Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

М. С. Харитонов

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА ПРОМЫШЛЕННЫХ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по выполнению контрольной работы для студентов магистратуры по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника / Electrical Power Engineering and Electrical Engineering

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2023

УДК 631.371

Рецензент
кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»
И.Е. Кажекин

Харитонов, М. С.

Электроэнергетика промышленных и распределительных сетей: учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по выполнению контрольной работы по дисциплине «Electrical Power Engineering of Industrial and Distribution Networks / Электроэнергетика промышленных и распределительных сетей» для студ. магистратуры по направлению подгот. 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника / Electrical Power Engineering and Electrical Engineering / **М. С. Харитонов**. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 30 с.

В учебно-методическом пособии по выполнению контрольной работы представлены методика расчета и пример выполнения контрольной работы по дисциплине «Electrical Power Engineering of Industrial and Distribution Networks/ Электроэнергетика промышленных и распределительных сетей», а также необходимый справочный материал. Контрольная работа предназначена для практического закрепления теоретического материала по соответствующей дисциплине и развития необходимых умений и навыков.

Рис. – 1, табл. – 15, список литературы – 15 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 28.06.2023 г., протокол № 10

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2023 г.
© Харитонов М. С., 2023 г.

Оглавление

Введение 4
Критерии и нормы оценки контрольной работы 6
Задания к контрольной работе с примерами решения 7
1.1 Задание № 1 «Построение и расчет параметров группового графика электрической нагрузки» 7
1.2 Пример решения задания № 1 9
2.1 Задание № 2 «Определение расчетной электрической нагрузки группы электроприемников методом упорядоченных диаграмм» 12
2.2 Пример решения задания № 2 13
3.1 Задание № 3 «Определение расчетной электрической нагрузки корпуса предприятия на низком и среднем напряжении по РТМ 36.18.32.4-92» 14
3.2 Пример решения задания № 3 14
4.1 Задание № 4 «Расчет потерь активной мощности и энергии в фрагменте системы электроснабжения промышленного предприятия» 17
4.2 Пример решения задания № 4 17
5.1 Задание № 5 «Определение полной расчетной нагрузки от силовых и осветительных электроприемников методом коэффициента спроса» 19
5.2 Пример решения задания № 5 20
Библиографический список 22
Приложение А. Образец титульного листа контрольной работы 23
Приложение Б. Материалы к заданию 3 24

Введение

Дисциплина «Electrical Power Engineering of Industrial and Distribution Networks / Электроэнергетика промышленных и распределительных сетей» формирует у обучающихся готовность к пониманию принципов электроснабжения, а также использованию системы знаний, умений и навыков в области методов расчёта параметров систем электроснабжения с использованием современных достижений науки и техники, также международного и отечественного опыта в этой области.

Целью освоения дисциплины является формирование является формирование систематизированных знаний, умений и навыков в области электроэнергетики промышленных и распределительных сетей в части общих принципов, структуры, устройства, функционирования и эксплуатации систем электроснабжения.

Задачи изучения дисциплины:

− изучение особенностей функционирования систем электроснабжения и способов организации электроснабжения потребителей;

− освоение методов моделирования систем электроснабжения;

− приобретение навыков расчета элементов систем электроснабжения и параметров их режимов;

− приобретение навыков контроля и управления режимом систем электроснабжения в целях обеспечения заданных параметров.

По завершении изучения дисциплины «Electrical Power Engineering of Industrial and Distribution Networks / Электроэнергетика промышленных и распределительных сетей» у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

знать: методы и практические приемы расчета электрических нагрузок отдельных элементов промышленных и распределительных сетей, методы выбора и расстановки компенсирующих и регулирующих устройств; мероприятия по снижению потерь электрической энергии;

уметь: рассчитывать интегральные характеристики режимов, показатели качества электроэнергии, показатели уровня надежности электроснабжения; составлять расчетные схемы замещения для расчета интегральных характеристик режимов, показателей качества электроэнергии, надежности;

владеть: навыками практического выбора параметров оборудования систем электроснабжения и выбора параметров регулирующих и компенсирующих устройств, схем электроснабжения объектов различного назначения.

Целью выполнения контрольной работы, приведенной в данном учебно-методическом пособии, является закрепление и контроль теоретических знаний, развитие умений и практических навыков, полученных при изучении

теоретических разделов дисциплины «Electrical Power Engineering of Industrial and Distribution Networks / Электроэнергетика промышленных и распределительных сетей». Решение задач, включенных в контрольную работу, является одним из основных методов усвоения учебного материала, который позволяет студенту приобрести необходимые практические навыки.

Конкретными задачами выполнение работы являются:

- получение основных сведений о методиках проведения анализа графиков электрических нагрузок;
- получение навыков использования основных расчетных методов определения электрических нагрузок;
- получение навыка обобщения теоретических знаний, полученных при изучении данного курса;
- получение навыка использовании справочной литературы и директивных материалов.

Данное учебно-методическое пособие разработано с учетом содержания лекционного курса «Electrical Power Engineering of Industrial and Distribution Networks / Электроэнергетика промышленных и распределительных сетей». Для ознакомления с теоретической частью курса, необходимой для корректного выполнения контрольной работы, следует обратиться к учебно-методическому пособию по изучению дисциплины и иным рекомендованным источникам.

Контрольная работа включает пять заданий в области расчета электрических нагрузок, потерь электрической энергии и параметров электропотребления системы электроснабжения промышленного предприятия.

По каждому заданию в пособии выполнена постановка задачи, приведены варианты исходных данных для расчета и рассмотрен пример решения задания. При необходимости даны ссылки на справочную литературу.

Все задания контрольной работы оформляются единым документом с общим титульным листом (приложение А). Оформленная контрольная работа должна включать следующие структурные элементы: титульный лист, оглавление, введение, основную расчетную часть из пяти заданий, заключение.

Во введении осуществляется постановка задачи контрольной работы, а также обосновывается актуальность (необходимость) проведения подобных расчетов в системах электроснабжения. Перечисляются основные методы, применяемые при расчете электрических нагрузок.

В заключении подводится итог по проделанной работе, обосновывается использование конкретных расчетных методов и приводятся краткие сведения по использованным методам. Кратко описываются полученные результаты и приводятся выводы по результатам расчетов.

Критерии и нормы оценки контрольной работы

Завершенная контрольная работа должна быть представлена преподавателю на проверку в печатном виде. В контрольной работе проверяются: правильность выбора исходных данных, ход и результаты выполненных расчетов, полнота и качество оформления работы. После проверки расчетной части контрольной работы преподаватель дает краткий отзыв о качестве выполнения работы и заключение о допуске или недопуске работы к защите. При наличии существенных недостатков контрольная работа возвращается студенту и должна быть им доработана, а после повторно представлена для проверки.

Оценка «зачтено» по результатам выполнения контрольной работы выставляется при следующих условиях:

– методика и порядок расчета верные.

– ошибки отсутствуют, либо имеются несущественные вычислительные ошибки.

– имеются вычислительные ошибки, обусловленные невнимательностью при расчетах, которые не привели к существенному искажению результата.

– имеются незначительные ошибки в методологии, ошибки в промежуточных расчетах или выборе коэффициентов, обусловленные неполным пониманием принципа расчета, при этом конечный результат имеет приемлемые отклонения.

Оценка «не зачтено» выставляется если при расчетах применена неверная методология, нарушен порядок расчета, имеется серьезная системная ошибка, обусловленная непониманием принципа расчета и приведшие к ошибочному результату.

Завершенная контрольная работа подлежит защите в форме устного ответа на вопросы. Целью устной защиты является проверка понимания решаемых задач и самостоятельности при выполнении работы. Вопросы к устной защите контрольной работы ограничиваются описанием хода решения, а также интерпретацией полученных результатов и не выходят за рамки заданий. В случае уверенных ответов на вопросы преподавателя выставляется отметка «зачтено», и контрольная работа считается полностью принятой.

Студенты, не представившие контрольные работы или получившие на защите оценку «не зачтено», не допускаются к промежуточной аттестации по дисциплине «Electrical Power Engineering of Industrial and Distribution Networks / Электроэнергетика промышленных и распределительных сетей».

Задания к контрольной работе с примерами решения

1.1 Задание № 1 «Построение и расчет параметров группового графика электрической нагрузки»

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

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

Таблица 1.2 – Данные по сменной нагрузке электроприемников

№ ЭП	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 электроприемников

№ ЭП	$p_н$, кВт	$s_н$, кВ·А	$Cos\varphi_н$	$\eta_н$,%	$i_п/i_н$, 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

Продолжение таблицы 1.3

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 слагается из индивидуальных графиков путем суммирования соответствующих ординат.

1.2 Пример решения задания № 1

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

Таблица 1.4 – Исходные данные нагрузки группы электроприемников

№ ЭП	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
Итого, кВт	**79**	**136,7**	**105,2**	**82**	**30,6**	**36**	**82,8**	**37,5**	**73,73**

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

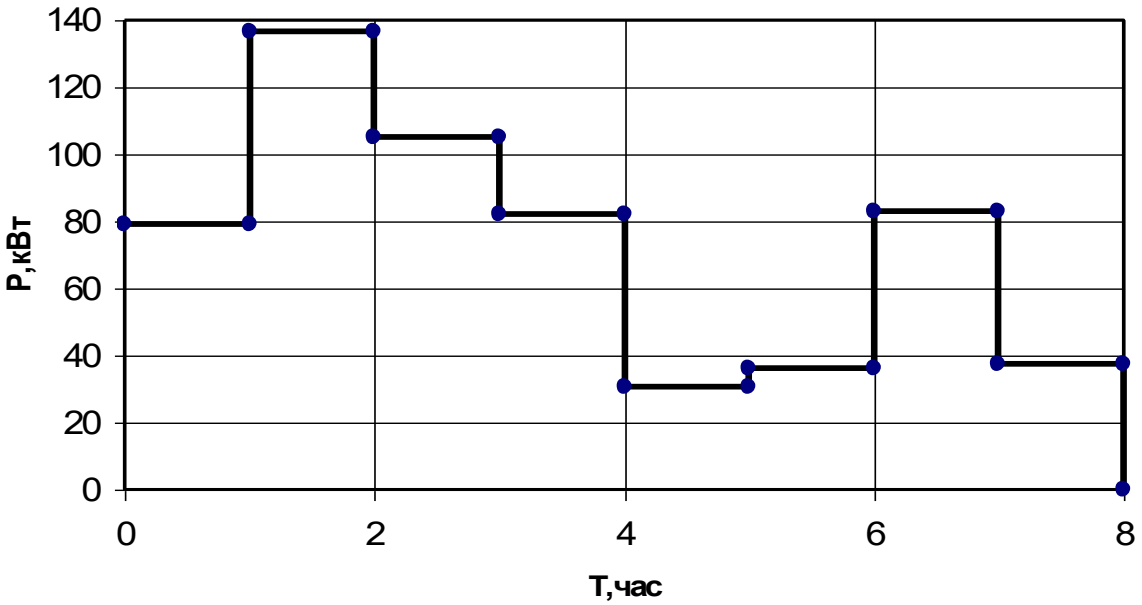

Рисунок 1.1 – График нагрузки заданной группы электроприемников

Таблица 1.5 – Номинальные данные электроприемников группы

№ электроприемника	$p_н$, кВт	$s_н$, кВт	$cos\varphi_н$	$\eta_н$, %	$i_п/i_н$
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
Итого:	192,2				

Определяем параметры группового графика нагрузки:

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

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

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

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

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

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

1.2. Средняя нагрузка за смену для данного группового графика:

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

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

1.3. Среднеквадратичная нагрузка данного группового графика:

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

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

1.4. Находим безразмерные показатели группового графика:

а) Групповой коэффициент использования:

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

б) Коэффициент максимума:

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

в) Коэффициент спроса:

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

г) Коэффициент заполнения графика:

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

д) Коэффициент формы графика:

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

е) Групповой коэффициент загрузки:

$$K_з = \frac{K_и}{K_в} = \frac{0{,}38}{1}, \quad \text{где } K_в = \frac{t_{работы}}{t_{работы} + t_{паузы}} = \frac{8}{8} = 1.$$

1.5. Определяем пиковый ток:

$$I_{пик} = i_{п.м} + (I_м - k_и \cdot i_{нм}),$$

где $i_{п.м}$ – наибольший из пусковых токов двигателей в группе;

$I_м$ – максимальный ток группы электроприемников;

$i_{нм}$ – номинальный ток электродвигателя с наибольшим пусковым током;

$k_и$ – коэффициент использования мощности электродвигателя с наибольшим пусковым током.

Номинальный ток i-го электроприемника определяется по выражению:

$$i_{нi} = \frac{p_{нi}}{\sqrt{3} \cdot U_н \cdot \eta_{нi} \cdot \cos\varphi_{нi}}, \text{ А},$$

для электроприемника № 10 составит:

$$i_{н10} = \frac{45000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}925 \cdot 0{,}89} = 83{,}14 \text{ А}.$$

Для других электроприемников:

$i_{н11}$ = 98,9 А; $i_{н19}$ = 4,1 А; $i_{н20}$ = 61,7 А; $i_{н26}$ = 137 А.

Пусковые токи электроприемников: $i_{пi} = i_{нi} \cdot \frac{i_{пi}}{i_{нi}}$, А;

$i_{п10}$ = 83,14·7,5 = 623,55 А, для остальных приемников группы:
$i_{п11}$ = 346,15 А; $i_{п19}$ = 18,45 А; $i_{п20}$ = 123,4 А; $i_{п26}$ = 1027,5 А.

Определим $k_и$ приемника № 26 с максимальным пусковым током:

$$k_и = \frac{p_{ср}}{p_н} = \frac{33,5}{75} = 0,447,$$

где: $p_{ср26} = \frac{44+71+56+23+18+0+36+20}{8} = 33,5$ кВт;

$p_{ном26}$ = 75 кВт из таблицы 1.5.

Максимальный ток группы электроприемников:

$$I_м = \frac{P_{мах}}{\sqrt{3} \cdot \cos\varphi_{ср.взв.} \cdot U_{ном}} = \frac{137,6}{\sqrt{3} \cdot 0,6 \cdot 0,38} = 348,4 \text{ А}.$$

Определим пиковый ток группы электроприемников:

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

2.1 Задание № 2 «Определение расчетной электрической нагрузки группы электроприемников методом упорядоченных диаграмм»

Исходя из указанных в таблицах 2.1 и 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	$p_{ном}$, кВт	$k_и$	cosφ	$i_{ном}$, А	$i_п/i_{ном}$
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	Револьверные станки	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 таблице 2.1., вторая – количество 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

2.2 Пример решения задания № 2

Определим расчетные электрические нагрузки группы металлообрабатывающих станков методом упорядоченных диаграмм [4]. Состав группы: 4 электроприемника с $p_н$ = 5,5 кВт (шлифовальные станки), 2 электроприемника с $p_н$ = 5,5 кВт (заточные станки), 1 электроприемник с $p_н$ = 3 кВт (расточной станок), 3 электроприемника с $p_н$ = 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:

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

Определим групповой коэффициент использования:

$$К_и = \frac{\sum p_{нi} \cdot k_{иi}}{\sum p_{нi}} = \frac{4 \cdot 5{,}5 \cdot 0{,}16 + 2 \cdot 5{,}5 \cdot 0{,}16 + 3 \cdot 0{,}16 + 3 \cdot 4 \cdot 0{,}16}{48} = 0{,}16 .$$

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] интерполируя, находим коэффициент расчетной активной нагрузки

группы электроприемников в зависимости от группового коэффициента использования и эффективного числа электроприемников:

$K_р = f(0{,}16; 9{,}66) = 1{,}63$.

Активная расчетная нагрузка составит:

$P_р = K_и \cdot K_р \cdot P_{уст} = 0{,}16 \cdot 1{,}63 \cdot 48 = 12{,}5$ кВт.

По формуле [4] определяем расчетную реактивную нагрузку:

$$Q_р = K_р^{/} \cdot Q_{см} = 1{,}1 \cdot (4 \cdot 5{,}5 \cdot 0{,}16 \cdot 0{,}62 + 2 \cdot 5{,}5 \cdot 0{,}16 \cdot 0{,}62 + 3 \cdot 0{,}16 \cdot 0{,}67 + 3 \cdot 4 \cdot 0{,}16 \cdot 0{,}65) =$$
$$= 5{,}32 \text{ квар},$$

Полная расчетная мощность, кВ·А:

$S_р = \sqrt{P_р^2 + Q_р^2} = \sqrt{12{,}5^2 + 5{,}32^2} = 13{,}6$ кВ · А.

Расчетный ток: $I_р = \dfrac{S_р}{\sqrt{3} \cdot U_н} = \dfrac{13{,}6}{\sqrt{3} \cdot 0{,}38} = 20{,}7$ А.

Пиковый ток группы электроприемников составит:

$I_п = 93{,}75 + 20{,}7 - 12{,}5 \cdot 0{,}16 = 112{,}45$ А.

3.1 Задание № 3 «Определение расчетной электрической нагрузки корпуса предприятия на низком и среднем напряжении по РТМ 36.18.32.4-92»

Исходя из указанных в приложении Б исходных данных для групп электроприемников механического корпуса промышленного предприятия определить согласно указаниям руководящего материала РТМ 36.18.32.4-92 расчетную электрическую нагрузку цеха на напряжении до 1 кВ (380 В) и на напряжении выше 1 кВ (10 кВ). Исходные данные для каждого варианта задания приведены в двух таблицах Б.1 и Б.2. Результаты расчета электрических нагрузок цеха представить по форме Ф636-92 в виде таблицы 3.2.

3.2 Пример решения задания № 3

Согласно указаниям руководящего материала РТМ 36.18.32.4-92 определим расчётную нагрузку механического цеха на напряжении 380 В и 10 кВ по исходным данным, приведенным в таблице 3.1.

1. Находим установленную мощность электроприемников цеха:

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

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

$$K_и = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_{нi} \cdot k_{иi}}{P_{уст}} =$$

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

Таблица 3.1 – Исходные данные для расчёта нагрузки

Характеристика нагрузки	n, ед.	$P_н$, кВт	$P_{н\,min}$, кВт	$P_{н\,max}$, кВт
Металлорежущие станки мелкосерийного производства	80	850	5	40
Металлорежущие станки крупносерийного производства	230	750	0,5	10
Вентиляторы	20	400	5	30
Насосы, компрессоры	15	2200	10	200
Тельферы	60	600	5	40
Сварочные машины шовной сварки (мощность дана в кВ·А)	30	500	10	40
Элеваторы, конвейеры сблокированные	100	1800	10	40
Площадь цеха, м^2	98000			

3. Эффективное число электроприёмников (по упрощенной формуле):

$$n_э = \frac{2 \cdot P_{уст}}{P_{н\,max}} = \frac{2 \cdot 7000}{200} = 70.$$

4. По таблице А.3 находим коэффициент расчетной нагрузки для расчета нагрузки на напряжении 380 В (постоянная времени нагрева То=2,5 ч):

$$К_р = f(К_и, n_э) = f(0{,}466;\ 70) = 0{,}7.$$

5. Определим активную расчетную нагрузку:

$$P_р = К_р \cdot К_и \cdot P_{уст} = 0{,}7 \cdot 0{,}466 \cdot 7000 = 2283{,}4\ кВт.$$

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

$$Q_р = P_р \cdot tg\varphi_{ср.взв.} = P_р \cdot \frac{\sum_{i=1}^{n} Pнi \cdot tg\varphi i}{P_{уст}} =$$

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

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

7. Определяем полную расчетную нагрузку:

$$S_р = \sqrt{P_р^2 + Q_р^2}\ ;$$

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

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

$$I_р = \frac{S_р}{\sqrt{3} U_н}\ ;$$

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

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

$$К_р = 1.$$

10. Активная расчетная нагрузка с учетом значения $К_о$ по таблице Б.4:

$$P_p = K_o \cdot K_u \cdot P_{уст} = 0,95 \cdot 0,466 \cdot 7000 = 3099 \text{ кВт.}$$

11. Расчетная реактивная нагрузка цеха на напряжении 10 кВ:

$$Q_p = P_p \cdot tg\phi_{ср.взв.} = 3099 \cdot 1,18 = 3657 \text{ квар.}$$

12. Полная расчетная нагрузка:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{3099^2 + 3657^2} = 4793 \text{ кВ·А.}$$

13. Расчетный ток механического цеха на напряжении 10 кВ:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_н} = \frac{4793}{\sqrt{3} \cdot 10} = 282 \text{ А.}$$

Результаты расчетов представляются в виде таблицы 3.2.

Таблица 3.2 – Расчетные нагрузки механического корпуса до 1 кВ

Наименование электро-приемника	Кол-во, N, шт.	$P_н$, кВт	$p_{н.мах}$, кВт	$К_и$	tgφ	$n_э$, шт.	$К_р$ (380 В) / $К_о$ (10 кВ)	Расчетная нагрузка			$I_р$,А
								$P_р$, кВт	$Q_р$, квар	$S_р$, 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 380 В	535	7000	200	0,46	1,18	70	0,7	2283,4	2699,6	3536	5372
Итого по цеху 10 кВ	535	7000	200	0,46	1,18		0,95	3099	3657	4793	282

<u>Примечание:</u> *Мощность сварочных электроустановок указана в кВ·А.

4.1 Задание № 4 «Расчет потерь активной мощности и энергии в фрагменте системы электроснабжения промышленного предприятия»

Определить потери активной мощности и годовые потери активной энергии в фрагменте системы электроснабжения промышленного предприятия, 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 для задания 4

Номер варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Марка трансформатора	ТМ 400	ТМ 630	ТМ 1000	ТМ 1600	ТМ 2500	ТСЗ 400	ТСЗ 630	ТСЗ 1000	ТСЗ 1600	ТСЗ 2500
Количество трансформаторов	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
$U_{ВН}$, кВ	6	6	10	10	10	10	10	10	10	10
$U_{НН}$, кВ	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Sм, 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
$T_М$, ч	3000	3500	4000	4500	5000	3000	3500	4000	4500	5000

4.2 Пример решения задания № 4

Определить потери активной 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 $S_Р$ = 6166,8 кВ·А.

а) Для расчета потерь в трансформаторах воспользуемся каталожными данными:

Тип трансформатора	U_k %	ΔP_k кВт	$\Delta P_х$ кВт	$I_{хх}$ %	$\Delta Q_х$ квар
ТМ 1600/10	5,5	18	3,3	1,3	21

Потери в трансформаторах составят:

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

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

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

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

Следовательно, потери мощности во всех кабелях составят:

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

в) Годовые потери электроэнергии в трансформаторах:

$$\Delta W = \Delta W_м + \Delta W_{ст},$$

где $\Delta W_м$ - потери в меди трансформатора (обмотки):

$$\Delta W_м = \Delta P_м \left(\frac{S_p}{S_{н.тр}} \right)^2 \cdot \tau;$$

$\Delta W_{ст}$ - потери в стали трансформатора (магнитопровод):

$$\Delta W_{ст} = \Delta P_{ст} \cdot T_г;$$

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

Годовые потери во всех трансформаторах:

$$\Delta W_{T\Sigma} = \frac{\Delta P_K \cdot S_p^2}{N_{тр} \cdot S^2{}_{н.тр}} \cdot \tau + \Delta P_x \cdot N_{тр} \cdot T_г, \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

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

г) Годовые потери энергии в кабелях:

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

Таким образом, имеем:

– потери активной мощности в трансформаторах и кабелях:

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

– потери активной энергии за год в трансформаторах и кабелях:

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

5.1 Задание № 5 «Определение полной расчетной нагрузки от силовых и осветительных электроприемников методом коэффициента спроса»

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 (используются данные задания 3 при учете осветительной нагрузки) и группа силовых и осветительных электроприемников (таблица 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

Номер варианта	Цеха, производства, группы электроприемников	Установленная мощность, кВт	Площадь, $м^2$
1	2	3	4
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

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4
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
34	Цех вулканизации	1845	12300
35	Цех транспортных лент	2345	11700
36	Механизмы сортировки цепы	1050	11900
37	Цех погонажа	960	12000
38	Цементные установки	1160	8600
39	Универсальные швейные машины	800	12050
40	Печи сопротивления	3650	19650

Порядок определения расчетной нагрузки методом коэффициента спроса приведен в [1, 6, 7]. Необходимые значения коэффициента спроса и мощности для соответствующих групп силовых электроприемников даны в [5, 9]. Для осветительной нагрузки коэффициент спроса $К_{с.осв.}$ принять равным 0,95; удельную плотность нагрузки принять произвольно в пределах 15...30 Вт/м^2. 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 [2]. Годовой расход активной энергии может быть вычислен в соответствии с [2].

5.2 Пример решения задания № 5

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

Дано: Цех сероочистки, $P_{уст} = 3600$ кВт, $F = 15000$ м^2,

$$p_0 = 15\,{}^{Вт}\!/_{м^2}, \quad К_{с.осв} = 0{,}95.$$

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

Тогда:

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

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

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

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

следовательно:

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

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 $K_о = 0{,}95$).

Суммарная активная мощность на шинах РП-10 кВ:

$$P_{\Sigma P} = (\sum P_р + \Delta P_Т + \Delta P_л) \cdot K_о = (\sum P_р + 0{,}02 \cdot S_р + 0{,}03 \cdot S_р) \cdot K_о;$$

$$Sp = \sqrt{(\sum P_р)^2 + (\sum Q_р)^2} = \sqrt{6201^2 + (3662{,}6 + 3856)^2} = 9746 \text{ кВ·А},$$

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

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):

$$Q_{\Sigma P} = (\sum Q_р + \Delta Q_Т + \Delta Q_л) \cdot Ко;$$

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

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

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

Суммарная мощность на шинах РП-10 кВ:

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

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: $W_Г = P_{\sum р} \cdot T_М = 6354 \cdot 5000 = 31770$ тыс. кВт·ч;

– реактивной: $V_Г = Q_{\sum р} \cdot T_М = 8068{,}5 \cdot 5000 = 40342{,}5$ тыс. квар·ч.

Библиографический список

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.
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 обшей 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. Рабинович и др. 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.

Приложение А. Образец титульного листа контрольной работы

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт морских технологий, энергетики и строительства
Кафедра энергетики

Зачтено с отметкой _____
Дата защиты _____
Преподаватель _____

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине «Electrical Power Engineering of Industrial and Distribution Networks/ Электроэнергетика промышленных и распределительных сетей»

КНТ.22.13.03.02.XX ПЗ

Работу выполнил:
студент гр. XX-ЭЭм
Иванов И.И.

Калининград
20XX

Приложение Б. Материалы к заданию 3

Таблица Б.1 – Исходные данные к заданию 3 (часть 1)

Номер варианта	Металлорежущие станки мелкосерийного производства		То же, крупносерийного производства		Вентиляторы		Насосы, компрессоры	
	$\frac{n}{P_н}$	$\frac{P_{н\,min}}{P_{н\,max}}$	$\frac{n}{P_н}$	$\frac{P_{н\,min}}{P_{н\,max}}$	$\frac{n}{P_н}$	$\frac{P_{н\,min}}{P_{н\,max}}$	$\frac{n}{P_н}$	$\frac{P_{н\,min}}{P_{н\,max}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$\frac{75}{120}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{90}{1650}$	$\frac{10}{120}$	$\frac{20}{160}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{35}{2000}$	$\frac{10}{300}$
2	$\frac{120}{450}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{35}{1300}$	$\frac{10}{60}$	$\frac{40}{1300}$	$\frac{5}{120}$	$\frac{40}{230}$	$\frac{5}{20}$
3	$\frac{320}{3000}$	$\frac{5}{80}$	$\frac{25}{500}$	$\frac{10}{30}$	$\frac{65}{1100}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{15}{980}$	$\frac{10}{100}$
4	$\frac{30}{540}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{160}{2200}$	$\frac{5}{80}$	$\frac{65}{250}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{75}{1000}$	$\frac{5}{100}$
5	$\frac{250}{1200}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{45}{350}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{130}{700}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{45}{620}$	$\frac{10}{50}$
6	$\frac{35}{320}$	$\frac{3}{80}$	$\frac{230}{750}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{65}{500}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{15}{2200}$	$\frac{10}{200}$
7	$\frac{80}{850}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{90}{400}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{20}{400}$	$\frac{5}{30}$	$\frac{45}{300}$	$\frac{5}{40}$
8	$\frac{240}{2300}$	$\frac{10}{70}$	$\frac{25}{450}$	$\frac{10}{80}$	$\frac{100}{540}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{65}{400}$	$\frac{5}{20}$
9	$\frac{300}{3000}$	$\frac{3}{80}$	$\frac{120}{700}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{50}{80}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{40}{300}$	$\frac{0,5}{40}$
10	$\frac{130}{640}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{50}{350}$	$\frac{0,5}{15}$	$\frac{120}{1000}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{70}{400}$	$\frac{5}{20}$
11	$\frac{75}{120}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{35}{1300}$	$\frac{10}{60}$	$\frac{20}{160}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{40}{230}$	$\frac{5}{20}$
12	$\frac{120}{450}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{90}{1650}$	$\frac{10}{120}$	$\frac{40}{1300}$	$\frac{5}{120}$	$\frac{35}{2000}$	$\frac{10}{300}$
13	$\frac{320}{3000}$	$\frac{5}{80}$	$\frac{35}{1300}$	$\frac{10}{60}$	$\frac{65}{1100}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{40}{230}$	$\frac{5}{20}$
14	$\frac{120}{450}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{25}{500}$	$\frac{10}{30}$	$\frac{40}{1300}$	$\frac{5}{120}$	$\frac{15}{980}$	$\frac{10}{100}$
15	$\frac{30}{500}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{45}{350}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{65}{520}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{45}{620}$	$\frac{10}{50}$
16	$\frac{250}{12000}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{160}{2200}$	$\frac{5}{80}$	$\frac{130}{700}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{75}{1000}$	$\frac{5}{100}$
17	$\frac{30}{540}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{25}{500}$	$\frac{10}{30}$	$\frac{65}{520}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{15}{980}$	$\frac{10}{100}$
18	$\frac{230}{1250}$	$\frac{1,5}{30}$	$\frac{230}{750}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{135}{750}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{15}{2200}$	$\frac{10}{200}$
19	$\frac{35}{820}$	$\frac{3}{80}$	$\frac{45}{350}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{65}{550}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{45}{650}$	$\frac{10}{50}$
20	$\frac{80}{850}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{230}{750}$	$\frac{0,5}{10}$	$\frac{20}{400}$	$\frac{5}{30}$	$\frac{15}{2200}$	$\frac{10}{200}$

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	40/900	3/80	90/400	1/15	70/550	5/20	50/350	5/40
22	240/2400	8/70	30/500	10/80	110/500	1/10	70/450	5/20
23	70/800	5/40	25/450	10/80	20/400	5/30	70/400	5/20
24	300/3000	3/80	30/500	10/80	50/180	1/10	65/400	5/20
25	250/2400	8/70	120/700	1/20	100/550	1/10	40/300	0,5/40
26	130/650	1/80	150/800	1/20	120/1000	1/30	35/300	0,5/40
27	240/2400	7/70	120/750	1/20	50/80	1/5	70/350	0,5/40
28	75/1200	5/40	50/350	0,5/15	20/160	1/20	70/400	5/20
29	150/700	1/80	35/130	10/60	120/1000	1/30	40/250	5/20
30	120/500	1/20	40/1350	10/60	40/1300	5/120	40/300	5/20
31	80/1500	5/40	90/1700	10/120	20/180	1/20	35/2000	10/300
32	320/3000	5/80	90/1650	10/120	65/1100	1/50	40/2200	10/300
33	120/500	1/20	40/1350	10/60	40/1300	5/120	40/350	5/20
34	30/500	5/50	25/500	10/30	65/550	5/20	15/1000	10/100
35	115/500	1/20	45/350	1/20	40/1350	5/120	50/650	10/50
36	250/1250	1/30	50/400	1/20	1300/700	0,5/10	45/620	10/50
37	30/540	5/50	160/2200	5/80	65/520	5/20	75/1000	5/100
38	50/550	5/50	230/750	0,5/10	70/550	5/20	15/220	10/200
39	220/1250	1,5/30	25/500	10/30	130/750	0,5/10	15/980	10/100
40	40/850	3/80	250/800	0,5/10	65/600	5/20	20/2300	10/200
41	230/1200	1,5/30	45/350	1/20	135/800	0,5/10	45/650	10/50
42	90/850	5/40	90/400	1/15	20/400	5/30	50/350	5/40
43	40/900	3/80	230/750	0,5/10	70/560	5/20	15/2100	10/200
44	240/2400	10/70	85/370	1/15	110/570	1/10	50/360	5/40

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	50/950	3/80	90/580	1/15	70/550	5/20	45/400	5/40
46	70/850	5/40	30/500	10/80	20/400	5/30	70/450	5/20
47	300/3100	3/80	120/700	1/20	50/190	1/10	40/350	0,5/40
48	260/2450	10/70	35/350	10/80	100/600	1/10	65/450	5/20
49	150/700	1/80	150/750	1/20	120/1000	1/30	40/320	0,5/40
50	230/2350	10/70	150/800	1/20	120/560	1/10	35/300	0,5/40

В таблицах применены обозначения: n – общее число электроприемников данной группы; $P_н$ $(S_н)$ – суммарная установленная мощность всех электроприемников данной группы, кВт (кВ·А); $P_{н\ min}$ $(S_{н\ min})$ – наименьшая установленная мощность электроприемника в группе, кВт (кВ·А); $P_{н\ max}$ $(S_{н\ max})$ – наибольшая установленная мощность электроприемника в группе, кВт (кВ·А).

Таблица Б.2 – Исходные данные к заданию 3 (часть 2)

Номер варианта	Тельферы		Сварочные машины шовной сварки (мощность в кВ·А)		Элеваторы, конвейеры сблокированные		Площадь цеха, м^2
	n / $P_н$	$P_{н\ min}$ / $P_{н\ max}$	n / $P_н$	$P_{н\ min}$ / $P_{н\ max}$	n / $P_н$	$P_{н\ min}$ / $P_{н\ max}$	
1	10	11	12	13	14	15	16
1	80/300	3/30	30/500	10/50	300/2400	3/20	100000
2	45/250	2/20	60/700	10/40	250/3000	3/20	75000
3	25/300	5/30	40/400	10/50	200/640	3/5	125000
4	70/1100	5/50	45/580	10/40	50/400	3/20	80000
5	65/800	10/50	100/2100	10/50	55/600	3/20	90000
6	30/220	5/40	80/900	10/40	34/1000	3/50	110000
7	60/600	5/40	30/450	10/40	100/1700	10/40	95000
8	80/2000	10/300	100/1700	10/40	60/1250	3/100	125000
9	35/250	2/40	90/1500	10/50	30/250	3/20	90000
10	120/1100	5/50	50/630	10/40	55/2800	3/100	85000

Продолжение таблицы Б.2

1	10	11	12	13	14	15	16
11	80/300	3/30	30/500	10/50	250/3000	3/20	80000
12	45/250	2/20	60/700	10/40	300/2400	3/20	110000
13	25/300	5/30	40/400	80/50	250/3000	3/20	73000
14	45/250	2/20	60/700	10/40	200/640	3/5	78000
15	70/1100	5/50	80/900	10/40	55/600	3/20	95000
16	65/800	10/50	100/2100	10/50	50/400	3/20	93000
17	70/1100	5/50	45/580	10/40	200/640	3/5	103000
18	70/800	10/50	100/2100	10/55	30/1000	3/50	115000
19	35/280	5/40	70/950	10/40	60/650	3/20	97000
20	60/600	5/40	30/500	10/40	100/1800	10/40	98000
21	25/250	5/40	75/900	10/40	100/1600	10/40	110000
22	70/2000	10/300	100/1800	10/40	50/1000	3/100	120000
23	60/650	5/40	30/550	10/40	60/1300	3/100	115000
24	35/250	2/40	30/450	10/40	60/1250	3/100	112000
25	80/2000	10/300	100/1750	10/40	30/300	3/20	92000
26	120/1100	5/50	50/650	10/40	25/300	3/20	95000
27	75/1850	10/300	45/700	10/40	60/2500	3/100	100000
28	80/300	3/30	30/550	10/50	55/2800	3/100	110000
29	120/1200	5/50	50/630	10/10	250/3000	3/20	85000
30	50/280	2/20	30/700	10/40	230/3100	3/20	87000
31	85/350	3/30	30/500	10/50	300/2400	3/20	115000
32	25/300	5/30	40/400	10/50	200/650	3/5	80000
33	45/250	5/20	55/680	1/10	60/600	3/20	95000
34	70/1110	5/50	40/400	8/50	200/640	3/7	82000

Продолжение таблицы Б.2							
1	10	11	12	13	14	15	16
35	50/300	2/20	60/700	10/40	55/620	3/640	96000
36	65/800	10/50	100/2100	10/50	50/600	3/20	93000
37	70/1000	5/50	45/580	10/40	50/400	3/20	75000
38	75/1200	5/50	50/600	10/40	30/1000	3/50	110000
39	70/800	10/50	100/2000	10/50	200/640	3/5	100000
40	35/300	5/40	70/990	10/40	35/1100	3/50	85000
41	65/750	10/50	100/2100	10/55	60/650	3/20	95000
42	60/600	5/40	30/500	10/40	100/1800	10/40	125000
43	25/250	5/40	80/900	10/40	50/1000	3/100	120000
44	70/2000	10/300	100/*1800*	10/40	100/1700	10/40	115000
45	30/300	5/40	70/950	10/40	95/1550	10/40	110000
46	60/650	5/40	30/550	10/40	50/1000	3/100	95000
47	35/250	2/40	30/450	10/40	30/300	3/20	92000
48	80/2000	10/300	100/1700	10/40	60/1300	3/100	98000
49	120/1100	5/50	50/650	10/40	35/350	3/20	100000
50	75/1800	10/300	110/1750	10/40	25/280	3/20	80000

Таблица Б.3 – Значения коэффициентов расчетной нагрузки $К_р$ на шинах низкого напряжения цеховых трансформаторов и для магистральных шинопроводов напряжением до 1 кВ

Эффективное число ЭП	Коэффициент использования $К_И$							
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7 и более
1	8,00	5,33	4,00	2,67	2,00	1,60	1,33	1,14
2	5,01	3,44	2,69	1,9	1,52	1,24	1,11	1,0
3	2,94	2,17	1,8	1,42	1,23	1,14	1,08	1,0
4	2,28	1,73	1,46	1,19	1,06	1,04	1,0	0,97
5	1,31	1,12	1,02	1,0	0,98	0,96	0,94	0,93
6-8	1,2	1,0	0,96	0,95	0,94	0,93	С,92	0,91
9-10	1,1	0,97	0,91	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
10 - 25	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,9	0,9
25 -50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,8	0,85	0,85
Более 50	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,75	0,8	0,8

Таблица Б.4 – Значение коэффициента одновременности $К_О$ для определения расчетной нагрузки на шинах 6 (10) кВ РП и ГПП

Средневзвешенный коэффициент использования	Число присоединений 6 (10) кВ на сборных шинах РП, ГПП			
	2-4	5-8	9-25	Более 25
$К_И < 0,3$	0,9	0,8	0,75	0,7
$0,3 < К_И < 0,5$	0,95	0,9	0,85	0,8
$0,5 < К_И < 0,8$	1,0	0,95	0,9	0,85
$К_И > 0,8$	1,0	1,0	0,95	0,9

Локальный электронный методический материал

Максим Сергеевич Харитонов

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА ПРОМЫШЛЕННЫХ
И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Редактор И. В. Голубева

Уч.-изд. л. 2,1. Печ. л. 1,9.

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1