

ЗАДАЧА

по ЭО №2

Расчет силовой нагрузки однофазных потребителей

Однофазные электроприемники, равномерно распределенные по фазам, учитываются в расчетах как 3-фазные той же суммарной мощности. При включении до 3-х однофазных электроприемников условная эквивалентная активная и реактивная мощности принимаются равными

$$P_{н,у} = 3 \cdot P_{н,о}; \quad (9)$$

$$q_{н,у} = 3 \cdot q_{н,о}, \quad (10)$$

где $q_{н,о}$, $P_{н,о}$ - активная и реактивная мощность однофазного приемника.

При включении однофазного ЭП на линейное напряжение он учитывается как эквивалентный приемник с номинальными мощностями

$$P_{н,у} = \sqrt{3} \cdot P_{н,о}; \quad (11)$$

$$q_{н,у} = \sqrt{3} \cdot q_{н,о}. \quad (12)$$

При наличии группы однофазных ЭП, которые распределены по фазам с неравномерностью не выше 15% по отношению к общей мощности трехфазных и однофазных ЭП в группе, они могут быть представлены в расчете как эквивалентная группа трехфазных ЭП с той же суммарной номинальной мощностью.

В случае превышения указанной неравномерности номинальная мощность эквивалентной группы трехфазных электроприемников применяется равной утроенному значению мощности наиболее загруженной фазы. За наиболее загруженную фазу принимают фазу, имеющую наибольшую нагрузку от однофазных приемников.

При смешанном включении однофазных приемников, когда часть из них включена на фазное, а часть на линейное напряжение, общую нагрузку определяют суммированием однофазных нагрузок данной фазы (фаза-ноль) и однофазных нагрузок, включенных на линейное напряжение, приведенных к этой фазе и фазному напряжению с помощью коэффициентов приведения (приложение 8). Например, нагрузки $P_{см}$ и $Q_{см}$ фазы А будут определяться по формулам

$$P_{см,А} = K_{н,1} \cdot P_{н,АС} \cdot P_{(АС/А)} + K_{н,2} \cdot P_{н,АВ} \cdot P_{(АВ/А)} + K_{н,3} \cdot P_{н,А-0}, \quad (13)$$

$$Q_{см,А} = K_{н,1} \cdot P_{н,АС} \cdot q_{(АС/А)} + K_{н,2} \cdot P_{н,АВ} \cdot q_{(АВ/А)} + K_{н,3} \cdot P_{н,А-0} \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (14)$$

где $P_{н,АС}$, $P_{н,АВ}$, $P_{н,А-0}$ - номинальные мощности потребителей, подключенных к фазам АС, АВ, А-0;

$K_{н,1}$, $K_{н,2}$, $K_{н,3}$ - коэффициенты использования этих потребителей;

$P_{(АС/А)}$, $P_{(АВ/А)}$ - коэффициенты приведения, активной нагрузки, подключенной к фазам АС и АВ, к фазе А (Приложение Ж);

$q_{(АС/А)}$, $q_{(АВ/А)}$ - коэффициенты приведения, реактивной нагрузки к фазе А (Приложение Ж).

Порядок расчета

1. Равномерно распределяем однофазные электроприемники по фазам.
2. Определяем наиболее загруженную фазу по выражениям (13) - (14).
3. Находим условную трехфазную активную и реактивную нагрузки для наиболее загруженной фазы по выражениям

$$P_{см,у} = 3 \cdot P_{см,А}, \quad (15)$$

$$Q_{см,у} = 3 \cdot Q_{см,А}, \quad (16)$$

где $P_{см,А}$, $Q_{см,А}$ - активная и реактивная мощности наиболее загруженной фазы.

4. Определяем условную активную номинальную нагрузку наиболее загруженной фазы по выражению

$$P_{см,А} = P_{н,АС} \cdot P_{(АС/А)} + P_{н,АВ} \cdot P_{(АВ/А)} + P_{н,А-0}. \quad (17)$$

В термическом отделении кроме однофазных потребителей имеются трехфазные потребители - кран-балка и вентиляторы (порядок расчета см. п. 4.1.1).

5. Определяем средневзвешенный коэффициент использования

$$K_n = \frac{\sum_{i=1}^n K_{н,i} \cdot P_{н,i}}{\sum_{i=1}^n P_{н,i}}. \quad (18)$$

Далее расчет проводим так же, как для трехфазных электроприемников.

Пример 2. Рассчитать силовую нагрузку термического отделения:

Таблица 2- Исходные данные для примера 2

| № п/п | Наименование потребителей | $U_{ном}$, В | P_n , кВт | n, шт. | k_n | $\cos\varphi$ |
|-------|--|---------------|---------------------|--------|-------|---------------|
| 1 | Электропечи сопротивления трехфазные | 380 | 24 | 2 | 0,75 | 0,95 |
| | | 380 | 60 | 4 | 0,75 | 0,95 |
| | | 220 | 40 | 3 | 0,75 | 0,95 |
| 2 | Двухкамерная печь сопротивления однофазная | 380 | 19 | 5 | 0,75 | 0,95 |
| 3 | Муфельная печь (однофазная) | 220 | 2,2 | 1 | 0,75 | 0,95 |
| 4 | Камерная печь сопротивления | 220 | 6 | 2 | 0,75 | 0,95 |
| 5 | Индукционная печь однофазная | 380 | 10 | 4 | 0,5 | 0,95 |
| 6 | Вентиляторы | 380 | 7 | 2 | 0,7 | 0,8 |
| 7 | Кран-балка: ПВ = 40% | 380 | $P_{расп} = 10$ кВт | 2 | 0,1 | 0,5 |

Решение:

1. Распределяем равномерно однофазные ЭП по фазам

Равномерное распределение однофазных ЭП по фазам в зависимости от напряжения (220 В между фазой и N, 380 В между двумя фазами).

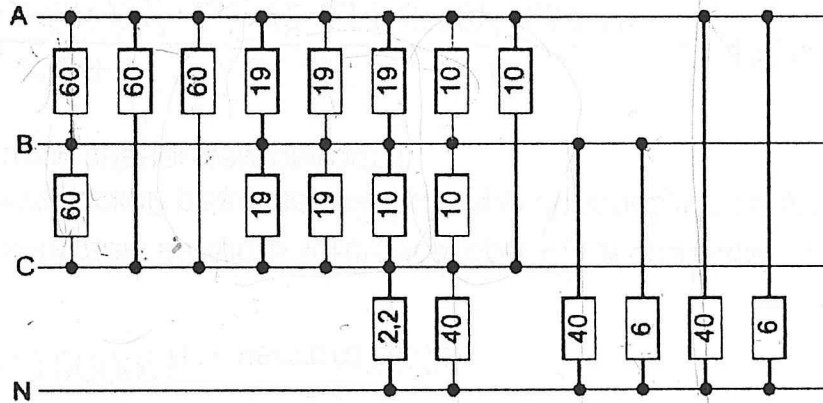


Рисунок 1 – Равномерное распределение однофазных электроприемников по фазам

2. Определяем наиболее загруженную фазу по выражениям (14) - (15).

$$P_{см,А} = k_{н} \cdot P_{н АВ} \cdot P_{(АВ/А)} + 3 \cdot k_{н} \cdot P_{н АВ} \cdot P_{(АВ/А)} + k_{н} \cdot P_{н АВ} \cdot P_{(АВ/А)} +$$

$$+ 2 \cdot k_{н} \cdot P_{н АС} \cdot P_{(АС/А)} + k_{н} \cdot P_{н АС} \cdot P_{(АС/А)} + k_{н} \cdot P_{н А-N} + k_{н} \cdot P_{н А-N} = 0,75 \cdot 60 \cdot$$

$$0,57 + 3 \cdot 0,75 \cdot 19 \cdot 0,57 + 0,5 \cdot 10 \cdot 0,57 + 2 \cdot 0,75 \cdot 60 \cdot 0,43 + 0,5 \cdot 10 \cdot 0,43 +$$

$$0,75 (40 + 6) = 128,22 \text{ кВт};$$

$$P_{см,В} = k_{н} \cdot P_{н АВ} \cdot P_{(АВ/В)} + 3 \cdot k_{н} \cdot P_{н АВ} \cdot P_{(АВ/В)} + k_{н} \cdot P_{н АВ} \cdot P_{(АВ/В)} +$$

$$+ k_{н} \cdot P_{н ВС} \cdot P_{(ВС/В)} + 2 \cdot k_{н} \cdot P_{н ВС} \cdot P_{(ВС/В)} + 2 \cdot k_{н} \cdot P_{н ВС} \cdot P_{(ВС/В)} + k_{н} \cdot P_{н В-N} +$$

$$+ k_{н} \cdot P_{н В-N} = 0,75 \cdot 60 \cdot 0,43 + 3 \cdot 0,75 \cdot 19 \cdot 0,43 + 0,5 \cdot 10 \cdot 0,43 +$$

$$+ 0,75 \cdot 60 \cdot 0,57 + 2 \cdot 0,75 \cdot 19 \cdot 0,57 +$$

$$+ 2 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 0,57 + 0,75 (40 + 6) = 121,98 \text{ кВт};$$

$$P_{см,С} = 2 \cdot k_{н} \cdot P_{н АС} \cdot P_{(АС/С)} + k_{н} \cdot P_{н АС} \cdot P_{(АС/С)} + k_{н} \cdot P_{н ВС} \cdot P_{(ВС/С)} +$$

$$+ 2 \cdot k_{н} \cdot P_{н ВС} \cdot P_{(ВС/С)} + 2 \cdot k_{н} \cdot P_{н ВС} \cdot P_{(ВС/С)} + k_{н} \cdot P_{н С-N} + k_{н} \cdot P_{н С-N} =$$

$$= 2 \cdot 0,75 \cdot 60 \cdot 0,57 + 0,5 \cdot 10 \cdot 0,57 + 0,75 \cdot 60 \cdot 0,43 + 2 \cdot 0,75 \cdot 19 \cdot 0,43 +$$

$$+ 2 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 0,43 + 0,75 (2,2 + 40) = 121,71 \text{ кВт}.$$

Наиболее загруженной является фаза А.

Найдем реактивную нагрузку по наиболее загруженной фазе.

$$\begin{aligned} Q_{см, А} &= k_n \cdot P_{н АВ} \cdot q_{(АВ/А)} + 3 \cdot k_n \cdot P_{н АВ} \cdot q_{(АВ/А)} + k_n \cdot P_{н АВ} \cdot q_{(АВ/А)} + \\ &+ 2 \cdot k_n \cdot P_{н АС} \cdot q_{(АС/А)} + k_n \cdot P_{н АС} \cdot q_{(АС/А)} + k_n \cdot P_{н А-Н} \cdot \operatorname{tg}\varphi + k_n \cdot P_{н А-Н} \cdot \operatorname{tg}\varphi \\ &= \\ &= 0,75 \cdot 60 \cdot (-0,17) + 3 \cdot 0,75 \cdot 19 \cdot (-0,17) + 0,5 \cdot 10 \cdot (-0,17) + \\ &+ 2 \cdot 0,75 \cdot 60 \cdot 0,41 + 0,5 \cdot 10 \cdot 0,41 + 0,75 \cdot 0,33 (40 + 6) = 34,57 \text{ квар.} \end{aligned}$$

3. Находим условную трехфазную активную и реактивную нагрузки для наиболее загруженной фазы

$$P_{см,у} = 3 \cdot 128,22 = 384,66 \text{ кВт}, \quad Q_{см,у} = 3 \cdot 34,57 = 103,71 \text{ квар.}$$

4. Определяем $P_{см}$ для трехфазных ЭП

$$\text{Электродвигатели сопротивления: } P_{см,л} = 0,75 \cdot 24 \cdot 2 = 36 \text{ кВт};$$

$$Q_{см,л} = 36 \cdot 0,33 = 11,88 \text{ квар.}$$

$$\text{Вентиляторы: } P_{см,в} = P_p = 0,7 \cdot 7 \cdot 2 = 9,8 \text{ кВт};$$

$$Q_{см,в} = 9,8 \cdot 0,75 = 7,35 \text{ квар.}$$

$$\text{Кран-балка: } P_{см,к-б} = 0,1 \cdot \sqrt{0,4} \cdot 10 \cdot 2 = 1,26 \text{ кВт};$$

$$Q_{см,к-б} = 1,26 \cdot 1,73 = 2,18 \text{ квар.}$$

$$P_{см\Sigma} = 384,66 + 36 + 9,8 + 1,26 = 431,72 \text{ кВт};$$

$$Q_{см\Sigma} = 103,71 + 11,88 + 7,35 + 2,18 = 125,12 \text{ квар.}$$

5. Определяем условную активную номинальную нагрузку наиболее загруженной фазы

$$\begin{aligned} P_{см,А} &= P_{н АВ} \cdot p_{(АВ/А)} + 3 \cdot P_{н АВ} \cdot p_{(АВ/А)} + P_{н АВ} \cdot p_{(АВ/А)} + 2 \cdot P_{н АС} \cdot p_{(АС/А)} + \\ &+ P_{н АС} \cdot p_{(АС/А)} + P_{н А-Н} + P_{н А-Н} = 60 \cdot 0,57 + 3 \cdot 19 \cdot 0,57 + 10 \cdot 0,57 + \\ &+ 2 \cdot 60 \cdot 0,43 + 10 \cdot 0,43 + 40 + 6 = 174,29 \text{ кВт.} \end{aligned}$$

$$P_{н,у} = 3 \cdot 174,29 = 522,87 \text{ кВт.}$$

6. Определяем суммарную активную номинальную мощность

$$P_{\Sigma} = 522,87 + 2 \cdot 24 + 2 \cdot 7 + \sqrt{0,4} \cdot 2 \cdot 10 = 597,52 \text{ кВт.}$$

7. Определяем средневзвешенный коэффициент использования

$$K_{\text{и}} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{\text{и},i} \cdot P_{\text{н},i}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{н},i}} = \frac{431,72}{597,52} = 0,72.$$

8. Определяем эффективное число ЭП и расчетный коэффициент

$$n_{\text{эф}} = \frac{2 \cdot 597,52}{60} = 20 \text{ шт.}; k_p = 1.$$

9. Определяем P_p , Q_p , S_p .

$$P_{p \text{ терм. отдел.}} = 1,0 \cdot 431,72 = 431,72 \text{ кВт};$$

$$Q_{p \text{ терм. отдел.}} = 125,12 \cdot 1,0 = 125,12 \text{ квар};$$

$$S_{p \text{ терм. отдел.}} = \sqrt{431,72^2 + 125,12^2} = 449,49 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Контрольное задание №2

Определить силовую нагрузку в термическом отделении. Исходные данные для расчета приведены в приложении Б.

Потребители электроэнергии термического цеха

| Вариант | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|---|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Наименование потребителей | Количество потребителей | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Электроды сопротивления: $k_n = 0,75$; $\cos\varphi = 0,95$ (трехфазная) $P_n = 24$ кВт; $U_n = 380$ В (однофазные) $P_n = 60$ кВт; $U_n = 380$ В $P_n = 40$ кВт; $U_n = 220$ В | 3 | 4 | 2 | - | 3 | 5 | 4 | 2 | 1 | 6 | 3 | 2 | 4 | - | 3 | 5 | 2 | 1 | 4 | 3 | 1 | 4 | 5 | - | 4 |
| 2. Двухкамерная печь сопротивления (однофазная): $k_n = 0,75$; $\cos\varphi = 0,95$ $P_n = 19$ кВт; $U_n = 380$ В | 4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | - | 4 | 2 | 2 | 3 | 5 | 3 | 2 | 2 | 3 | - | 4 | 2 | 3 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 3. Муфельная печь: $k_n = 0,75$; $\cos\varphi = 0,95$ $P_n = 2,2$ кВт; $U_n = 220$ В | 1 | 3 | 4 | 3 | 4 | - | 2 | 2 | - | 3 | 4 | 3 | - | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | - | 3 | 2 | 4 |
| 4. Камерная печь сопротивления: $k_n = 0,75$; $\cos\varphi = 0,95$ $P_n = 6$ кВт; $U_n = 220$ В | 4 | 2 | - | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 3 | - | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 4 | 3 | - | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 |
| 5. Индукционная печь (однофазная): $k_n = 0,5$; $\cos\varphi = 0,95$ $P_n = 10$ кВт; $U_n = 380$ В | 3 | 5 | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 5 | - | 2 | 2 | 4 | 3 | 4 | 2 | - | 2 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 |
| 6. Вентиляторы: $k_n = 0,7$; $\cos\varphi = 0,8$ $P_n = 3$ кВт $P_n = 7$ кВт | 4 | - | 4 | 3 | 2 | - | - | - | 5 | 4 | - | - | - | 4 | 2 | 3 | 4 | - | - | 2 | 4 | 3 | - | 5 | - |
| 7. Кран-балка: ПВ= 40%, $k_n = 0,1$; $\cos\varphi = 0,5$ $P_{плем} = 10$ кВт | 3 | 4 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 4 | 5 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 4 | 5 | 3 | 3 | 2 |

Коэффициенты приведения

| Обозначения | При значениях коэффициента мощности $\cos \varphi$ | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
| $P_{(AB/A)}, P_{(BC/B)}, P_{(CA/C)}$ | 1,17 | 1 | 0,89 | 0,84 | 0,8 | 0,72 | 0,64 | 0,5 |
| $P_{(AB/B)}, P_{(BC/C)}, P_{(CA/A)}$ | -0,17 | 0 | 0,11 | 0,16 | 0,2 | 0,28 | 0,36 | 0,5 |
| $Q_{(AB/A)}, Q_{(BC/B)}, Q_{(CA/C)}$ | 0,86 | 0,58 | 0,38 | 0,3 | 0,22 | 0,09 | -0,05 | -0,29 |
| $Q_{(AB/B)}, Q_{(BC/C)}, Q_{(CA/A)}$ | 1,44 | 1,16 | 0,96 | 0,88 | 0,8 | 0,67 | 0,53 | 0,29 |