

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Энергетика и технология металлов»

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Методические указания
к выполнению контрольной работы и практических занятий
по дисциплине «Электроснабжение»
для студентов очной и заочной форм обучения
направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Курган 2022

Кафедра: «Энергетика и технология металлов».

Дисциплина: «Электроснабжение» (направление 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»).

Составил: ст. преподаватель С. Ю. Помялов.

Печатается в соответствии с планом издания, утвержденным методическим советом университета «10» декабря 2020 г.

Утверждены на заседании кафедры «29» октября 2021 г.

Методические указания

Настоящие методические указания предназначены для проведения практических занятий и выполнения контрольной работы по дисциплине «Электроснабжение» студентами очной и заочной форм обучения направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

В контрольной работе в основном уделяется внимание низковольтным электроприемникам (ЭП) и электрическим сетям напряжением до 1000 В, которыми преимущественно и заканчиваются схемы электроснабжения электроприемников в цехах промышленных предприятий.

В контрольной работе студентам необходимо четко уяснить применяемый на кафедре метод расчета электрических нагрузок и основные принципы выбора схем электроснабжения электроприемников цеха.

Контрольная работа выполняется на листах формата А4, в ней должны быть задание (таблица с исходными данными ЭП цеха), содержание, введение, разделы и, при необходимости, подразделы и пункты и в конце расчетно-пояснительной записки (РПЗ) – таблица с результатами расчетов по отделениям и цеху, список использованных источников, после которого могут быть приложения.

Таблицы, формулы, рисунки и приложения должны быть пронумерованы и иметь наименования согласно требованиям ГОСТов ЕСКД.

Контрольная работа должна иметь примеры расчетов и итоговую таблицу с результатами расчетов электрических нагрузок.

Студенты полностью отвечают за принятые в контрольных работах решения, правильность расчетов и грамотность изложения текста в расчетно-пояснительной записке.

Тема контрольной работы: «Расчет электрических нагрузок цеха». В работе студентам необходимо четко уяснить применяемый метод расчета электрических нагрузок.

Теоретические пояснения

Расчет нагрузок отделений (участков) цеха и нагрузок цеха в целом проводится по методу расчетных коэффициентов (метод упорядоченных диаграмм), по формулам и выражениям согласно [1].

Метод расчетных коэффициентов (упорядоченных диаграмм) широко используется при определении расчетных нагрузок в промышленных установках. Сущность практического применения данного метода к определению расчетных нагрузок изложена в [3; 4].

При выполнении работы необходимо учитывать следующее:

1) мощности $P_{\text{НОМ}}$ и $S_{\text{НОМ}}$ электроприемников повторно-кратковременного режима (ПКР) работы должны быть приведены к установленной активной мощности $P_{\text{н}}$ длительного режима работы (продолжительность включения (ПВ) = 100 %): $P_{\text{н}} = P_{\text{НОМ}} \cdot \sqrt{\text{ПВ}}$ и $P_{\text{н}} = S_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{\text{ПВ}}$. ЭП длительного режима работы, заданные $P_{\text{НОМ}}$ и $S_{\text{НОМ}}$, также должны быть приведены к установленной мощности $P_{\text{н}}$: $P_{\text{н}} = P_{\text{НОМ}}$ и $P_{\text{н}} = S_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi$;

2) такие ЭП, как станки, мостовые краны, прессы, молоты, электропечи со щитами управления, считать имеющими в своем составе и однофазные ЭП;

3) мощности $S_{\text{НОМ}}^{(1)}$ и $P_{\text{НОМ}}^{(1)}$ однофазных ЭП должны быть приведены к установленной условной трехфазной активной мощности $P_{\text{н}}$ с учетом режима их работы;

4) должны быть приведены расчеты, подтверждающие числовое значение параметров n_3 , P_p и Q_p для отделений и цеха и параметров S_p и I_p для цеха согласно таблице 1.

1 Основные формулы и выражения, применяемые при расчетах

$P_{\text{н}} = P_{\text{НОМ}}$ и $P_{\text{н}} = S_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi$ – для ЭП длительного режима (ДР) работы;

$P_{\text{н}} = P_{\text{НОМ}} \cdot \sqrt{\text{ПВ}}$ и $P_{\text{н}} = S_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{\text{ПВ}}$ – для ЭП ПКР работы,

где $P_{\text{н}}$ – установленная мощность ЭП;

$P_{\text{НОМ}}$, $S_{\text{НОМ}}$ – номинальная активная и полная мощность ЭП;

ПВ – продолжительность включения ЭП, ее стандартные значения ПВ = 0,15; 0,25; 0,4 и 0,6.

$$P_p = K_m \cdot P_c = K_m \cdot K_i \cdot P_{\text{н}}; \quad (1.1)$$

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_c \text{ при } 4 \leq n_3 \leq 10; \quad (1.2)$$

$$Q_p = Q_c \text{ при } n_3 \geq 10; \quad (1.3)$$

$$Q_p = K_m \cdot Q_c \text{ при } K_i < 1,1 \text{ и } n_3 \leq 10;$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}; \quad (1.4)$$

$$P_{p,0} = K_{c,0} \cdot P_{y,0} \cdot F_{ц}; \quad (1.5)$$

$$m = \frac{P_{н.макс.}}{P_{н.мин.}}; \quad (1.6)$$

$$n_э = n \text{ при } n \geq 4 \text{ и } m \leq 3;$$

$$n_э = \frac{2 \cdot \Sigma P_{н.}}{P_{н.макс}} \text{ при } m \geq 3 \text{ и } K_{и} \geq 0,2; \quad (1.7)$$

$$n_э \approx 0,95 \frac{P_{н.}^2}{\frac{P_{н1}^2}{n_1} + \frac{(P_{н.} - P_{н1})^2}{n - n_1}} \text{ при } m \geq 3 \text{ и } K_{и} \leq 0,2; \quad (1.8)$$

$$n_э = \frac{(\Sigma n_э \cdot P_{н.э})^2}{\Sigma n_э \cdot P_{н.э}^2} - \text{для цеха и предприятия}; \quad (1.9)$$

$$P_c = K_{и} \cdot P_{н.}; \quad (1.10)$$

$$Q_c = P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (1.11)$$

$$K_{и} = \frac{\Sigma P_c}{\Sigma P_{н.}}; \quad (1.12)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\Sigma Q_c}{\Sigma P_c}; \quad (1.13)$$

$$K_{м} = f(n_э, K_{и});$$

$$P_p = K_{м} \cdot P_c; \quad (1.14)$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}. \quad (1.15)$$

Примечание:

1) для ЭП гр. Б ($K_{и} \geq 0,6$) – $K_{м} = 1$, $P_p = P_c$ и $Q_p = Q_c$;

2) приведение однофазных нагрузок $P_{НОМ}^{(1)}$ и $S_{НОМ}^{(1)}$ к номинальной условной трехфазной мощности $P_{НОМ}^{(3)}$ и установленной трехфазной мощности $P_{н.}$.

Однофазные ЭП подключаются на фазное U_{ϕ} или линейное $U_{\text{л}}$ напряжение. $P_{\text{НОМ.У}}^{(3)}$ одного ЭП, включенного на U_{ϕ} , равна $P_{\text{НОМ.У}}^{(3)} = 3 \cdot P_{\text{НОМ.Ф}}^{(1)}$ и $P_{\text{НОМ.У}}^{(3)} = 3 \cdot S_{\text{НОМ.Ф}}^{(1)} \cdot \cos \varphi$ и одного ЭП, включенного на $U_{\text{л}}$, и $P_{\text{НОМ.У}}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot P_{\text{НОМ.Л}}^{(1)}$ и $P_{\text{НОМ.У}}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot S_{\text{НОМ.Л}}^{(1)} \cdot \cos \varphi$.

Несколько однофазных ЭП распределяются по фазам с наибольшей равномерностью, определяемой величиной неравномерности:

$$H = \frac{P_{\text{НОМ.НБ}}^{(1)} - P_{\text{НОМ.НМ}}^{(1)}}{P_{\text{НОМ.НБ}}^{(1)}} \cdot 100\%,$$

где $P_{\text{НОМ.НБ}}^{(1)}$ и $P_{\text{НОМ.НМ}}^{(1)}$ – суммарные однофазные нагрузки наиболее и наименее загруженных фаз.

При $H \leq 15\%$ $P_{\text{НОМ.У}}^{(3)} = P_A + P_B + P_C$, при $H > 15\%$ $P_{\text{НОМ.У}}^{(3)} = 3 \cdot P_{\text{НОМ.НБ}}^{(1)}$, при включении ЭП на U_{ϕ} или $U_{\text{л}}$.

При включении ЭП на U_{ϕ} нагрузки P_A , P_B и P_C определяются суммированием отдельных нагрузок в каждой фазе.

При включении ЭП на $U_{\text{л}}$ нагрузки P_A , P_B и P_C определяются по формулам:

$$P_A = \frac{P_{AC} + P_{AB}}{2},$$

$$P_B = \frac{P_{AB} + P_{BC}}{2},$$

$$P_C = \frac{P_{BC} + P_{AC}}{2}.$$

Установленные мощности P_n однофазных ЭП определяются с учетом их $P_{\text{НОМ.У}}^{(3)}$ и режима работы ЭП как для трехфазных ЭП.

Длительно допустимые токи $I_{\text{доп}}$ проводников ответвлений к однофазным ЭП выбираются по их номинальным токам: $I_{\text{НОМ.Ф}} = \frac{P_{\text{НОМ.Ф}}^{(1)}}{U_{\text{НОМ.Ф}} \cdot \cos \varphi}$ и

$I_{\text{НОМ.Ф}} = \frac{S_{\text{НОМ.Ф}}^{(1)}}{U_{\text{НОМ.Ф}}}$ при включении ЭП на $U_{\text{НОМ.Ф}}$, $I_{\text{НОМ.Л}} = \frac{P_{\text{НОМ.Л}}^{(1)}}{U_{\text{НОМ.Л}} \cdot \cos \varphi}$ и

$I_{\text{НОМ.Л}} = \frac{S_{\text{НОМ.Л}}^{(1)}}{U_{\text{НОМ.Л}}}$ при включении ЭП на $U_{\text{НОМ.Л}}$, при этом $I_{\text{доп}} \geq I_{\text{НОМ.Ф}}$ и $I_{\text{доп}} \geq I_{\text{НОМ.Л}}$;

3) в расчетной таблице 1 все однофазные ЭП должны быть перечислены с указанием в графе 2 мощности $P_{\text{ном.ф}}^{(1)}$, $S_{\text{ном.ф}}^{(1)}$, $P_{\text{ном.л}}^{(1)}$, $S_{\text{ном.л}}^{(1)}$ и ПВ, а в графах 4 и 5 – мощности $P_{\text{ном.у}}^{(3)}$ и $P_{\text{н}}$ единственных ЭП в узле питания и подгрупп однофазных ЭП, распределенных по фазам в узле питания, а для отдельных однофазных ЭП в этом случае мощности $P_{\text{ном.у}}^{(3)}$ и $P_{\text{н}}$ не определять;

4) в графе 2 таблицы 1 проставлять также значения $P_{\text{ном}}$ и ПВ, $S_{\text{ном}}$ и ПВ трехфазных ЭП ПКР работы, а в графах 4 и 5 – мощности $P_{\text{н}}$;

5) аналогично проставлять в графе 2 таблицы 1 мощности $S_{\text{ном}}$ трехфазных ЭП ДР работы, а в графах 4 и 5 – мощности $P_{\text{н}}$.

2 Расчет осветительной нагрузки цеха $P_{\text{р.о}}$

Производится согласно методическим указаниям [1] или другим источникам, в которых приводится расчет активной $P_{\text{р.о}}$, реактивной $Q_{\text{р.о}}$ и полной $S_{\text{р.о}}$ нагрузок.

Таблица 1 – Пример расчета электрических нагрузок по цеху

№ п/п	Наименование узла питания или группы электро-приемников	Число электроприемников, n	Установленная мощность, приведенная к ПВ = 100%		M = P _{н.макс} / P _{н.мин}	Коэффициент использования, K _и	cosφ tgφ	Средняя нагрузка		Приведенное число электроприемников, n _э	Коэффициент максимума, K _м	Расчетная (максимальная) нагрузка			Расчетный ток I _р , А
			Одного электро-приемника P _{н.мин} / P _{н.макс} , кВт	Всех электро-приемников P _н , кВт				P _с , кВт	Q _с , квар			P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВ·А	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 Механическое отделение Группа А						из сгр.	из сгр.	Ф.1.10	Ф.1.11						
1	Токарные станки	13	3,2/11,2	74,8		0,12	0,4/2,31	8,97	20,6						
2	Фрезерные станки	7	0,6/20,0	86,9		0,17	0,65/1,2	14,8	17,7						
7	Кран-балка	1	4,85	4,85		0,15	0,5/1,73	0,73	1,25						
8	Вентилятор	1	1,7	1,7		0,65	0,8/0,75	1,10	0,83						
	Итого по группе А и отделению	44	0,6/20,0	240,8	>3 20/0,6	0,16 1.12	0,53/1,59 сгр/1.13	38,7 Σ	61,7 Σ	27,5 Ф.1.8	1,49 с.54	57,7 Ф.1.14	61,7 Ф.1.3	84,5 Ф.1.4	128 Ф.1.15

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2	Электроремонтное отделение Группа А														
1	Трансформатор сварочный	1	14,3	14,3		0,35	0,35/0,68	5,0	13,4						
2	Отрезной станок	2	1,95	3,9		0,12	0,4/2,31	0,47	1,1						
	Итого по группе А ($K_r \leq 0,6$)	28	0,15/20	87,9	>3 20/0,15	0,22 Ф.1.12	0,52/1,61 спр/Ф.1.13	18,9	30,4	8,79 Ф.1.7	1,9	35,9 Ф.1.14	33,4 Ф.1.2	-	-
	Группа Б														
8	Сушильный шкаф	1	8,7	8,7		0,7	0,95/0,33	5,6	1,8						
9	Печь	10	28,5	285		0,7	0,95/0,33	200	66						
10	сопротивления	2	2,8	5,6		0,65	0,8/0,78	3,6	2,8						
	Вентилятор	4	0,15/28,5	299,3	-	0,698	0,95/0,33	209,2	70,6	-	1	209,2	70,6	-	-
	Итого по группе Б ($K_r \geq 0,6$)	32	0,15/28,5	387,2	-	0,589 Ф.1.12	0,91/0,44 спр/Ф.1.13	228,1	101,0	-	-	245,1	104,0	266 Ф.1.4	405 Ф.1.15
	Итого по гр. А	130	0,15/50	1754	>3 50/0,15	0,238 Ф.1.12	0,64/1,20 спр/Ф.1.13	416,9	503,9	58,5 Ф.1.7	1,2	500,3 Ф.1.14	503,9 Ф.1.3	-	-
	Итого по гр. Б	24	1,0/28,5	518	-	0,687	0,49/1,77	356,3	632,3	-	1	356,3	632,3	-	-
	Итого по цеху	154	0,15/50	2272	-	0,34 Ф.1.12	0,56/1,47 спр/Ф.1.13	773,2	1136,2	-	-	856,6	1136,2	1433 Ф.1.4	2164 Ф.1.15

Библиографический список

1 Задание и методические указания к курсовому проекту «Системы электроснабжения промышленного предприятия» / сост. Н. С. Деркач. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2018. – 117 с.

2 Шеховцов В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения : методическое пособие для курсового проектирования / В. П. Шеховцев. – Москва : ФОРУМ-ИНФРА-М, 2005. – 214 с.

3 Конюхова Е. А. Электроснабжение : учебник для вузов / Е. А. Конюхова. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2014. – 510 с.

4 Гамазин С. И. Справочник по энергоснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий / С. И. Гамазин, Б. И. Кудрин, С. И. Цырук. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2010. – 745 с.

Помялов Станислав Юрьевич

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Методические указания
к выполнению контрольной работы и практических занятий
по дисциплине «Электроснабжение»
для студентов очной и заочной форм обучения
направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Редактор В. С. Никифорова

Подписано в печать 29.06.22	Формат 60×84 1/16	Бумага 80 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л. 0,687	Уч.-изд. л. 0,687
Заказ 54	Тираж 25	

Библиотечно-издательский центр КГУ.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.