



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П.О. Сухого»

Кафедра «Электроснабжение»

# **ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
и задания к контрольной работе  
по одноименному курсу для студентов  
специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение»  
заочной формы обучения**

Гомель 2006

УДК 658.26:621.31(075.8)  
ББК 31.29я73  
П81

*Рекомендовано научно-методическим советом  
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 11 от 18.03.2004 г.)*

Авторы-составители: *Н. В. Токочакова, Ю. Н. Колесник*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Автоматизированный электропривод»  
ГГТУ им. П. О. Сухого *В. В. Тодарев*

**Промышленные** потребители электроэнергии : метод. указания и задания к контр. работе по одноим. курсу для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение» заоч. формы обучения / авт.-сост.: Н. В. Токочакова, Ю. Н. Колесник. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2006. – 28 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

Данные методические указания содержат рабочую программу курса и задания к контрольной работе. В доступной форме изложены методические указания по изучению тем программы; приведены примеры по выполнению заданий к контрольной работе.

Для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение» заочной формы обучения.

**УДК 658.26:621.31(075.8)**  
**ББК 31.29я73**

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2006

## **Введение**

Материал данной дисциплины является одним из разделов курса "Электроснабжение промышленных предприятий".

Основная цель изучения дисциплины состоит в формировании теоретических знаний по электрооборудованию промышленных предприятий различных отраслей промышленности, режимам их работы, умению анализировать режимы работы основного технологического оборудования и выявлять потери и расход электрической энергии, определению расчетных электрических нагрузок для практического применения.

Задачами основных разделов дисциплины является изучение характеристик электроприемников и потребителей электроэнергии промышленных предприятий; графиков электрических нагрузок, их физических величин и безразмерных показателей; освоение методов определения расчетных электрических нагрузок, расхода электроэнергии и потерь мощности и энергии в элементах системы электроснабжения.

Материал курса "Промышленные потребители электрической энергии" используется при выполнении курсового проекта по курсу «Электроснабжение промышленных предприятий», прохождении преддипломной практики и работе над дипломным проектом.

### **1. Общие методические указания**

При самостоятельном изучении курса необходимо предварительно ознакомиться с рабочей программой и методическими указаниями к каждой теме.

По каждому разделу курса должны быть проработаны указанные страницы основной литературы, а дополнительная литература рекомендуется при недостаточной ясности и полноте изложения разделов в основной литературе или её отсутствии.

После изучения темы следует ответить на вопросы для самопроверки. Решение контрольной работы приведенной в данных методических указаниях, является основным методом усвоения учебного материала, позволяет студенту приобрести практические навыки при исследовании графиков электрических нагрузок, определении электрических нагрузок основными методами расчета, обобщить теоретические знания, полученные при изучении данного курса, учит студентов использовать справочную литературу и директивные материалы.

При выполнении контрольной работы текст задания переписывать из методических указаний не требуется. Необходимо лишь указать номер выполняемого варианта, который выдается преподавателем по каждому разделу задания.

## **2. Рабочая программа и методические указания к темам курса**

### **2.1. Характеристика промышленных потребителей электроэнергии.**

Общая классификация потребителей и приемников электроэнергии, их характеристики (номинальная мощность, род тока, напряжение, частота тока, режим работы, степень бесперебойности электроснабжения, стабильность расположения оборудования, установленная мощность).

Характерные группы электроприемников промышленных предприятий (подъемно-транспортные машины; компрессоры, насосы, вентиляторы; металлорежущие станки; кузнечно-штамповочные машины и прессы; деревообрабатывающие станки; электроинструмент; осветительные установки; электротермические, электросварочные, электролизные установки; преобразовательные электроустановки).

Литература: [1, с. 11–20; 2, с 7–10; 5, с.34–41].

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Приведите общую классификацию потребителей и приемников электроэнергии.
2. Назовите шкалу частот, применяемых на промышленных предприятиях, и объясните их области применения.
3. Приведите шкалу номинальных напряжений электроприемников и укажите области их применения.
4. В каких режимах могут работать электроприемники?
5. Как классифицируются электроприемники по степени бесперебойности электроснабжения?
6. Назовите область применения электроприемников постоянного тока.
7. Какие особенности электроснабжения электроприемников различных категорий, и какие допускаются перерывы питания согласно ПУЭ?
8. Какие основные типы электроприемников применяются на промышленных предприятиях, их характеристики.

### **2.2. Графики потребления электроэнергии и электрические нагрузки**

Графики электрических нагрузок и их характеристики, индивидуальные, групповые, суточные, годовые, упорядоченные графики нагрузок. Физические величины, характеризующие графики нагрузок (средние, среднеквадратичные, максимальные и расчетные нагрузки). Показатели графиков электрических нагрузок.

Методы определения расчетных нагрузок (основные и вспомогательные). Вероятностный характер расчетных электрических нагрузок. Статистический метод определения расчетных нагрузок. Метод упорядоченных диаграмм. Эффективное число электроприемников и методы его определения. Определение расчетных реактивных нагрузок методом упо-

рядоченных диаграмм. Определение расчетных нагрузок однофазных электроприемников. Определение пиковых нагрузок. Порядок определения расчетных нагрузок на напряжении до 1 кВ. Расчет электрических нагрузок на напряжении выше 1 кВ. Определение расчетных нагрузок вспомогательными методами: коэффициента спроса, удельной мощности на единицу площади, удельного расхода электроэнергии. Рекомендации по выбору метода определения расчетных нагрузок. Определение расхода электроэнергии. Потери мощности и энергии в элементах систем электроснабжения. Применение ЭВМ для вычисления расчетных нагрузок.

### **Методические указания**

Эта тема курса является важнейшей, так как правильное определение величин ожидаемых электрических нагрузок потребителя обуславливает технические характеристики всех элементов системы электроснабжения, является основой рационального построения и оптимизации ее технико-экономических показателей.

Наиболее полную информацию об изменяющейся нагрузке дает её график. При отсутствии графиков нагрузки для определения расчетных нагрузок пользуются показателями и основными физическими величинами, характеризующими графики. Все показатели (именованные и относительные) и методы расчета нагрузок должны быть изучены. Основными методами расчета нагрузок являются метод упорядоченных диаграмм и статистический метод. Необходимо знать общие рекомендации по выбору метода определения расчетных нагрузок.

Необходимо знать, как расчетным путем можно определить расход электроэнергии, потери мощности и энергии в элементах системы электроснабжения потребителя.

Литература: [1, с.20–42; 2, с.19–86; 4; 5, с. 66–90; 7, с.113–144].

### **Вопросы для самопроверки**

1. Для чего нужны графики электрических нагрузок?
2. Как строятся графики электрических нагрузок, и какие приборы применяют для их снятия?
3. Как классифицируются графики электрических нагрузок?
4. Какими могут быть индивидуальные графики нагрузок?
5. Для чего нужны упорядоченные графики нагрузок?
6. Назовите основные физические величины, характеризующие графики нагрузок, приведите их определения и способы расчета.
7. Перечислите безразмерные показатели, характеризующие графики электрических нагрузок, объясните способы их определения.
8. Какие основные методы определения расчетных нагрузок применяются при проектировании систем электроснабжения?

9. Как определяется расчетная нагрузка (активная и реактивная) методом упорядоченных диаграмм?
10. Что такое эффективное число электроприемников?
11. Как определяется расчетная нагрузка статистическим методом?
12. Как определить расчетную нагрузку однофазных электроприемников?
13. Как и с какой целью определяют пиковые нагрузки?
14. Перечислите вспомогательные методы определения расчетных нагрузок и объясните когда их целесообразно применять.
15. Назовите порядок определения расчетных нагрузок на напряжении до 1 кВ методом упорядоченных диаграмм.
16. Назовите порядок определения расчетных нагрузок на напряжении выше 1 кВ методом упорядоченных диаграмм.
17. Как определяются потери мощности и энергии в элементах системы электроснабжения?
18. Как аналитическим путем определить расход электроэнергии?

### 3. Контрольная работа

#### Задание 1:

Для варианта задана группа из пяти трехфазных приемников электрической энергии напряжением 380 В (табл. 1.1), нагрузка каждого из них за смену приведена в виде графика (табл. 1.2), параметры приемников приведены в табл. 1.3, средневзвешенный коэффициент активной мощности  $\cos\varphi_{\text{ср.взв.}} = 0,6$ .

Необходимо построить групповой график нагрузки и определить основные физические величины (среднюю, среднеквадратичную, часовую максимальную и пиковую нагрузки) и безразмерные показатели группового графика (коэффициенты использования, загрузки, максимума, спроса, заполнения и формы графика).

Таблица 1.1. Данные по составу электроприемников в группе

Номер варианта	Номер электроприемника					Номер варианта	Номер электроприемника				
	1	3	9	20	26		2	3	6	11	14
1	1	3	9	20	26	26	2	3	6	11	14
2	2	4	10	12	22	27	1	11	14	18	26
3	3	7	17	19	25	28	4	7	12	14	16
4	4	5	8	14	24	29	3	10	11	22	26
5	5	6	11	15	23	30	3	8	14	15	23
6	6	9	10	21	26	31	5	7	9	10	24
7	7	11	14	17	18	32	6	11	22	23	26
8	8	9	11	15	19	33	7	13	15	17	21
9	9	12	14	16	17	34	11	15	16	20	22
10	10	11	19	20	26	35	10	13	17	18	20
11	2	3	6	14	18	36	9	13	16	19	26
12	4	11	17	19	26	37	15	20	21	23	26
13	1	5	6	24	26	38	13	16	17	24	25
14	5	10	14	18	23	39	14	15	16	22	23
15	6	8	12	15	22	40	12	18	19	21	22
16	8	13	16	20	26	41	16	20	23	24	25
17	7	12	17	19	20	42	18	19	20	24	26
18	10	12	13	16	17	43	6	7	12	14	25
19	9	11	14	17	21	44	8	10	11	14	23
20	11	14	16	17	19	45	9	15	20	24	25
21	13	15	16	18	20	46	10	20	22	25	26
22	12	14	18	19	24	47	8	12	20	21	24
23	16	17	18	20	23	48	1	9	11	16	18
24	15	18	19	22	26	49	2	5	6	8	10
25	14	16	20	23	25	50	3	6	13	23	26

Таблица 1.2. Данные по сменной нагрузке электроприемников

№ п/п	Потребляемая мощность в часы смены, кВт							
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
1	5	8	10	16	7	17	18	2
2	10	16	8	25	14	5	28	18
3	5	7	2	10	8	4	11	3
4	1	4	2	3	1,5	3,5	4	0,5
5	3	8	11	4	2	13	5	7
6	7	10	5	11	10	8	4	2
7	35	55	60	40	20	70	65	15
8	2	3,5	5,5	1,5	4	1	2	0
9	0	4	8	10	3	6	10	1
10	20	30	40	15	10	0	15	10
11	10	15	5	25	0	36	15	5
12	1	4	2	3,5	1,5	0	3	4
13	0	2,5	6	1	5	2,5	6,5	1,5
14	0	1,4	0,5	1	0,2	1,5	0	1
15	10	35	50	25	16	48	0	40
16	0,5	5	2	0	4,5	1,5	3	0
17	40	80	56	66	29	83	44	15
18	9	13	0	8	4,5	10	3	7
19	0	0,7	0,2	1	0,1	0	0,8	0
20	5	20	4	18	2,5	0	16	2,5
21	1,5	4	0	2,5	0,5	3,5	0,45	0
22	10	36	15	33	8	0	38	5
23	25	40	11	34	8	39	39	1,5
24	15	25	11	20	21	8	6	7,5
25	9	22	18	10	15	8,5	0	4
26	44	71	56	23	18	0	36	20



Таблица 1.3. Параметры электрических приемников

№ электроприемника	$P_H$ , кВт	$S_H$ , кВ·А	$\cos\varphi_H$	$\eta_H, \%$	$i_{II}/i_H$ , о.е.
1	18,5	-	0,88	89,5	7,0
2	30	-	0,87	92,0	7,5
3	-	28	0,6	-	3
4	4	-	0,84	85,0	6,5
5	-	21,5	0,55	-	2,5
6	11	-	0,86	87,5	7,5
7	75	-	0,89	92,5	7,5
8	5,5	-	0,8	85,0	7
9	15	-	0,85	88,0	6,5
10	45	-	0,89	92,5	7,5
11	-	65	0,65	-	3,5
12	-	16	0,5	-	3
13	-	14	0,6	-	3
14	2,2	-	0,74	81,0	6
15	55	-	0,86	92,5	7
16	7,5	-	0,81	85,5	6,5
17	90	-	0,86	93,0	6,5
18	22	-	0,83	90,0	6,5
19	1,5	-	0,72	77,0	4,5
20	-	40,5	0,7	-	2
21	-	9	0,5	-	3
22	-	122	0,4	-	2
23	-	75	0,6	-	3,5
24	30	-	0,8	91,0	6,5
25	37	-	0,7	85,0	7
26	75	-	0,88	94,0	7,5

Групповой график нагрузки складывается из индивидуальных графиков путем суммирования соответствующих ординат.

### Пример 1

Для группы из пяти электроприемников (10, 11, 19, 20, 26) построим групповой график и рассчитаем его параметры. Исходные данные по группе представлены в табл. 1.4 – 1.5. Номинальное напряжение  $U_{ном} = 380$  В.

Таблица 1.4. Исходные данные нагрузки группы электроприемников

№ эл. приемника	Потребляемая мощность в часы смены, кВт								Средняя нагрузка, $P_{ср}$ , кВт
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	
10	20	30	40	15	10	0	15	10	17,5
11	10	15	5	25	0	36	15	5	13,9
19	0	0,7	0,2	1	0,1	0	0,8	0	0,35
20	5	20	4	18	2,5	0	16	2,5	8,5
26	44	71	56	23	18	0	36	20	33,5
<b>Итого, кВт</b>	<b>79</b>	<b>136,7</b>	<b>105,2</b>	<b>82</b>	<b>30,6</b>	<b>36</b>	<b>82,8</b>	<b>37,5</b>	<b>73,73</b>

Как видно из табл. 1.4, максимальная нагрузка группы электроприемников  $P_{max} = 136,7$  кВт. Групповой график представлен на рис. 1.1.

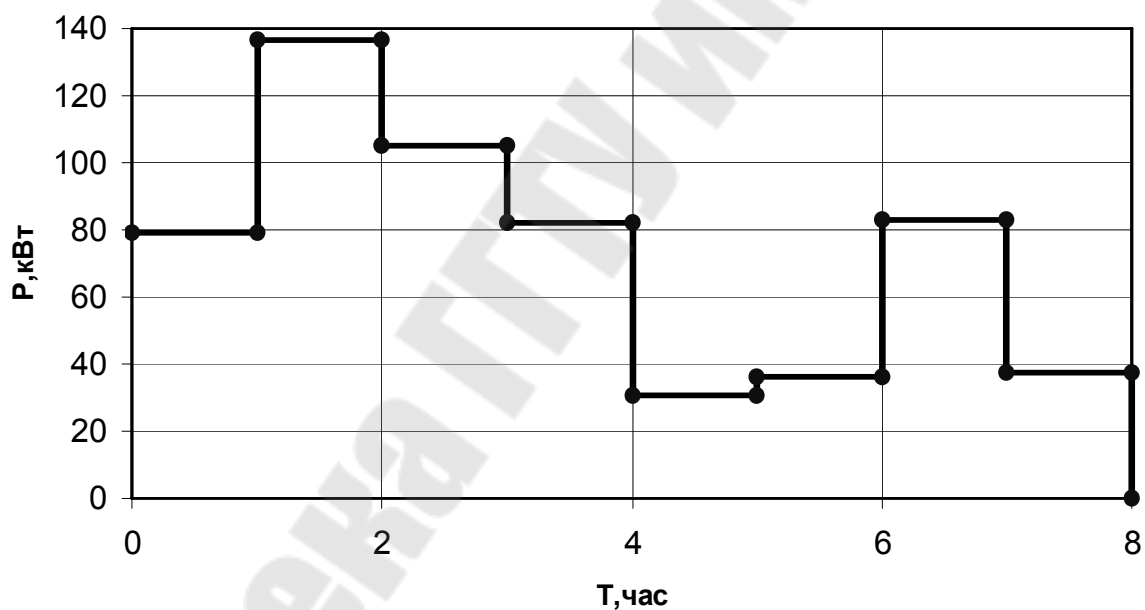


Рис. 1.1. График нагрузки заданной группы электроприемников

Таблица 1.5. Номинальные данные электроприемников группы

№ электроприемника	$P_n$ , кВт	$S_n$ , кВт	$\cos \varphi_n$	$\eta_n$ , %	$i_n / i_H$
10	45	-	0,89	92,5	7,5
11	42,3	65	0,65	-	3,5
19	1,5	-	0,72	77	4,5
20	28,4	40,5	0,7	-	2
26	75	-	0,88	94,6	7,5
<b>Итого:</b>	<b>192,2</b>				

Определяем параметры группового графика нагрузки:

1.1. Часовая нагрузка группового графика  $P_{\text{час}}$  определяется путем суммирования мощностей всех электроприемников в каждом интервале времени:

$$P_{\text{час}(i-j)} = P_{1(i-j)} + P_{2(i-j)} + P_{3(i-j)} + P_{4(i-j)} + P_{5(i-j)};$$

$$P_{\text{час } 0-1} = 20+10+0+5+44 = 79 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{час } 1-2} = 30+15+0,7+20+71 = 136,7 \text{ кВт}.$$

Аналогично осуществляем расчеты для остальных интервалов. Результаты расчетов приведены в таблице 1.4.

Из полученных результатов видно, что  $P_{\text{max}} = P_{\text{час } 1-2} = 136,7 \text{ кВт}$ .

1.2. Средняя нагрузка за смену для данного группового графика:

$$P_{\text{ср}} = \frac{\sum P_i}{n} = \frac{79 + 136,7 + 105,2 + 82 + 30,6 + 36 + 82,8 + 37,5}{8} = 73,73 \text{ кВт}.$$

Аналогично средняя нагрузка за смену определяется и для отдельных электроприемников. Результаты расчетов представлены в таблице 1.4.

1.3. Среднеквадратичная нагрузка данного группового графика:

$$P_{\text{ск}} = \sqrt{\frac{\sum P_i^2}{N}}, \text{ где } N - \text{ число часовых интервалов.}$$

$$P_{\text{ск}} = \sqrt{\frac{6241 + 18686,9 + 11067 + 6724 + 936,36 + 1296 + 6855,84 + 1406,25}{8}} = 81,6 \text{ кВт}.$$

1.4. Находим безразмерные показатели группового графика:

а) Групповой коэффициент использования:

$$K_{\text{и}} = \frac{P_{\text{ср}}}{P_{\text{ном}}} = \frac{73,73}{192,2} = 0,38;$$

б) Коэффициент максимума:

$$K_{\text{м}} = \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{ср}}} = \frac{136,7}{73,73} = 1,85;$$

в) Коэффициент спроса:

$$K_{\text{с}} = \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{ном}}} = \frac{136,7}{192,2} = 0,71;$$

г) Коэффициент заполнения графика:

$$K_{\text{з.г.}} = \frac{P_{\text{ср}}}{P_{\text{max}}} = \frac{1}{K_{\text{м}}} = \frac{73,73}{136,7} = 0,54;$$

д) Коэффициент формы графика:

$$K_{\text{ф.г.}} = \frac{P_{\text{ск}}}{P_{\text{ср}}} = \frac{81,6}{73,73} = 1,11;$$

1.5. Определяем пиковый ток:

$$I_{\text{пик}} = i_{\text{п.м}} + (I_{\text{м}} - k_{\text{и}} \cdot i_{\text{нм}}),$$

где  $i_{\text{п.м}}$  – наибольший из пусковых токов двигателей в группе;  $I_{\text{м}}$  – максимальный ток группы электроприемников;  $i_{\text{нм}}$  – номинальный ток электродвигателя с наибольшим пусковым током;  $k_{\text{и}}$  – коэффициент использования мощности электродвигателя с наибольшим пусковым током.

Номинальный ток  $i$ -го электроприемника определяется по выражению:

$$i_{Hi} = \frac{P_{Hi}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta_{Hi} \cdot \cos \varphi_{Hi}}, \text{ A},$$

для электроприемника № 10 составит:

$$i_{H10} = \frac{45000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,925 \cdot 0,89} = 83,14 \text{ A}.$$

Для других электроприемников:

$$i_{H11} = 98,9 \text{ A}; i_{H19} = 4,1 \text{ A}; i_{H20} = 61,7 \text{ A}; i_{H26} = 137 \text{ A}.$$

Пусковые токи электроприемников:  $i_{Pi} = i_{Hi} \cdot \frac{i_{Pi}}{i_{Hi}}, \text{ A};$

$i_{P10} = 83,14 \cdot 7,5 = 623,55 \text{ A}$ , для остальных приемников группы:

$i_{P11} = 346,15 \text{ A}; i_{P19} = 18,45 \text{ A}; i_{P20} = 123,4 \text{ A}; i_{P26} = 1027,5 \text{ A}.$

Определим  $k_{и}$  приемника № 26 с максимальным пусковым током:

$$k_{и} = \frac{P_{ср}}{P_H} = \frac{33,5}{75} = 0,447,$$

где:  $P_{ср26} = \frac{44 + 71 + 56 + 23 + 18 + 0 + 36 + 20}{8} = 33,5 \text{ кВт}; P_{ном26} = 75 \text{ кВт}$  из таблицы 1.5.

Максимальный ток группы электроприемников:

$$I_M = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} \cdot \cos \varphi_{ср.взв.} \cdot U_{ном}} = \frac{136,7}{\sqrt{3} \cdot 0,6 \cdot 0,38} = 348,4 \text{ A}.$$

Определим пиковый ток группы электроприемников:

$$I_{пик} = 1027,5 + (348,4 - 0,447 \cdot 137) = 1314,7 \text{ A}.$$

## Задание 2

Исходя из указанных в табл. 2.1, 2.2 исходных данных для группы электроприемников механического корпуса промышленного предприятия определить методом упорядоченных диаграмм расчетную электрическую нагрузку на напряжении 380 В.

Таблица 2.1. Данные электроприемников для расчета нагрузок

№ п/п	Наименование приемника	$P_{\text{НОМ}},$ кВт	$k_{\text{и}}$	$\cos\varphi$	$i_{\text{НОМ}},$ А	$i_{\text{п}}/i_{\text{НОМ}}$
1	Сверлильный станок	3	0,14	0,5	6,1	6,5
2	Печь сопротивления	3,5	0,75	0,8	6,3	1
3	Сварочный трансформатор	4	0,2	0,4	5,78	1
4	Насос	7,5	0,6	0,8	12,5	7,5
5	Токарный станок	7,5	0,16	0,6	14,8	7,5
6	Точильный станок	3	0,12	0,4	6,1	6,5
7	Вентиляторы	1,5	0,6	0,8	3,3	6,5
8	Штамповочный пресс	11	0,25	0,6	21	7,5
9	Строгальный станок	15	0,2	0,65	28	7
10	Шлифовальный станок	3	0,14	0,5	6,1	6,5
11	Револьверный станок	11	0,16	0,5	14,8	7,5
12	Фрезерный станок	5,5	0,16	0,6	12,5	7,5

Таблица 2.2. Состав группы электроприемников (первая цифра – номер электроприемника по табл.2.1., вторая – кол-во электроприемников)

Вариант	Группа	Вариант	Группа	Вариант	Группа
1	1-1, 2-4, 5-1, 6-1, 9-1	11	3-5, 7-2	21	10-5, 12-2
2	1-1, 5-2, 8-1, 9-1, 10-1	12	12-4, 8-2, 7-1	22	5-6, 8-3
3	12-1, 11-5, 10-1, 6-1, 5-1	13	4-7, 7-2,	23	6-4, 5-3
4	1-1, 2-1, 5-1, 8-2, 11-2	14	4-2, 6-6	24	12-5, 11-2
5	11-1, 10-1, 9-2, 1-5	15	2-5,7-3	25	8-5
6	12-4, 8-2, 7-1	16	1-1, 2-1, 5-1, 6-2, 9-1	26	6-4, 5-3
7	12-1, 11-5, 10-1, 6-1, 5-1	17	3-5, 7-2	27	7-5, 6-4
8	1-1, 2-1, 5-1, 8-2, 11-2	18	2-5, 7-3	28	12-4, 8-2, 7-1
9	4-6, 7-2	19	11-2, 10-1, 9-1, 1-5	29	6-4, 5-3
10	11-2, 10-1, 9-2, 1-1	20	1-1, 5-1, 8-1, 9-1, 10-1	30	3-5, 7-2

## Пример 2

Определим расчетные электрические нагрузки группы металлообрабатывающих станков методом упорядоченных диаграмм [4]. Состав группы: 4 электроприемника с  $p_n = 5,5$  кВт (шлифовальные станки), 2 электроприемника с  $p_n = 5,5$  кВт (зачочные станки), 1 электроприемник с  $p_n = 3$  кВт (расточной станок), 3 электроприемника с  $p_n = 4$  кВт (фрезерный станок). Согласно табл. 2.1. коэффициент использования  $k_{и}$  для металлообрабатывающих станков равен 0,12–0,16. Принимаем  $k_{и} = 0,16$ .

Установленная мощность группы электроприемников составит:

$$P_{уст} = 4 \cdot 5,5 + 2 \cdot 5,5 + 3 + 3 \cdot 4 = 48 \text{ кВт.}$$

Определим групповой коэффициент использования:

$$K_{и} = \frac{\sum P_{ни} \cdot k_{иi}}{\sum P_{ни}} = \frac{4 \cdot 5,5 \cdot 0,16 + 2 \cdot 5,5 \cdot 0,16 + 3 \cdot 0,16 + 3 \cdot 4 \cdot 0,16}{48} = 0,16.$$

Эффективное количество электроприемников составит:

$$n_{э} = \frac{48^2}{4 \cdot 5,5^2 + 2 \cdot 5,5^2 + 3^2 + 3 \cdot 4^2} = 9,66.$$

По [4, табл. 1.1] интерполируя, находим коэффициент расчетной активной нагрузки группы электроприемников в зависимости от группового коэффициента использования и эффективного числа электроприемников:

$$K_p = f(0,16; 9,66) = 1,63.$$

Активная расчетная нагрузка составит:

$P_p = K_{и} \cdot K_p \cdot P_{уст} = 0,16 \cdot 1,63 \cdot 48 = 12,5$  кВт, что больше номинальной мощности самого мощного электроприемника в группе.

По формуле [4] определяем расчетную реактивную нагрузку:

$$Q_p = K_p' \cdot Q_{см} = 1,1 \cdot (4 \cdot 5,5 \cdot 0,16 \cdot 1,73 + 2 \cdot 5,5 \cdot 0,16 \cdot 1,73 + 3 \cdot 0,16 \cdot 1,73 + 3 \cdot 4 \cdot 0,16 \cdot 1,33) = 13,8 \text{ квар,}$$

Полная расчетная мощность, кВт·А:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{12,5^2 + 13,8^2} = 18,6 \text{ кВт} \cdot \text{А}.$$

$$\text{Расчетный ток: } I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{18,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 28,3 \text{ А}.$$

Пиковый ток группы электроприемников составит:

$$I_{п} = 93,75 + 28,3 - 12,5 \cdot 0,16 = 120 \text{ А}.$$

## Задание 3

Исходя из указанных в табл. 3.1. исходных данных для групп электроприемников механического корпуса промышленного предприятия определить методом упорядоченных диаграмм расчетную электрическую нагрузку цеха на напряжении до 1 кВ (380 В) и на напряжении выше 1 кВ (10 кВ). Результаты расчета электрических нагрузок цеха представить в виде табл.3.2.

Таблица 3.1. Исходные данные к заданию 3

№ варианта	Электроприемники напряжением до 1 кВ														
	Металлорежущие станки мелкосерийного производства		То же, крупносерийного производства		Вентиляторы		Насосы, компрессоры		Тельферы		Сварочные машины шовной сварки (мощность дана в кВ·А)		Элеваторы, конвейеры заблокированные		Площадь цеха, м <sup>2</sup>
	$\frac{n}{P_n}$	$\frac{P_{n \min}}{P_{n \max}}$	$\frac{n}{P_n}$	$\frac{P_{n \min}}{P_{n \max}}$	$\frac{n}{P_n}$	$\frac{P_{n \min}}{P_{n \max}}$	$\frac{n}{P_n}$	$\frac{P_{n \min}}{P_{n \max}}$	$\frac{n}{P_n}$	$\frac{P_{n \min}}{P_{n \max}}$	$\frac{n}{S_n}$	$\frac{S_{n \min}}{S_{n \max}}$	$\frac{n}{P_n}$	$\frac{P_{n \min}}{P_{n \max}}$	F
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.	$\frac{75}{120}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{90}{1650}$	$\frac{10}{120}$	$\frac{20}{160}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{35}{2000}$	$\frac{10}{300}$	$\frac{80}{300}$	$\frac{3}{30}$	$\frac{30}{500}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{300}{2400}$	$\frac{3}{20}$	100000
2.	$\frac{120}{450}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{35}{1300}$	$\frac{10}{60}$	$\frac{40}{1300}$	$\frac{5}{120}$	$\frac{40}{230}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{45}{250}$	$\frac{2}{20}$	$\frac{60}{700}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{250}{3000}$	$\frac{3}{20}$	75000
3.	$\frac{320}{3000}$	$\frac{5}{80}$	$\frac{25}{500}$	$\frac{10}{30}$	$\frac{65}{1100}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{15}{980}$	$\frac{10}{100}$	$\frac{25}{300}$	$\frac{5}{30}$	$\frac{40}{400}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{200}{640}$	$\frac{3}{5}$	125000
4.	$\frac{30}{540}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{160}{2200}$	$\frac{5}{80}$	$\frac{65}{250}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{75}{1000}$	$\frac{5}{100}$	$\frac{70}{1100}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{45}{580}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{50}{400}$	$\frac{3}{20}$	80000
5.	$\frac{250}{1200}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{45}{350}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{130}{700}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{45}{620}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{65}{800}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{100}{2100}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{55}{600}$	$\frac{3}{20}$	90000
6.	$\frac{35}{320}$	$\frac{3}{80}$	$\frac{230}{750}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{65}{500}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{15}{2200}$	$\frac{10}{200}$	$\frac{30}{220}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{80}{900}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{34}{1000}$	$\frac{3}{50}$	110000
7.	$\frac{80}{850}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{90}{400}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{20}{400}$	$\frac{5}{30}$	$\frac{45}{300}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{60}{600}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{30}{450}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{100}{1700}$	$\frac{10}{40}$	95000
8.	$\frac{240}{2300}$	$\frac{10}{70}$	$\frac{25}{450}$	$\frac{10}{80}$	$\frac{100}{540}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{65}{400}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{80}{2000}$	$\frac{10}{300}$	$\frac{100}{1700}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{60}{1250}$	$\frac{3}{100}$	125000
9.	$\frac{300}{3000}$	$\frac{3}{80}$	$\frac{120}{700}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{50}{80}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{40}{300}$	$\frac{0,5}{40}$	$\frac{35}{250}$	$\frac{2}{40}$	$\frac{90}{1500}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{30}{250}$	$\frac{3}{20}$	90000
10.	$\frac{130}{640}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{50}{350}$	$\frac{0,5}{15}$	$\frac{120}{1000}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{70}{400}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{120}{1100}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{50}{630}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{55}{2800}$	$\frac{3}{100}$	85000

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
11.	$\frac{75}{120}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{35}{1300}$	$\frac{10}{60}$	$\frac{20}{160}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{40}{230}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{80}{300}$	$\frac{3}{30}$	$\frac{30}{500}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{250}{3000}$	$\frac{3}{20}$	80000
12.	$\frac{120}{450}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{90}{1650}$	$\frac{10}{120}$	$\frac{40}{1300}$	$\frac{5}{120}$	$\frac{35}{2000}$	$\frac{10}{300}$	$\frac{45}{250}$	$\frac{2}{20}$	$\frac{60}{700}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{300}{2400}$	$\frac{3}{20}$	110000
13.	$\frac{320}{3000}$	$\frac{5}{80}$	$\frac{35}{1300}$	$\frac{10}{60}$	$\frac{65}{1100}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{40}{230}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{25}{300}$	$\frac{5}{30}$	$\frac{40}{400}$	$\frac{80}{50}$	$\frac{250}{3000}$	$\frac{3}{20}$	73000
14.	$\frac{120}{450}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{25}{500}$	$\frac{10}{30}$	$\frac{40}{1300}$	$\frac{5}{120}$	$\frac{15}{980}$	$\frac{10}{100}$	$\frac{45}{250}$	$\frac{2}{20}$	$\frac{60}{700}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{200}{640}$	$\frac{3}{5}$	78000
15.	$\frac{30}{500}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{45}{350}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{65}{520}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{45}{620}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{70}{1100}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{80}{900}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{55}{600}$	$\frac{3}{20}$	95000
16.	$\frac{250}{12000}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{160}{2200}$	$\frac{5}{80}$	$\frac{130}{700}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{75}{1000}$	$\frac{5}{100}$	$\frac{65}{800}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{100}{2100}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{50}{400}$	$\frac{3}{20}$	93000
17.	$\frac{30}{540}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{25}{500}$	$\frac{10}{30}$	$\frac{65}{520}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{15}{980}$	$\frac{10}{100}$	$\frac{70}{1100}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{45}{580}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{200}{640}$	$\frac{3}{5}$	103000
18.	$\frac{230}{1250}$	$\frac{1,5}{30}$	$\frac{230}{750}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{135}{750}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{15}{2200}$	$\frac{10}{200}$	$\frac{70}{800}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{100}{2100}$	$\frac{10}{55}$	$\frac{30}{1000}$	$\frac{3}{50}$	115000
19.	$\frac{35}{820}$	$\frac{3}{80}$	$\frac{45}{350}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{65}{550}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{45}{650}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{35}{280}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{70}{950}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{60}{650}$	$\frac{3}{20}$	97000
20.	$\frac{80}{850}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{230}{750}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{20}{400}$	$\frac{5}{30}$	$\frac{15}{2200}$	$\frac{10}{200}$	$\frac{60}{600}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{30}{500}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{100}{1800}$	$\frac{10}{40}$	98000
21.	$\frac{40}{900}$	$\frac{3}{80}$	$\frac{90}{400}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{70}{550}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{50}{350}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{25}{250}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{75}{900}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{100}{1600}$	$\frac{10}{40}$	110000
22.	$\frac{240}{2400}$	$\frac{8}{70}$	$\frac{30}{500}$	$\frac{10}{80}$	$\frac{110}{500}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{70}{450}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{70}{2000}$	$\frac{10}{300}$	$\frac{100}{1800}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{50}{1000}$	$\frac{3}{100}$	120000
23.	$\frac{70}{800}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{25}{450}$	$\frac{10}{80}$	$\frac{20}{400}$	$\frac{5}{30}$	$\frac{70}{400}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{60}{650}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{30}{550}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{60}{1300}$	$\frac{3}{100}$	115000
24.	$\frac{300}{3000}$	$\frac{3}{80}$	$\frac{30}{500}$	$\frac{10}{80}$	$\frac{50}{180}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{65}{400}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{35}{250}$	$\frac{2}{40}$	$\frac{30}{450}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{60}{1250}$	$\frac{3}{100}$	112000



Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
25.	$\frac{250}{2400}$	$\frac{8}{70}$	$\frac{120}{700}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{100}{550}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{40}{300}$	$\frac{0,5}{40}$	$\frac{80}{2000}$	$\frac{10}{300}$	$\frac{100}{1750}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{30}{300}$	$\frac{3}{20}$	92000
26.	$\frac{130}{650}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{150}{800}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{120}{1000}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{35}{300}$	$\frac{0,5}{40}$	$\frac{120}{1100}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{50}{650}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{25}{300}$	$\frac{3}{20}$	95000
27.	$\frac{240}{2400}$	$\frac{7}{70}$	$\frac{120}{750}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{50}{80}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{70}{350}$	$\frac{0,5}{40}$	$\frac{75}{1850}$	$\frac{10}{300}$	$\frac{45}{700}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{60}{2500}$	$\frac{3}{100}$	100000
28.	$\frac{75}{1200}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{50}{350}$	$\frac{0,5}{15}$	$\frac{20}{160}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{70}{400}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{80}{300}$	$\frac{3}{30}$	$\frac{30}{550}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{55}{2800}$	$\frac{3}{100}$	110000
29.	$\frac{150}{700}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{35}{130}$	$\frac{10}{60}$	$\frac{120}{1000}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{40}{250}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{120}{1200}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{50}{630}$	$\frac{10}{10}$	$\frac{250}{3000}$	$\frac{3}{20}$	85000
30.	$\frac{120}{500}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{40}{1350}$	$\frac{10}{60}$	$\frac{40}{1300}$	$\frac{5}{120}$	$\frac{40}{300}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{50}{280}$	$\frac{2}{20}$	$\frac{30}{700}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{230}{3100}$	$\frac{3}{20}$	87000
31.	$\frac{80}{1500}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{90}{1700}$	$\frac{10}{120}$	$\frac{20}{180}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{35}{2000}$	$\frac{10}{300}$	$\frac{85}{350}$	$\frac{3}{30}$	$\frac{30}{500}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{300}{2400}$	$\frac{3}{20}$	115000
32.	$\frac{320}{3000}$	$\frac{5}{80}$	$\frac{90}{1650}$	$\frac{10}{120}$	$\frac{65}{1100}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{40}{2200}$	$\frac{10}{300}$	$\frac{25}{300}$	$\frac{5}{30}$	$\frac{40}{400}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{200}{650}$	$\frac{3}{5}$	80000
33.	$\frac{120}{500}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{40}{1350}$	$\frac{10}{60}$	$\frac{40}{1300}$	$\frac{5}{120}$	$\frac{40}{350}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{45}{250}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{55}{680}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{60}{600}$	$\frac{3}{20}$	95000
34.	$\frac{30}{500}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{25}{500}$	$\frac{10}{30}$	$\frac{65}{550}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{15}{1000}$	$\frac{10}{100}$	$\frac{70}{1110}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{40}{400}$	$\frac{8}{50}$	$\frac{200}{640}$	$\frac{3}{7}$	82000
35.	$\frac{115}{500}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{45}{350}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{40}{1350}$	$\frac{5}{120}$	$\frac{50}{650}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{50}{300}$	$\frac{2}{20}$	$\frac{60}{700}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{55}{620}$	$\frac{3}{64}$	96000
36.	$\frac{250}{1250}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{50}{400}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1300}{700}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{45}{620}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{65}{800}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{100}{2100}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{50}{600}$	$\frac{3}{20}$	93000
37.	$\frac{30}{540}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{160}{2200}$	$\frac{5}{80}$	$\frac{65}{520}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{75}{1000}$	$\frac{5}{100}$	$\frac{70}{1000}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{45}{580}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{50}{400}$	$\frac{3}{20}$	75000
38.	$\frac{50}{550}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{230}{750}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{70}{550}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{15}{220}$	$\frac{10}{200}$	$\frac{75}{1200}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{50}{600}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{30}{1000}$	$\frac{3}{50}$	110000

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
39.	$\frac{220}{1250}$	$\frac{1,5}{30}$	$\frac{25}{500}$	$\frac{10}{30}$	$\frac{130}{750}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{15}{980}$	$\frac{10}{100}$	$\frac{70}{800}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{100}{2000}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{200}{640}$	$\frac{3}{5}$	100000
40.	$\frac{40}{850}$	$\frac{3}{80}$	$\frac{250}{800}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{65}{600}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{20}{2300}$	$\frac{10}{200}$	$\frac{35}{300}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{70}{990}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{35}{1100}$	$\frac{3}{50}$	85000
41.	$\frac{230}{1200}$	$\frac{1,5}{30}$	$\frac{45}{350}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{135}{800}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{45}{650}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{65}{750}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{100}{2100}$	$\frac{10}{55}$	$\frac{60}{650}$	$\frac{3}{20}$	95000
42.	$\frac{90}{850}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{90}{400}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{20}{400}$	$\frac{5}{30}$	$\frac{50}{350}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{60}{600}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{30}{500}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{100}{1800}$	$\frac{10}{40}$	125000
43.	$\frac{40}{900}$	$\frac{3}{80}$	$\frac{230}{750}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{70}{560}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{15}{2100}$	$\frac{10}{200}$	$\frac{25}{250}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{80}{900}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{50}{1000}$	$\frac{3}{100}$	120000
44.	$\frac{240}{2400}$	$\frac{10}{70}$	$\frac{85}{370}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{110}{570}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{50}{360}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{70}{2000}$	$\frac{10}{300}$	$\frac{100}{1800}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{100}{1700}$	$\frac{10}{40}$	115000
45.	$\frac{50}{950}$	$\frac{3}{80}$	$\frac{90}{580}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{70}{550}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{45}{400}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{30}{300}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{70}{950}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{95}{1550}$	$\frac{10}{40}$	110000
46.	$\frac{70}{850}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{30}{500}$	$\frac{10}{80}$	$\frac{20}{400}$	$\frac{5}{30}$	$\frac{70}{450}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{60}{650}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{30}{550}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{50}{1000}$	$\frac{3}{100}$	95000
47.	$\frac{300}{3100}$	$\frac{3}{80}$	$\frac{120}{700}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{50}{190}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{40}{350}$	$\frac{0,5}{40}$	$\frac{35}{250}$	$\frac{2}{40}$	$\frac{30}{450}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{30}{300}$	$\frac{3}{20}$	92000
48.	$\frac{260}{2450}$	$\frac{10}{70}$	$\frac{35}{350}$	$\frac{10}{80}$	$\frac{100}{600}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{65}{450}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{80}{2000}$	$\frac{10}{300}$	$\frac{100}{1700}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{60}{1300}$	$\frac{3}{100}$	98000
49.	$\frac{150}{700}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{150}{750}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{120}{1000}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{40}{320}$	$\frac{0,5}{40}$	$\frac{120}{1100}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{50}{650}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{35}{350}$	$\frac{3}{20}$	100000
50.	$\frac{230}{2350}$	$\frac{10}{70}$	$\frac{150}{800}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{120}{560}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{35}{300}$	$\frac{0,5}{40}$	$\frac{75}{1800}$	$\frac{10}{300}$	$\frac{110}{1750}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{25}{280}$	$\frac{3}{20}$	80000

Примечание:

 $n$  – общее число электроприемников данной группы; $P_n (S_n)$  – суммарная установленная мощность всех электроприемников данной группы, кВт (кВ·А); $P_{n \min} (S_{n \min})$  – наименьшая установленная мощность электроприемника в группе, кВт (кВ·А); $P_{n \max} (S_{n \max})$  – наибольшая установленная мощность электроприемника в группе, кВт (кВ·А).

### Пример 3

Методом упорядоченных диаграмм определим расчётную нагрузку механического цеха на напряжении 380 В и 10 кВ при следующих условиях:

Электроприемники напряжением до 1 кВ														
Металлорежущие станки мелкосерийного производства		То же, крупносерийного производства		Вентиляторы		Насосы, компрессоры		Тельферы		Сварочные машины шовной сварки (мощность дана в кВ·А)		Элеваторы, конвейеры заблокированные		Площадь цеха, м <sup>2</sup>
$\frac{n}{P_n}$	$\frac{P_{n \min}}{P_{n \max}}$	$\frac{n}{P_n}$	$\frac{P_{n \min}}{P_{n \max}}$	$\frac{n}{P_n}$	$\frac{P_{n \min}}{P_{n \max}}$	$\frac{n}{P_n}$	$\frac{P_{n \min}}{P_{n \max}}$	$\frac{n}{P_n}$	$\frac{P_{n \min}}{P_{n \max}}$	$\frac{n}{S_n}$	$\frac{S_{n \min}}{S_{n \max}}$	$\frac{n}{P_n}$	$\frac{P_{n \min}}{P_{n \max}}$	
$\frac{80}{850}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{230}{750}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{20}{400}$	$\frac{5}{30}$	$\frac{15}{2200}$	$\frac{10}{200}$	$\frac{60}{600}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{30}{500}$	$\frac{10}{40}$	$\frac{100}{1800}$	$\frac{10}{40}$	23200

1. Находим установленную мощность электроприемников цеха:

$$P_{\text{уст}} = \sum_{i=1}^n P_{ni} = 850 + 750 + 400 + 2200 + 600 + 500 \cdot 0,8 + 1800 = 7000 \text{ кВт.}$$

2. Групповой коэффициент использования: ( $k_{\text{г}}$  определяем из [5]):

$$K_{\text{г}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ni} \cdot k_{\text{г}i}}{P_{\text{уст}}} =$$

$$= \frac{850 \cdot 0,12 + 750 \cdot 0,16 + 400 \cdot 0,7 + 2200 \cdot 0,7 + 600 \cdot 0,15 + 0,8 \cdot 500 \cdot 0,35 + 1800 \cdot 0,55}{7000} = 0,466.$$

3. Эффективное число электроприёмников (по упрощенной формуле):

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot P_{\text{уст}}}{P_{n \max}} = \frac{2 \cdot 7000}{200} = 70.$$

4. Из [4, табл. 1.2] находим коэффициент расчетной нагрузки для определения расчетной нагрузки на напряжении 380 В (постоянная времени нагрева  $T_0=2,5$  ч):

$$K_p = f(K_{\text{г}}, n_{\text{э}}) = f(0,466; 70) = 0,7.$$

5. Определим активную расчетную нагрузку:

$$P_p = K_p \cdot K_{\text{г}} \cdot P_{\text{уст}} = 0,7 \cdot 0,466 \cdot 7000 = 2283,4 \text{ кВт.}$$

6. Определим расчетную реактивную нагрузку механического цеха на напряжении 380 В ( $\text{tg}\varphi_i$  определяем из [5]):

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg}\varphi_{\text{ср.взв.}} = P_p \cdot \frac{\sum_{i=1}^n P_{ni} \cdot \text{tg}\varphi_i}{P_{\text{уст}}} =$$

$$= \frac{2283,4}{7000} \cdot (850 \cdot 2,29 + 750 \cdot 1,73 + 400 \cdot 0,88 + 2200 \cdot 0,75 +$$

$$+ 600 \cdot 1,73 + 0,8 \cdot 500 \cdot 1,02 + 1800 \cdot 0,88) = 2699,6 \text{ квар.}$$

7. Определяем полную расчетную нагрузку:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2};$$

$$S_p = \sqrt{2283,4^2 + 2699,6^2} = 3535,8 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

8. Определяем расчетный ток механического цеха на напряжении 380 В:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_H};$$

$$I_p = \frac{3535,8}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 5372 \text{ А}.$$

9. Коэффициент расчетной нагрузки для определения расчетной мощности на напряжении 10 кВ (постоянная времени нагрева  $T_0 \geq 30$  мин):

$$K_p = 1.$$

10. Активная расчетная нагрузка:

$$P_p = K_p \cdot K_{и} \cdot P_{уст} = 1 \cdot 0,466 \cdot 7000 = 3262 \text{ кВт}.$$

11. Расчетная реактивная нагрузка цеха на напряжении 10 кВ:

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg}\varphi_{\text{ср.взв.}} = 3262 \cdot 1,18 = 3856 \text{ квар}.$$

12. Полная расчетная нагрузка:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{3262^2 + 3856^2} = 5051 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

13. Расчетный ток механического цеха на напряжении 10 кВ:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{5051}{\sqrt{3} \cdot 10} = 291,6 \text{ А}.$$

Результаты расчетов представляются в виде таблицы 3.2.

Таблица 3.2. Определение расчетных нагрузок механического корпуса

Наименование электроприемника	Кол-во, N, шт.	P <sub>н</sub> , кВт	P <sub>н.макс</sub> , кВт	K <sub>и</sub>	tgφ	n <sub>э</sub> , шт.	K <sub>р</sub>	Расчетная нагрузка			I <sub>р</sub> , А	K <sub>р</sub>	Расчетная нагрузка			I <sub>р</sub> , А	
								P <sub>р</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , квар	S <sub>р</sub> , кВА			P <sub>р</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , квар	S <sub>р</sub> , кВА		
МРС (мелкие)	80	850	40	0,12	2,29												
МРС (крупные)	230	750	10	0,16	1,73												
Тельферы	60	600	40	0,15	1,73												
Вентиляторы	20	400	30	0,7	0,88												
Насосы, компрессоры	15	2200	200	0,7	0,75												
Элеваторы	100	1800	40	0,55	0,88												
Сварка	30	500*	40	0,35	1,02												
Итого по цеху:	535	7000	200	0,46	1,18	70	0,7	2283,4	2699,6	3536	5372	1	3262	3856	5051	292	

Примечание: \*Мощность сварочных электроустановок указана в кВ·А.

#### Задание 4

Определить потери активной и реактивной мощности и годовые потери активной и реактивной энергии в фрагменте системы заводского электроснабжения, включающего кабели длиной  $L$  и трансформаторы. Принять непрерывную работу трансформаторов в течение года и радиальную схему питания. Исходные данные задания приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1. Исходные данные по вариантам задания 4

№ варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Марка трансформ.	ТМ 400	ТМ 630	ТМ 1000	ТМ 1600	ТМ 2500	ТСЗ 400	ТСЗ 630	ТСЗ 1000	ТСЗ 1600	ТСЗ 2500
Кол-во трансформаторов в подстанции	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
$U_{В.Н.}$	6	6	10	10	10	10	10	10	10	10
$U_{Н.Н.}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
$S_p$ , кВ·А	350	900	850	2400	2350	600	600	1550	1500	3800
$L$ , км	0,3	0,2	0,4	0,5	0,25	0,35	0,45	0,2	0,3	0,3
$T_M$ , ч	3000	3500	4000	4500	5000	3000	3500	4000	4500	5000

#### Пример 4

Определить потери активной и реактивной мощности и годовые потери электроэнергии в кабелях и трансформаторах (6 шт.), питающих один из цехов промышленного предприятия по радиальной схеме (каждый трансформатор подключен к отдельному кабелю). Расчетная мощность нагрузки цеха  $S_p = 6166,8$  кВ·А.

а) Для расчета потерь в трансформаторах воспользуемся каталожными данными:

Тип трансформатора	$U_k$ %	$\Delta P_k$ кВт	$\Delta P_x$ кВт	$I_{xx}$ %	$\Delta Q_x$ квар
ТМ 1600/10	5,5	18	3,3	1,3	21

Потери в трансформаторах составят:

$$\Delta P_{T\Sigma} = \frac{\Delta P_k}{n_{тр}} \cdot \left( \frac{S_p}{S_{н.тр}} \right)^2 + \Delta P_x \cdot n_{тр} = \frac{18}{6} \cdot \left( \frac{6166,8}{1600} \right)^2 + 3,3 \cdot 6 = 64,37 \text{ кВт}.$$

$$\Delta Q_{T\Sigma} = \frac{U_k \cdot S_p^2}{100 \cdot n_{TP} \cdot S_{H.TP}} + \Delta Q_x \cdot n_{TP} = \frac{5,5 \cdot 6166,8^2}{100 \cdot 6 \cdot 1600} + 21 \cdot 6 = 343,88 \text{ квар.}$$

б) Определим потери мощности в кабелях ( $L = 0,8$  км):

$$R_k = r_0 \cdot l = 0,62 \cdot 0,8 = 0,496 \text{ Ом};$$

$$X_k = x_0 \cdot l = 0,09 \cdot 0,8 = 0,072 \text{ Ом};$$

$$\Delta P_{каб} = 3 \cdot I_p^2 \cdot R_k \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 59,3^2 \cdot 0,496 \cdot 10^{-3} = 5,23 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{каб} = 3 \cdot I_p^2 \cdot X_k \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 59,3^2 \cdot 0,072 \cdot 10^{-3} = 0,76 \text{ квар.}$$

Следовательно, потери мощности во всех кабелях составят:

$$\Delta P_{K\Sigma} = \Delta P_{каб} \cdot n = 5,23 \cdot 6 = 31,38 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{K\Sigma} = \Delta Q_{каб} \cdot n = 0,76 \cdot 6 = 4,56 \text{ квар.}$$

в) Годовые потери электроэнергии в трансформаторах:  
– активной энергии:

$$\Delta W = \Delta W_M + \Delta W_{CT},$$

где

$\Delta W_M$  – потери в меди трансформаторов (обмотки):

$$\Delta W_M = \frac{\Delta P_K}{n_{TP}} \left( \frac{S_p}{S_{H.TP}} \right)^2 \cdot \tau;$$

$\Delta W_{CT}$  – потери в стали трансформаторов (магнитопровод):

$$\Delta W_{CT} = \Delta P_x \cdot n_{TP} \cdot T_\Gamma;$$

$$\tau = (0,124 + T_M \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 5000 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 3410 \text{ ч.}$$

Годовые потери во всех трансформаторах:

$$\Delta W_{T\Sigma} = \frac{\Delta P_K \cdot S_p^2}{n_{TP} \cdot S_{H.TP}^2} \cdot \tau + \Delta P_x \cdot n_{TP} \cdot T_\Gamma, \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

$$\Delta W_{T\Sigma} = \frac{18}{6} \cdot \left( \frac{6166,8}{1600} \right)^2 \cdot 3410 + 3,3 \cdot 6 \cdot 8760 = 325417 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

– реактивной энергии:

$$\Delta V_{T\Sigma} = \frac{U_k \cdot S_p^2}{100 \cdot n_{TP} \cdot S_{H.TP}} \cdot \tau + \Delta Q_x \cdot n_{TP} \cdot T_\Gamma, \text{ квар} \cdot \text{ч};$$

$$\Delta V_{T\Sigma} = \frac{5,5 \cdot 6166,8^2}{100 \cdot 6 \cdot 1600} \cdot 3410 + 21 \cdot 6 \cdot 8760 = 1103978 \text{ квар} \cdot \text{ч.}$$

з) Годовые потери энергии в кабелях:

$$\Delta W_{K\Sigma} = \Delta P_{K\Sigma} \cdot \tau = 31,38 \cdot 3410 = 107005,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

$$\Delta V_{K\Sigma} = \Delta Q_{K\Sigma} \cdot \tau = 4,56 \cdot 3410 = 15549,6 \text{ квар} \cdot \text{ч}.$$

**Таким образом, имеем:**

– потери активной мощности в трансформаторах и кабелях:

$$\sum (\Delta P_{K\Sigma} + \Delta P_{T\Sigma}) = 31,38 + 64,37 = 95,75 \text{ кВт};$$

– потери реактивной мощности в трансформаторах и кабелях:

$$\sum (\Delta Q_{K\Sigma} + \Delta Q_{T\Sigma}) = 4,56 + 343,88 = 348,44 \text{ квар};$$

– потери активной энергии за год в трансформаторах и кабелях:

$$\sum (\Delta W_{K\Sigma} + \Delta W_{T\Sigma}) = 107005,8 + 325417 = 432422 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

– потери реактивной энергии за год в трансформаторах и кабелях:

$$\Delta V_{K\Sigma} + \Delta V_{T\Sigma} = 15549,6 + 1103978 = 1119527,6 \text{ квар} \cdot \text{ч}.$$

### **Задание 5**

Задана площадь помещения и установленная мощность силовых электроприемников в нем (табл. 5.1.). Методом коэффициента спроса определить полную расчетную нагрузку силовых и осветительных электроприемников. Определить расчетную нагрузку на шинах РП-10 кВ, от которого питаются механический корпус (п. 3 контрольной работы, учесть осветительную нагрузку) и группа силовых и осветительных электроприемников (табл. 5.1. контрольной работы) с упрощенным учетом потерь мощности в кабелях и цеховых трансформаторах.

Рассчитать годовой расход активной и реактивной энергии потребителя. Время использования максимальной активной нагрузки принять равным 5000 ч.

Таблица 5.1. Исходные данные к заданию 5

№ варианта	Цеха, производства, группы электроприемников	Установленная мощность, кВт	Площадь, м <sup>2</sup>
1.	Металлорежущие станки, мелкосерийного производства	1200	4000
2.	Металлорежущие станки, крупносерийного производства	3150	7800
3.	Дуговые печи цветного металла	1800	18000
4.	Химический цех	2500	15000
5.	Прядильный цех	1350	10000
6.	Крутильный цех	1100	8000
7.	Ткацкий цех	900	8500
8.	Цех регенерации ацетона	1600	12500
9.	Цех холодильных установок	1500	11500
10.	Цех сероочистки	3600	15000
11.	Производство оргстекла	2160	14400
12.	Производство ацетилена	1300	6600
13.	Компрессорная аммиачная	1100	3000
14.	Цех синтеза аммиака	1850	12300
15.	Автоматические линии деревообработки	1450	6900
16.	Цех ДВП	1100	11700
17.	Цех оконных блоков	950	10500
18.	Малярный цех	800	9500
19.	Цех древесной муки	800	9500
20.	Производство извести	2200	14600
21.	Производство керамзита	2600	13000
22.	Электровозное депо	2000	18500
23.	Цех крашения волокна	1150	12800
24.	Производство хромовых кож	850	10500
25.	Комбикормовый цех	1700	16000
26.	Цех обработки кукурузы	1400	12600
27.	Цех обмолота легкой промышленности	1260	8700
28.	Производство гипса	1700	13800
29.	Цех точечной сварки	2900	10000
30.	Дуговые сталеплавильные печи	4050	17000
31.	Прядильно-отделочный цех	2100	13500
32.	Производство капролактана	1960	10700
33.	Цех вулканизации	1845	12300
34.	Цех транспортерных лент	2345	11700
35.	Механизмы сортировки щепы	1050	11900
36.	Цех погонажа	960	12000
37.	Цементные установки	1160	8600
38.	Универсальные швейные машины	800	12050
39.	Печи сопротивления	3650	19650
40.	Арматурное производство	3200	17800

Порядок определения расчетной нагрузки методом коэффициента спроса приведен в [1, с. 38-39; 6, с. 518-521; 7, с. 65; 15, с. 40]. Необходи-



мые значения коэффициента спроса и мощности для соответствующих групп силовых электроприемников даны в [5, с. 79; 9, с. 11–37]. Для осветительной нагрузки коэффициент спроса  $K_{с.осв.}$  принять равным 0,95; удельную плотность нагрузки принять произвольно в пределах 15...30 Вт/м<sup>2</sup>. Суммарные активные и реактивные мощности нагрузки на шинах напряжением выше 1 кВ с упрощенным учетом потерь мощности в кабелях и трансформаторах определяются в соответствии с [13, стр. 111].

Годовой расход активной энергии может быть вычислен в соответствии с [13, стр. 112].

### Пример 5

Методом коэффициента спроса определить полную расчетную нагрузку от силовых и осветительных электроприемников.

Дано: цех сероочистки,  $P_{уст} = 3600$  кВт,  $F = 15000$  м<sup>2</sup>,

$$p_0 = 15 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}, \quad K_{с.осв.} = 0,95.$$

По справочным материалам для цеха сероочистки:  $\cos\varphi = 0,55$  ( $\text{tg}\varphi = 1,52$ ) и  $K_C = 0,67$ .

Тогда:

$$P_p = P_{уст} \cdot K_C = 3600 \cdot 0,67 = 2412 \text{ кВт};$$

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg}\varphi = 2412 \cdot 1,52 = 3662,6 \text{ квар};$$

$$P_{уст.осв.} = p_0 \cdot F = 15 \cdot 15000 \cdot 10^{-3} = 225 \text{ кВт};$$

$$P_{р.осв.} = K_{с.осв.} \cdot P_{уст.осв.} = 0,95 \cdot 225 = 213,75 \text{ кВт},$$

следовательно:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{р.осв.})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(2412 + 213,75)^2 + 3662,6^2} = 5406,6 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Определим расчетную нагрузку на шинах РП-10 кВ, от которой питаются механический корпус и группа силовых и осветительных электроприемников, с упрощенным учетом потерь мощности в кабелях и цеховых трансформаторах (коэффициент совмещения максимумов  $K_0 = 0,95$ ).

Суммарная активная мощность на шинах РП-10 кВ:

$$P_{\Sigma P} = (\sum P_p + \Delta P_T + \Delta P_{л}) \cdot K_0 = (\sum P_p + 0,02 \cdot S_p + 0,03 \cdot S_p) \cdot K_0;$$

$$S_p = \sqrt{(\sum P_p)^2 + (\sum Q_p)^2} = \sqrt{6201^2 + (3662,6 + 3856)^2} = 9746 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

$$\begin{aligned} \sum P_p &= (P_{р.м.к} + P_{р.осв.м.к}) + (P_{р.ц.с.о} + P_{р.осв.ц.с.о}) = \\ &= (3262 + 313) + (2412 + 213,75) = 6201 \text{ кВт}, \end{aligned}$$

тогда

$$P_{\Sigma P} = (6201 + 0,02 \cdot 9746 + 0,03 \cdot 9746) \cdot 0,95 = 6354 \text{ кВт}.$$

Суммарная реактивная мощность на шинах РП-10 кВ (без учета компенсации реактивной мощности):

$$Q_{\Sigma P} = (\Sigma Q_p + \Delta Q_T + \Delta Q_{\text{л}}) \cdot K_0 ;$$

$$\Sigma Q_p = Q_{\text{р.м.к}} + Q_{\text{р.ц.с.о.}} = 3856 + 3662,6 = 7518,6 \text{ квар};$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_p = 0,1 \cdot 9746 = 974,6 \text{ квар};$$

$$Q_{\Sigma P} = (7518,6 + 974,6) \cdot 0,95 = 8068,5 \text{ квар}.$$

Суммарная мощность на шинах РП-10 кВ:

$$S_{\Sigma P} = \sqrt{6354^2 + 8068,5^2} = 10270 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Рассчитаем годовой расход активной и реактивной энергии по вводу РП-10 кВ. Время использования максимальной активной и реактивной нагрузки принимаем равным 5000 ч.

Годовой расход электроэнергии:

– активной:  $W_{\Gamma} = P_{\Sigma P} \cdot T_M = 6354 \cdot 5000 = 31770 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч};$

– реактивной:  $V_{\Gamma} = Q_{\Sigma P} \cdot T_M = 8068,5 \cdot 5000 = 40342,5 \text{ тыс. квар} \cdot \text{ч}.$

## Рекомендуемая литература

### *Основная*

1. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
2. Федоров А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. М.: Энергия, 1972. – 416 с.
3. Волобринский С.Д. Электрические нагрузки и балансы промышленных предприятий. М.: Энергия, 1976. – 128 с.
4. Ус А.Г., Алферова Т.В. Расчет электрических нагрузок промышленных предприятий. Практическое пособие для студентов специальности т.01.01. Электроэнергетика. М/ук. 2539. Ротапринт. Гомель, 2001.
5. Ус А.Г., Евминов Л.И. Электроснабжение промышленных предприятий и гражданских зданий: Учебное пособие. – Мн.: «Пион», 2002. – 457 с.

### *Дополнительная*

6. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР, М.: Энергоатомиздат, 1986. – 647 с.
7. Мукосеев У.Л. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Энергия, 1973. – 584 с.
8. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Под общей редакцией А.А. Федорова и Г.В. Сербиновского. Кн. I. Проектно-расчетные сведения. М.: Энергия, 1973. – 520 с.
9. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Под общей ред. А.А. Федорова и Г.В. Сербиновского. Кн. 2. Технические сведения об оборудовании. М.: Энергия, 1973. – 528 с.
10. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчёт / А.С. Овчаренко, М.Л. Рябинович и др. К.: Техн., 1985. – 279 с.
11. Справочник по проектированию электроснабжения, линий электропередачи и сетей. Под ред. Я.М. Большана и др. М.: Энергия, 1974. – 696 с.
12. Ермилов А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1983. – 208 с.
13. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Энергия, 1981. – 431 с.
14. Федоров А.А., Ристхейн Э.М. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Энергия, 1981. – 360 с.
15. Дирацу В.С. и др. Электроснабжение промышленных предприятий. К.: Высш. шк., 1974. – 280 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Общие методические указания.....	3
2. Рабочая программа и методические указания к темам курса.....	4
3. Контрольная работа.....	6
Рекомендуемая литература.....	27

**ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

**Методические указания  
и задания к контрольной работе  
по одноименному курсу для студентов  
специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение»  
заочной формы обучения**

Авторы-составители: **Токочакова** Надежда Владимировна,  
**Колесник** Юрий Николаевич

Подписано в печать 16.06.06.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Цифровая печать. Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,97.  
Изд. № 178.

E-mail: [ic@gstu.gomel.by](mailto:ic@gstu.gomel.by)  
<http://www.gstu.gomel.by>

Отпечатано на МФУ XEROX WorkCentre 35 DADF  
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.  
Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого».  
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.