

Расчет электрических нагрузок и выбор трансформаторов

Создание любого промышленного объекта начинается с его проектирования. Не простое суммирование установленных (номинальных) мощностей ЭП предприятия, а определение ожидаемых (расчетных) значений электрических нагрузок является первым и основополагающим этапом проектированием СЭС. Расчетная максимальная мощность, потребляемая электроприемниками предприятия, всегда меньше суммы номинальных мощностей этих ЭП.

Завышение ожидаемых нагрузок приводит к удорожанию строительства, перерасходу проводникового материала и неоправданному увеличению мощности трансформаторов и прочего оборудования. Занижение может привести к уменьшению пропускной способности электросети, к лишним потерям мощности, перегреву проводов, кабелей и трансформаторов, а следовательно, к сокращению срока их службы.

Существующие методы определения расчетных нагрузок основаны на обработке экспериментальных и практических данных об электрических нагрузках действующих промышленных предприятий.

Для расчета нагрузок разделим все ЭП цеха на 3 группы распределенных по силовым шкафам.

Силовой шкаф №1.

1) Данные по приемникам

$$P_{1,11,40} = 2,1 \text{ кВт}, k_n = 0,1, \cos\varphi = 0,5; \operatorname{tg}\varphi = 1,73$$

$$P_{2,3,4} = 3,5 \text{ кВт}, k_n = 0,14, \cos\varphi = 0,5; \operatorname{tg}\varphi = 1,73$$

$$P_{5,10} = 8 \text{ кВт}, k_n = 0,14, \cos\varphi = 0,5; \operatorname{tg}\varphi = 1,73$$

$$P_{6,7} = 5,2 \text{ кВт}, k_n = 0,14, \cos\varphi = 0,5; \operatorname{tg}\varphi = 1,73$$

$$P_{8,9} = 3,2 \text{ кВт}, k_n = 0,14, \cos\varphi = 0,5; \operatorname{tg}\varphi = 1,73$$

2) Определяем активную номинальную групповую мощность приемников, приведенных к длительному режиму

$$P_{\text{ном}} = 3P_{1,11,40} + 3P_{2,3,4} + 2P_{5,10} + 2P_{6,7} + 2P_{8,9} = 3 \cdot 2,1 + 3 \cdot 3,5 + 2 \cdot 8 + 2 \cdot 5,2 + 2 \cdot 3,2 = 49,6 \text{ кВт}$$

(1)

3) Определяем активную среднюю мощность за наиболее нагруженную смену

$$P_{\text{см}} = k_n 3P_{1,11,40} + k_n 3P_{2,3,4} + k_n 2P_{5,10} + k_n 2P_{6,7} + k_n 2P_{8,9} = 0,1 \cdot 6,3 + 0,14 \cdot 10,5 + 0,14 \cdot 16 + 0,14 \cdot 10,4 + 0,14 \cdot 6,4 = 6,7 \text{ кВт}$$

(2)

4) Определяем средний коэффициент использования группы электроприемников

$$k_{\text{и.ср}} = \frac{P_{\text{см}}}{P_{\text{ном}}} = \frac{6,7}{49,6} = 0,14$$

(3)

по таблице выбираем $K_{\max}=2,54$

5) Определяем среднюю реактивную мощность за наиболее нагруженную смену

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + P_{\text{см}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 + P_{\text{см}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_3 + P_{\text{см}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_4 + P_{\text{см}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_5 = 1,1 \cdot 1,73 + 2,55 \cdot 1,73 + 3,9 \cdot 1,73 + 2,6 \cdot 1,73 + 1,56 \cdot 1,73 = 11,6 \text{ квар}$$

(4)

6) Определяем средневзвешенный $\operatorname{tg} \varphi$?

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q_{\text{см}}}{P_{\text{см}}} = \frac{11,6}{6,7} = 1,73$$

(5)

7) Определяем показатель силовой сборки в группе

$$m = \frac{P_{\text{н. max}}}{P_{\text{н. min}}} = \frac{8}{2,1} = 3,8 > 3$$

(6)

8) Так как $m > 3$ и $k_n < 0,2$ то расчет мощности производим через относительные единицы

$$n_* = \frac{n_1}{n_{\text{НОМ}}} = \frac{4}{12} = 0,4$$

(7)

где n_1 - число наибольших приемников группы, $n_{\text{НОМ}}$ - общее число приемников группы.

$$P_* = \frac{P_1}{P_{\text{НОМ}}} = \frac{26,4}{49,6} = 0,53$$

(8)

где P_1 - мощность наибольших приемников группы.

В зависимости от n_* и P_* по таблице определяем $n_{\text{э}*} = 0,82$.

Находим эффективное число приемников группы

$$n_{\text{э}} = n_{\text{э}*} \cdot n_{\text{НОМ}} = 0,82 \cdot 12 = 10$$

(9)

9) Определяем расчетную мощность через $K_{\max}$

$$P_p = K_{\max} \cdot P_{\text{см}} = 2,54 \cdot 7,3 = 17,1 \text{ кВт} \quad (10)$$

$$Q_p = Q_{см} \cdot 1,1 = 12,6 \cdot 1,1 = 12,8 \text{ квар}$$

(11)

10) Определяем общую расчетную мощность для группы приемников

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{17,1^2 + 12,8^2} = 21,4 \text{ кВт} \cdot \text{А}$$

(12)

11) Определяем расчетный ток для группы приемников

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{21,4}{1,73 \cdot 0,38} = 32,5 \text{ А}$$

(13)

Расчет остальных групп электроприемников производим аналогично первой группе. Результаты расчетов заносим в таблицу 1.

Правильный выбор числа и мощности трансформаторов на цеховых трансформаторных подстанциях является одним из основных вопросов рационального построения СЭС.

Двухтрансформаторные подстанции применяют при значительном числе потребителей 1 и 2-й категории. Целесообразно применение двухтрансформаторной подстанции при неравномерном суточном и годовом графиках нагрузки предприятия, при сезонном режиме работы. Как правило, предусматривается раздельная работа трансформаторов для уменьшения токов КЗ.

Выбор мощности трансформаторов производится исходя из расчетной нагрузки объекта электроснабжения, числа часов использования максимума нагрузки, темпов роста нагрузок, стоимости электроэнергии, допустимой перегрузки трансформаторов и их экономической загрузки.

Наивыгоднейшая (экономическая) загрузка цеховых трансформаторов зависит от категории ЭП, от числа трансформаторов и способов резервирования.

Совокупность допустимых нагрузок, систематических и аварийных перегрузок определяет нагрузочную способность трансформаторов, в основу расчета которой положен тепловой износ изоляции трансформатора. Допустимые систематические нагрузки и аварийные перегрузки не приводят к заметному старению изоляции и существенному сокращению нормальных сроков службы.

Допустимые аварийные перегрузки трансформаторов при выборе их номинальной мощности зависят от продолжительности перегрузки в течении суток, от температуры окружающей среды и системы охлаждения трансформатора.

1) Так как в цехе преобладают приемники 2-й категории, то целесообразно выбрать 2 трансформатора для установки на цеховую трансформаторную подстанцию.

2) Номинальную мощность трансформаторов определяем по условию

$$S_{ном.т} \geq \frac{S_p}{2 \cdot \beta_t}$$

(14)

$$\sqrt{\Delta P^2 + \Delta Q^2} = (0,02 \cdot 125)^2 + (0,1 \cdot 125)^2 = 12,9$$

$$S_p = S + S', \text{ где } S' = \kappa BA$$

$$S_p = 125 + 12,9 = 137,9 \text{ BA} \quad (15)$$

$$S_{\text{НОМ.Т}} = \frac{137,9}{2 \cdot 0,7} = 98,5 \text{ кВА}$$

,

где τ - коэффициент загрузки трансформатора, для приемников второй категории принимается 0,7-0,8; S_p - расчетная максимальная мощность объекта.

Принимаем к установке трансформатор с номинальной мощностью 160 кВА.

3) Проверяем перегрузочную способность трансформатора в аварийном режиме по условию

$k_{\text{ав.п.}} < 1,4$ - коэффициент аварийной перегрузки.

$$k_{\text{ав.п.}} = \frac{S_p}{S_{\text{НОМ.Т}}} = \frac{139,8}{160} = 0,9$$

(16)

Такая перегрузка трансформатора по условию допускается в течение 6 часов 5 суток.

4) По условию коэффициент загрузки трансформатора β питающего приемники 2 и 3-й категории надежности электроснабжения должен составлять 0,5 - 0,7

$$\beta = \frac{S_p}{2S_{\text{НОМ.Т}}} = \frac{139,8}{2 \cdot 160} = 0,5$$

(17)

Условие по загрузке трансформатора выполняется.

Таким образом, принимаем к установке на цеховую трансформаторную подстанцию 2 трансформатора мощностью 160 кВА марки ТМ?160/10.

Основными потребителями реактивной мощности являются асинхронные двигатели и индукционные печи. Прохождение в электрических сетях реактивных токов обуславливает добавочные потери активной мощности в линиях, трансформаторах, генераторах электростанций, дополнительные потери напряжения, требует увеличение номинальной мощности или числа трансформаторов, снижает пропускную способность всей системы электроснабжения.

Меры по снижению реактивной мощности: естественная компенсация без применения специальных компенсирующих устройств; искусственные меры с применением компенсирующих устройств.

К естественной компенсации относятся: упорядочение и автоматизация технологического процесса, ведущие к выравниванию графика нагрузки; создание рациональной схемы электроснабжения за счет уменьшения количества ступеней трансформации; замена малозагруженных трансформаторов и двигателей трансформаторами и двигателями меньшей мощности и их полная загрузка; применение синхронных двигателей вместо асинхронных; ограничение продолжительности холостого хода двигателей и сварочных аппаратов.

К техническим средствам компенсации реактивной мощности относятся: конденсаторные батареи, синхронные двигатели, вентильные статические источники реактивной мощности.

Выбор компенсирующих устройств

1) Определяем мощность компенсирующего устройства

$$Q_{к.р.} = \alpha P_M (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi_k)$$

(18)

где $\operatorname{tg} \varphi_k$ - находится в зависимости от $\cos \varphi_k = 0,92$, который необходимо получить после установки КУ, P_M - общая активная мощность системы электроснабжения;

$$Q_{к.р.} = 0,9 \cdot 108,8 (1,65 - 0,43) = 119,5 \text{ квар}$$

Выбираем две комплектные конденсаторные установки КУ - УКН-0,38-75УЗ мощностью $Q_{к.ст} = 75$ квар;

2) Определяем фактический $\operatorname{tg} \varphi$

$$\operatorname{tg} \varphi_{\phi} = \operatorname{tg} \varphi - \frac{Q_{к.ст}}{\alpha P_M} = 1,65 - \frac{2 \cdot 75}{0,9 \cdot 108,8} = 0,22$$

(19)

3) Определяем $\cos \varphi$ в зависимости от $\operatorname{tg} \varphi$

$$\cos \varphi_{\phi} = \cos (\operatorname{arctg} \varphi_{\phi}) = 0,97$$

Полученный $\cos \varphi_{\phi}$ удовлетворяет условию, поэтому выбранные компенсирующие устройства можно принять к установке