{(2)} = 95 \text{ мм}^2$.

По дальнейшим расчетам можно убедиться, что выбираемое сечение с каждым шагом будет колебаться между значениями 70 и 95 мм^2 и итерационный процесс сходиться не будет.

Из полученных результатов можно сказать, что в области малых сечений, как правило, требуется увеличение сечения проводника. Поэтому уточнение расчетной нагрузки и увеличение сечения позволяют повысить надежность электроснабжения. В области больших сечений и больших значений коэффициента расчетной нагрузки, наоборот, возможно уменьшение сечения проводника и, следовательно, затрат на электроснабжение.

Таким образом, при больших значениях K_p выбор сечений по условию нагрева крайне целесообразно осуществлять с учетом реальной постоянной времени нагрева токоведущих элементов.