Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна
Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского федерального университета
Дата подписания: 23.08.2023 17:19:54
Уникальный программный ключ:
d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению практических работ
по дисциплине «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Содержание

№ п/п		Стр.
	Введение	
1.	Цель и задачи изучения дисциплины	
2.	Оборудование и материалы	
3.	Наименование практических работ	
4.	Содержание практических работ	
4.1	Практическая работа №1 Расчет электрических нагрузок в электроустановках напряжением до 1 кВ методом упорядоченных диаграмм.	
4.2	Практическая работа №2 Расчет электрических нагрузок в электроустановках напряжением выше 1 кВ методом упорядоченных диаграмм.	
4.3.	Практическая работа №3 Защита электрических сетей и электроприемников напряжением до 1 кВ.	
4.4	Практическая работа №4 Защита электрических сетей и электроприемников напряжением выше 1 кВ.	
4.5	Практическая работа №5 Расчет предохранителей.	
4.6	Практическая работа №6 Расчет автоматических выключателей.	
4.7	Практическая работа №7 Расчет линий электропередач.	
4.8	Практическая работа №8 Расчет трансформаторов и автотрансформаторов.	
4.9	Практическая работа №9 Расчет центра электрических нагрузок.	
5	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
5.1	Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины	
5.2	Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	
5.3	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины	

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Введение

Практические занятия создают оптимальные дидактические условия для деятельностного освоения студентами содержания и методологии изучаемой дисциплины «электроснабжение», использование специального лабораторного оборудования и технических средств. Практические занятия занимают преимущественное место при изучении общепрофессиональных и профессиональных дисциплин. Практические занятия проводятся с целью выработки практических умений и приобретения навыков в решении задач, отработки упражнений, выполнении чертежей, производстве расчётов и т.п.

Целью практических занятий является формирование практических умений – профессиональных (выполнять определённые действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных, необходимых в последующей учебной деятельности по общепрофессиональным и профессиональным дисциплинам.

Библиографический список содержит сведения о справочной литературе и дополнительных изданиях, необходимых для углубленного изучения отдельных вопросов.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

1. Цель и задачи изучения дисциплины

Цель дисциплины является
- формирование у студентов систематических знаний по вопросам проектирования и эксплуатации комплексных систем электроснабжения городов и промышленных пред-приятий.
Задачами дисциплины является:
- определять величины расчетных нагрузок,
- проектировать на вариантной основе схемы электроснабжения промышленных предприятий и городов;
- рассчитывать параметры режима сети и определением показателей качества электроэнергии в ее расчетных узлах.

2. Оборудование и материалы

Аппаратные средства: переносной ноутбук, проектор, доска магнитно-маркерная.

Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащена оборудованием и техническими средствами обучения.

3. Наименование практических работ

№ Темы дисциплины	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
3 семестр			
1	**Практическая работа № 1.** Расчет электрических нагрузок в электроустановках напряжением до 1 кВ методом упорядоченных диаграмм. Приобрести навыки выполнения расчета электрических нагрузок в электроустановках напряжением до 1 кВ методом упорядоченных диаграмм.	1,5	–
2	**Практическая работа № 2.** Расчет электрических нагрузок в электроустановках напряжением выше 1 кВ методом упорядоченных диаграмм. Приобрести навыки выполнения расчета электрических нагрузок в электроустановках напряжением выше 1 кВ методом упорядоченных диаграмм.	1,5	–
3	**Практическая работа № 3.** Защита электрических сетей и электроприемников напряжением до 1 кВ. Научиться рассчитывать уставки защиты электрических сетей и электроприемников напряжением до 1 кВ	1,5	–
4	**Практическая работа № 4.**	–	–

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

	Защита электрических сетей и электроприемников напряжением выше 1 кВ. Научиться рассчитывать уставки защиты электрических сетей и электроприемников напряжением выше 1 кВ		
5	**Практическая работа № 5.** Расчет предохранителей. Приобрести навыки расчёта плавкой вставки предохранителей в цепях защиты электрических сетей.	–	–
6	**Практическая работа № 6.** Расчет автоматических выключателей. Научиться расчёту и подбору автоматических выключателей в электрической сети.	–	–
7	**Практическая работа № 7.** Расчет линий электропередач. Приобрести навыки расчёта параметров линий жэлектропередач.	–	–
8	**Практическая работа № 8.** Расчет трансформаторов и автотрансформаторов. Изучить схемы подключения трансформаторов и автотрансформаторов, а также приобрести навыки подсчёта их основных параметров.	–	–
9	**Практическая работа № 9.** Расчет центра электрических нагрузок. Приобрести навыки расчёта основных характеристик и параметров центра электрических нагрузок.	–	
	Итого	**4,5**	–

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Практическое занятие №1

Тема занятия. Расчет электрических нагрузок в электроустановках напряжением до 1 кВ методом упорядоченных диаграмм

Цель занятия. Приобрести навыки выполнения расчета электрических нагрузок в электроустановках напряжением до 1 кВ методом упорядоченных диаграмм.

Актуальность темы. широко применяется при решении многих прикладных задач.

Теоретические сведения.

Расчетная нагрузка по допустимому нагреву представляет собой такую условную длительную неизменную нагрузку, которая эквивалентна ожидаемой изменяющейся нагрузке по наиболее тяжелому тепловому воздействию: максимальной температуре нагрева проводника или тепловому износу его изоляции.

В соответствии с РТМ 36.18.32.4-92 расчетная активная мощность группы электроприемников (количество электроприемников в группе более одного) на напряжении до 1 кВ определяется по выражению

$$P_{\text{р}} = K_{\text{р}} \sum_{1}^{\text{n}} k_{\text{и}i} p_{\text{н}i},$$

где Кр – коэффициент расчетной нагрузки.

Групповой коэффициент использования

$$\sum^{\text{n}} k_{\text{и}i} p_{\text{н}i}$$

$$K_{\text{и}} = \frac{1}{\sum p_{\text{н}i}}.$$

Значение Кр зависит от эффективного числа электроприемников (nэ), группового коэффициента использования (Ки), а также от постоянной времени нагрева сети, для которой рассчитываются электрические нагрузки. В методике расчета приняты следующие значения постоянной времени нагрева (Т0): $T_0 = 10$ **мин** – для сетей напряжением до 1 кВ, питающих распределительные шинопроводы, пункты, сборки, щиты. Значения Кр для этих сетей принимаются по табл. 1.1; $T_0 = 2{,}5$ **ч** – для магистральных шинопроводов и цеховых трансформаторов. Значения Кр для этих сетей принимаются по табл. 1.2.

Эффективное число электроприемников nэ – это такое число однородных по режиму работы электроприемников одинаковой мощности, которое обуславливает те же значения расчетной нагрузки, что и группа различных по мощности и режиму работы электроприемников. Величина nэ определяется по выражению:

$$n_{э} = \frac{(\sum p_{\text{н}})^2}{\sum p_{\text{н}}^2}.$$

Вопросы и задание

Найти число эффективных приемников согласно варианту из условий в приложении 1

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

1. Перечень технических условий на присоединение электроустановок потребителей.
2. Как делятся приемники по характеру использования электроэнергии?

3. Режимы нейтрали электроустановок до 1 кВ и выше 1 кВ.

4. Применение и назаначение электропривода на промышленном предприятии.

5. Охарактеризуйте уровни системы электроснабжения предприятия.

Практическое занятие №2

Тема занятия. **Расчет электрических нагрузок в электроустановках напряжением выше 1 кВ методом упорядоченных диаграмм**

Цель занятия. Приобрести навыки выполнения расчета электрических нагрузок в электроустановках напряжением выше 1 кВ методом упорядоченных диаграмм.

Актуальность темы. широко применяется при решении многих прикладных задач.

Теоретические сведения.

Значения коэффициентов расчетной нагрузки Кр для питающих сетей напряжением до 1 кВ для постоянной времени нагрева

$T_0 = 10$ **мин**

Значения коэффициентов расчетной нагрузки Кр на шинах НН цеховых трансформаторов и для магистральных шинопроводов напряжением до 1 кВ

nэ	Коэффициент использования Ки							
	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	0,92	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

nэ	Коэффициент использования Ки								
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
2	8,0	5,3	4,0	2,66	2,0	1,6	1,33	1,14	1,0
3	4,52	3,2	2,55	1,9	1,56	1,41	1,28	1,14	1,0
4	3,42	2,47	2,0	1,53	1,3	1,24	1,14	1,08	1,0
5	2,84	2,1	1,78	1,34	1,16	1,15	1,08	1,03	1,0
6	2,64	1,96	1,62	1,28	1,14	1,12	1,06	1,01	1,0
7	2,5	1,96	1,54	1,25	1,12	1,10	1,04	1,0	1,0
8	2,37	1,78	1,48	1,19	1,10	1,08	1,02	1,0	1,0
9	2,26	1,7	1,43	1,16	1,08	1,07	1,01	1,0	1,0
10	2,18	1,65	1,39	1,13	1,06	1,05	1,0	1,0	1,0
11	2,11	1,61	1,36	1,1	1,05	1,04	1,0	1,0	1,0
12	2,04	1,58	1,33	1,08	1,04	1,03	1,0	1,0	1,0
13	1,98	1,52	1,29	1,06	1,03	1,02	1,0	1,0	1,0
14	1,93	1,49	1,27	1,05	1,02	1,01	1,0	1,0	1,0

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

15	1,9	1,46	1,25	1,03	1,01	1,0	1,0	1,0	1,0
16	1,85	1,43	1,23	1,02	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
17	1,81	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
18	1,78	1,38	1,19	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
19	1,75	1,36	1,17	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
20	1,72	1,34	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
21	1,7	1,33	1,15	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
22	1,66	1,31	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
23	1,65	1,29	1,12	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
24	1,62	1,28	1,11	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25	1,6	1,27	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
30	1,51	1,21	1,05	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
35	1,44	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
40	1,4	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
45	1,35	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
50	1,3	1,07	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
60	1,25	1,03	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
70	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
80	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
90	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Задание

Произвести расчет потребляемой мощности методом упорядоченных диаграмм согласно варианту приложение 2.

Контрольные вопросы

1. Классификация промышленных предприятий по потребляемой мощности.

2. Чем определяется надежность электроснабжения?

3. В чем специфика отдельных категорий электроприемников?

4. Каковы допустимые перерывы в электроснабжении для потребителей различной категории по надежности?

5. Особенности электроснабжения приемников I категории.

6. Для чего необходимо резервирование электроустановок в системе электроснабжения?

7. Назначение коммутационной аппаратуры в системе электроснабжения. Перечислите виды коммутационных аппаратов.

Практическое занятие №3

Тема занятия. Защита электрических сетей и электроприемников напряжением до 1 кВ

Цель занятия. Научиться рассчитывать уставки защиты электрических сетей и электроприемников напряжением до 1 кВ

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Актуальность темы применяется при решении многих прикладных задач.

Теоретическая часть

В случаях, когда расчетная мощность Рр, вычисленная по выражению (1.1), окажется меньше номинальной наиболее мощного электроприемника (рн.макс), следует принимать $P_{\text{р}} = p_{\text{н.макс}}$.

Расчетная реактивная мощность определяется следующим образом:

- для питающих сетей (питающие распределительные шинопроводы, пункты, сборки, щиты) в зависимости от значения nэ:

при $n_{\text{э}} \le 10$

$$Q_{\text{р}} = 1{,}1 \sum_{1}^{\text{n}} k_{\text{и}i}\, p_{\text{н}i}\, tg\,\varphi_i ;$$

при $n_{\text{э}} > 10$

$$Q_{\text{р}} = \sum_{1}^{n} k_{\text{и}i}\, p_{\text{н}i}\, tg\,\varphi_i ;$$

- для магистральных шинопроводов и на шинах цеховых трансформаторных подстанций, а также при определении реактивной мощности в целом по цеху, корпусу:

$$Q_{\text{р}} = K_{\text{р}} \sum_{1}^{\text{n}} k_{\text{и}i}\, p_{\text{н}i}\, tg\,\varphi_i ;$$

где tgφi – коэффициент реактивной мощности i-го электроприемника, принимаемый по табл. 1.3 по значению cosφ.

Вопросы и задание

Произвести расчет защиты до 1 кВ согласно варианту приложение 3.

1. Выделите характерные группы электроприемников по механической нагрузке.
2. Какие режимы работы электрических двигателей учитываются в системах электроснабжения?
3. Поясните различие в физическом смысле расчетной величины электрической нагрузки по нагреву и нагрузки по проектным и договорным условиям.
4. Сравните классическое понятие получасового максимума нагрузки и разнообразие использования термина в практике эксплуатации, проектирования, договорных отношений.
5. Рассмотрите применяющиеся величины интервала осреднения электропотребления во времени и графики электрических нагрузок.
6. Изобразите суточные графики электрической нагрузки любых известных Вам потребностей (можно и квартиры) и поясните неизбежность для электрики изменения параметров электропотребления по часами минутам.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

приложение

Коэффициенты использования и мощности некоторых механизмов и аппаратов

	Электроприемники	Коэффициенты	
		использования, (ки)	мощности (cosφ)
1.	Металлорежущие станки мелкосерийного производства, мелкие токарные, строгальные, долбежные, фрезерные, сверлильные, карусельные, точильные и др.	0,12 - 0,14	0,4 - 0,5
2.	То же при крупносерийном производстве	0,16	0,5-0,6
3.	То же при тяжелом режиме работы: штамповочные прессы, автоматы, револьверные, обдирочные, зубофрезерные, а также крупные токарные, строгальные, фрезерные, карусельные, расточные станки	0,17	0,65
4.	То же с особо тяжелым режимом работы: приводы молотов, ковочных машин, волочильных станков, очистительных барабанов и др.	0,2 - 0,24	0,65
5.	Многошпиндельные автоматы	0,2	0,6
6.	Краны мостовые, грейферные, кран-балки, тельферы, лифты	0,15 - 0,35	0,5
7.	Вентиляторы, санитарно-гигиеническая вентиляция	0,65 – 0,8	0,8
8.	Насосы, компрессоры, двигатель-генераторы	0,7	0,85
9.	Сварочные трансформаторы дуговой электросварки	0,2	0,4
10.	Печи сопротивления, сушильные шкафы, нагревательные приборы	0,75 – 0,8	1,0
11.	Индукционные печи низкой частоты	-	0,35
12.	Индукционные печи высокой частоты	-	0,65 – 0,8
13.	Элеваторы, транспортеры, конвейеры	0,4 – 0,55	0,75
14.	Дуговые сталеплавильные печи	0,5 – 0,75	0,8 – 0,9
15.	Гальванические установки	0,4 – 0,5	0,6 – 0,8

Практическое занятие №4

Тема занятия. Защита электрических сетей и электроприемников напряжением выше 1 кВ

Цель занятия. Научиться рассчитывать уставки защиты электрических сетей и электроприемников напряжением выше 1 кВ

Актуальность темы. широко применяется при решении многих прикладных задач.

Теоретическая часть.

При определении Рн для многодвигательных приводов учитываются все одновременно работающие электродвигатели данного привода.

Для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы их номинальная мощность приводится к длительному режиму (ПВ=100 %).

При включении однофазного ЭП на фазное напряжение он учитывается как эквивалентный трехфазный ЭП с номинальной мощностью

$$P_н = 3P_{н.о};\quad q_н = 3q_{н.о},$$

где рн.о, qн.о – активная и реактивная мощности однофазного ЭП.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

При включении однофазного ЭП на линейное напряжение он учитывается как эквивалентный ЭП номинальной мощностью

$$p_{\text{н}} = \sqrt{3} p_{\text{н.о}};\ q_{\text{н}} = \sqrt{3} q_{\text{н.о}}.$$

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

В случае превышения указанной неравномерности номинальная мощность эквивалентной группы трехфазных ЭП принимается равной тройному значению мощности наиболее загруженной фазы.

К расчетной активной и реактивной мощности силовых ЭП напряжением до 1 кВ должны быть при необходимости добавлены расчетные осветительные нагрузки Pр.о и Qр.о.

Значение токовой расчетной нагрузки, по которой выбирается сечение линии по допустимому нагреву, определяется по выражению:

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{р}}}{\sqrt{3} U_{\text{н}}},$$

где $S_{\text{р}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2}$ – полная расчетная мощность узла нагрузки, кВ·А.

Вопросы и задание

Произвести расчет защиты до 1 кВ согласно варианту приложение 3

1. Укажите применяемые напряжения и обоснуйте их выбор с учетом особенностей присоединений, обусловленных величиной предприятия и условиями энергосистем.
2. Изобразите узлы присоединения предприятия к РУ подстанции энергосистемы.
3. Поясните основные понятия надежности, относящиеся к электроснабжению.
4. Оцените величину ущерба от низкого уровня надежности.

5. Поясните физический смысл теоретического центра электрических нагрузок и определите местоположение источника питания для нескольких нагрузок.

.Исходные данные

№ вар.	P1 кВт	P2 кВт	P3 кВт	P4 кВт	P5 кВт	P6 кВт	cosφ1	cosφ2	cosφ3	cosφ4	cosφ5	cosφ6	Kc
1	19,6	17,3	3,7	4,3	11,0	9,3	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
2	18,1	14,0	7,3	2,5	16,0	21,0	0,8	0,7	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8
3	13,0	19,3	9,2	4,3	7,8	5,9	0,6	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,85
4	7,3	14,2	7,0	2,1	23,2	4,5	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,9	0,85
5	9.2	7,3	1,1	0,75	14,5	28,0	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,7	0,85
6	4,0	13,5	7,2	3,0	9,8	19,3	0,7	0,7	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
7	17,5	9,2	3,0	2,2	7,3	8,4	0,6	0,6	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8
8	3,5	7,1	5,3	2,3	6,1	19,5	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6	0,6	0,8
9	8,4	21,3	7,5	1,5	18,2	3,4	0,7	0,6	0,8	0,8	0,6	0,7	0,8
10	11,6	25,3	3,6	0,75	9,3	2,2	0,8	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,85

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

11	10,3	16,1	7,4	3,1	4,9	9,5	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,8	0,85
12	17,1	6,3	0,75	0,75	5,7	20,4	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,85
13	4,0	9,3	2,8	1,7	17,1	14,0	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,6	0,8
14	12,8	7,3	4,1	0,8	19,3	6,5	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
15	14,5	14,5	10,0	4,1	7,5	2,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8

Практическое занятие №5

Тема занятия Расчет предохранителей

Цель занятия. Приобрести навыки расчёта плавкой вставки предохранителей в цепях защиты электрических сетей.

Актуальность темы. широко применяется при решении многих прикладных задач.

Теоретическая часть.

Необходимо определить расчетную электрическую нагрузку участка (цеха) и характерных узлов сети - двух силовых распределительных шкафов (ШР1 и ШР2). В табл. 1.4 в соответствии с вариантом задания указаны номера электроприемников (потребителей), которые запитаны от ШР1 и ШР2. В графах 4 и 5 таблицы приведены расчетные активная и реактивная нагрузки освещения. В табл. 1.5 дается краткая характеристика потребителей (наименование, установленная мощность) участка цеха.

Для иллюстрации расчетные нагрузки определены по исходным данным 0-го варианта табл. 1.4; 1.5). Расчет нагрузки выполнен в виде таблицы 1.6. В первой графе указываются наименования сетевых узлов (ШР1, ШР2, осветительная нагрузка) и номера ЭП из таблицы 1.4 в соответствии с вариантом задания, указанным преподавателем.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Таблица

Исходные данные

Номер варианта	Номера потребителей, присоединенных к силовому шкафу		Расчетная осветительная нагрузка	
	ШР1	ШР2	Рр0, кВт	Qр0, квар
0	1-3, 11, 12, 101	71-75	3,5	0,5
1	111-115	101-106	10,5	-
2	1, 11, 41. 81, 101	12, 13, 91, 62	28,8	4,6
3	21-26, 31-33	1-5, 91	36,9	14,1
4	111-113, 91, 1, 21	61-63, 71, 76	54,2	12,3
5	101-103, 91, 92	81-86	9,5	-
6	7, 14, 71-73	21-24, 47-49	8,0	-
7	29-30, 41	1-4, 11-13	21,5	7,9
8	4, 6, 8, 9, 13	28, 32, 48, 61, 92	31,8	6,5
9	11-18	21-25, 94	4,5	1,1
10	5, 7-10	21, 91, 102-104	3,9	-
11	2-4, 21-26	5, 27, 17, 101	14,6	3,5
12	10, 11-13, 101	14-16, 91-92	21,8	5,6
13	6, 16, 26-30	31, 41, 61, 71	15,1	2,8
14	14-18, 21-23	81-86, 93	3,6	1,2
15	7, 8, 81, 93, 101	6, 21, 41, 51, 71	5,9	2,3
16	9, 71-73, 104	7, 11-14, 51	7,8	1,9
17	12, 94, 103-106	1-3, 28-30	5,6	1,5
18	13, 84, 93, 102, 103	12, 15 1, 26	3,9	-
19	19, 94, 101-105	3-5, 13-15	8,0	-
20	61-64, 71-76	77-80, 101, 91	11,5	-
21	51, 62, 72, 83, 93, 102	1-4, 19, 20, 30	18,1	4,9
22	30, 65-70	80, 85-90, 110	13,6	2,5
23	91, 92, 101-105	116-120, 11	4,5	-
24	2, 15, 22, 38	1, 12-14, 35-37	7	-
25	4-6, 16-18	7-10, 101-104	6,5	1,5

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Таблица

Исходные данные

Номера потребителей	Установленная мощность единичного потребителя, кВт	Наименование потребителей
1-10	7	Токарные станки
11-20	3	Сверлильные станки
21-30	2,5	Точильное оборудование
31-40	10,5	Штамповочные прессы
41-50	14	Строгальные станки
51-60	8,5	Револьверные станки
61-70	2,8	Шлифовальные станки
71-80	4,5	Фрезерные станки
81-90	3,5	Печи сопротивления
91-100	4 кВ·А	Сварочные трансформаторы
101-110	5	Насосы
111-120	1,5	Вентиляторы

Вопросы и задание

1. Охарактеризуйте типы электроустановок ГПП, ГРП, ТП, РУ.
2. Перечислите возможные источники питания для мелких, средних и крупных предприятий.
3. Требования к определению источников питания промышленных предприятий.
4. Принципы построения систем электроснабжения.
5. Перечислите способы расположения ГПП на предприятии.

Практическое занятие №6

Тема занятия. **Расчет автоматических выключателей**

Цель занятия. Научиться расчёту и подбору автоматических выключателей в электрической сети.

Актуальность темы. широко применяется при решении многих прикладных задач.

Теоретическая часть.

Основными видами защит электрических сетей и электроприемников напряжением до 1 кВ являются защиты от перегрузки и токов короткого замыкания (КЗ). Защита от токов КЗ должна осуществляться для всех электрических сетей и электроприемников.

В качестве аппаратов защиты применяются автоматические выключатели и предохранители.

Для защиты электродвигателей от перегрузки и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз, применяются также тепловые реле магнитных пускателей.

В графе 2 приводятся наименования ЭП из таблицы 1.5 в соответствии с их номерами.

В графе 3 - количество ЭП одинаковой мощности

В графе 4 - номинальная установленная мощность одного (единичного) ЭП.

В графе 5 - суммарная номинальная мощность.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

В графах 6, 7 и 8 записываются справочные данные из табл. 1.3. В итоговой строке в графе 6 указывается значение группового коэффициента использования ($K_{и} = \frac{\sum k_{и} p_{н}}{\sum p_{н}}$), в графе 7 tgφ ($tg\varphi = \frac{Q_{см}}{P_{см}} = \frac{\sum k_{и} p_{н} tg\varphi}{\sum k_{и} p_{н}}$) и в графе 8 соответствующий ему cosφ.

В графах 9 и 10 - соответственно значения kирн и kирнtgφ в итоговых строках приводятся суммы этих значений.

В графах 11, 12, 13, 14, 15, 16 заполняются только итоговые строки. В графе 11 значение, вычисленное по 1.3. В графе 12 указываются значения, принятые по табл. 1.1 или 1.2.

В графах 13, 14, 15, 16 значения, вычисленные соответственно по выражениям 1.1; 1.4 или 1.5 или 1.6; 1.9.

Вопросы и задание

1. Охарактеризуйте типы электроустановок ГПП, ГРП, ТП, РУ.
2. Перечислите возможные источники питания для мелких, средних и крупных предприятий.
3. Требования к определению источников питания промышленных предприятий.
4. Принципы построения систем электроснабжения.
5. Перечислите способы расположения ГПП на предприятии.

Практическое занятие №7

Тема занятия. **Расчет линий электропередач.**

Цель занятия. Приобрести навыки расчёта параметров линий жэлектропередач.

Актуальность темы. широко применяется при решении многих прикладных задач.

Теоретическая часть.

При определении Рн для многодвигательных приводов учитываются все одновременно работающие электродвигатели данного привода.

Для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы их номинальная мощность приводится к длительному режиму (ПВ=100 %).

При включении однофазного ЭП на фазное напряжение он учитывается как эквивалентный трехфазный ЭП номинальной мощностью

$$p_{н} = 3p_{н.о}; \; q_{н} = 3q_{н.о},$$

где рн.о, qн.о – активная и реактивная мощности однофазного ЭП.

При включении однофазного ЭП на линейное напряжение он учитывается как эквивалентный ЭП номинальной мощностью

$$p_{н} = \sqrt{3} p_{н.о}; \; q_{н} = \sqrt{3} q_{н.о}$$

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

В случае превышения указанной неравномерности номинальная мощность эквивалентной группы трехфазных ЭП принимается равной тройному значению мощности наиболее загруженной фазы.

К расчетной активной и реактивной мощности силовых ЭП напряжением до 1 кВ должны быть при необходимости добавлены расчетные осветительные нагрузки Рр.о и Qр.о.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Значение токовой расчетной нагрузки, по которой выбирается сечение линии по допустимому нагреву, определяется по выражению:

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{р}}}{\sqrt{3}U_{\text{н}}},$$

где $S_{\text{р}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2}$ – полная расчетная мощность узла нагрузки, кВ·А.

Вопросы и задание

Произвести расчет защиты до 1 кВ согласно варианту приложение 3

1. Укажите применяемые напряжения и обоснуйте их выбор с учетом особенностей присоединений, обусловленных величиной предприятия и условиями энергосистем.
2. Изобразите узлы присоединения предприятия к РУ подстанции энергосистемы.
3. Поясните основные понятия надежности, относящиеся к электроснабжению.
4. Оцените величину ущерба от низкого уровня надежности.

5. Поясните физический смысл теоретического центра электрических нагрузок и определите местоположение источника питания для нескольких нагрузок.

Практическое занятие №8

Тема занятия. **Расчет трансформаторов и автотрансформаторов**

Цель занятия. Изучить схемы подключения трансформаторов и автотрансформаторов, а также приобрести навыки подсчёта их основных параметров.

Актуальность темы. широко применяется при решении многих прикладных задач.

Теоретическая часть.

Основными видами защит электрических сетей и электроприемников напряжением до 1 кВ являются защиты от перегрузки и токов короткого замыкания (КЗ). Защита от токов КЗ должна осуществляться для всех электрических сетей и электроприемников.

В качестве аппаратов защиты применяются автоматические выключатели и предохранители.

Для защиты электродвигателей от перегрузки и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз, применяются также тепловые реле магнитных пускателей.

По исходным данным табл. в соответствии с вариантом, заданным преподавателем, определить расчетную нагрузку производственного участка, силовых шкафов ШР1 и ШР2. Расчеты выполнить в форме табл

Вопросы и задание

Произвести расчет защиты до 1 кВ согласно варианту

1. Укажите применяемые напряжения и обоснуйте их выбор с учетом особенностей присоединений, обусловленных величиной предприятия и условиями энергосистем.
2. Изобразите узлы присоединения предприятия к РУ подстанции энергосистемы.
3. Поясните основные понятия надежности, относящиеся к электроснабжению.
4. Оцените величину ущерба от низкого уровня надежности.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

5. Поясните физический смысл теоретического центра электрических нагрузок и определите местоположение источника питания для нескольких нагрузок.

с.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Таблица

Данные для расчета электрических нагрузок

Наименование узла сети, номер ЭП	Наименование ЭП	Количество ЭП, n	Номинальная мощность, кВт		Коэффициент использования Ки	Коэффициент реактивной мощности		Ки Рн	КиРнtgφ	Эффективное число ЭП $n_э = \frac{(\sum p_н)^2}{\sum p_н^2}$	Коэффициент расчетной нагрузки, Кр	Расчетная мощность			Расчетный ток, А
			одного ЭП, рн	общая Рн=n·рн		cosφ	tgφ					активная, кВт	реактивная, квар	полная, кВ·А	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ШР 1-3 11,12 101	 Токарный станок Сверлильный станок Насос	 3 2 1	 7 3 5	 21 6 5	 0,14 0,13 0,7	 0,5 0,5 0,85	 1,732 1,732 0,62	 2,94 0,78 3,5	 5,0 1,35 2,17						
Итого по ШР1				32	0,23	0,65	1,18	7,22	8,52	5	1,65	11,9	9,37	15,1	22,9
ШР2 71-75	Фрезерный станок	5	4,5	22,5	0,12	0,5	1,732	2,7	4,68						
Итого по ШР2				22,5	0,12	0,5	1,732	2,7	4,68	5	2,54	6,86	5,15	8,58	13,0
Осветительная нагрузка															
Итого по участку				54,5	0,18	0,6	1,33	9,92	13,2	10	1,5	18,76	14,52	23,68	35,9

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Практическое занятие №9

Тема занятия **Расчет центра электрических нагрузок.**

Цель занятия. Приобрести навыки расчёта основных характеристик и параметров центра электрических нагрузок.

Актуальность темы. широко применяется при решении многих прикладных задач.

Теоретическая часть

Основными видами защит электрических сетей и электроприемников напряжением до 1 кВ являются защиты от перегрузки и токов короткого замыкания (КЗ). Защита от токов КЗ должна осуществляться для всех электрических сетей и электроприемников.

В качестве аппаратов защиты применяются автоматические выключатели и предохранители.

Для защиты электродвигателей от перегрузки и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз, применяются также тепловые реле магнитных пускателей.

Выбор аппаратов защиты (предохранителей, автоматов) выполняется с учетом следующих основных требований:

. Номинальный ток и напряжение аппарата защиты должны соответствовать расчетному длительному току и напряжению электрической цепи.

. Номинальные токи расцепителей автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей необходимо выбирать по возможности меньшими по длительным расчетным токам с округлением до ближайшего большего стандартного значения.

. Аппараты защиты не должны отключать установку при кратковременных перегрузках, возникающих в условиях нормальной работы, например, при пусках электродвигателей.

. Время действия аппаратов защит должно быть по возможности меньшим и должна быть обеспечена селективность (избирательность) действия защиты при последовательном расположении аппаратов защит в электрической цепи.

. Ток защитного аппарата (номинальный ток плавкой вставки, номинальный ток или ток срабатывания расцепителя автомата) должен быть согласован с допустимым током защищаемого проводника.

. Аппараты защиты должны обеспечивать надежное отключение в конце защищаемого участка двух- и трехфазных КЗ при всех видах режима работы нейтрали сетей, а также однофазных КЗ в сетях с глухозаземленной нейтралью.

Надежное отключение токов КЗ в сети напряжением до 1 кВ обеспечивается в том случае, если отношение наименьшего однофазного расчетного тока КЗ ($I'_{кз}$) к номинальному току плавкой вставки предохранителя (Iн.вст) или расцепителя автоматического выключателя (Iн.р), имеющего обратнозависимую от тока характеристику будет не менее 3, а во взрывоопасных зонах соответственно:

$$\frac{I'_{кз}}{I_{н.вст}} \geq 4; \quad \frac{I'_{кз}}{I_{н.р}} \geq 6 \qquad (2.1)$$

При защите сетей автоматическими выключателями, имеющими только электромагнитный расцепитель (отсечку), для автоматов с номинальным током до 100 А кратность тока КЗ относительно уставки тока мгновенного срабатывания (Iср.р) должна быть не менее 1,4, а для автоматов с номинальным током более 100 А – не менее 1,25.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Однако, в сетях, защищаемых только от токов КЗ (не требующих защиты от перегрузки), за исключением протяженных сетей, допускается не выполнять расчетной проверки кратности токов КЗ к токам защитных аппаратов, если обеспечено согласование защитного аппарата с допустимым током защищаемого проводника.

Теоретическая часть.

При определении Рн для многодвигательных приводов учитываются все одновременно работающие электродвигатели данного привода.

Для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы их номинальная мощность приводится к длительному режиму (ПВ=100 %).

При включении однофазного ЭП на фазное напряжение он учитывается как эквивалентный трехфазный ЭП номинальной мощностью

$$p_{\text{н}} = 3p_{\text{н.о}};\ q_{\text{н}} = 3q_{\text{н.о}},$$

где рн.о, qн.о – активная и реактивная мощности однофазного ЭП.

При включении однофазного ЭП на линейное напряжение он учитывается как эквивалентный ЭП номинальной мощностью

$$p_{\text{н}} = \sqrt{3}p_{\text{н.о}};\ q_{\text{н}} = \sqrt{3}q_{\text{н.о}}.$$

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

В случае превышения указанной неравномерности номинальная мощность эквивалентной группы трехфазных ЭП принимается равной тройному значению мощности наиболее загруженной фазы.

К расчетной активной и реактивной мощности силовых ЭП напряжением до 1 кВ должны быть при необходимости добавлены расчетные осветительные нагрузки Рр.о и Qр.о.

Значение токовой расчетной нагрузки, по которой выбирается сечение линии по допустимому нагреву, определяется по выражению:

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{р}}}{\sqrt{3}U_{\text{н}}},$$

где $S_{\text{р}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2}$ – полная расчетная мощность узла нагрузки, кВ·А.

Вопросы и задание

Произвести расчет защиты до 1 кВ

1. Укажите применяемые напряжения и обоснуйте их выбор с учетом особенностей присоединений, обусловленных величиной предприятия и условиями энергосистем.
2. Изобразите узлы присоединения предприятия к РУ подстанции энергосистемы.
3. Поясните основные понятия надежности, относящиеся к электроснабжению.
4. Оцените величину ущерба от низкого уровня надежности.
5. Поясните физический смысл теоретического центра электрических нагрузок и определите место расположения источника питания для нескольких нагрузок.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Гужов Н. П. , Ольховский В. Я. , Павлюченко Д. А. Системы электроснабжения: учебник/ Гужов Н. П. , Ольховский В. Я. , Павлюченко Д. А. Новосибирск: НГТУ, 2015.– 262 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=438343
2. Соколова, Е.М. Электрическое и электромеханическое оборудование. Общепромышленные механизмы и бытовая техника : учебник/Е,М. Соколова. - 9-е изд., испр.-М.: Академия, 2014. - 224 с.
3. Смирнов, Ю. А. Физические основы электротехники : учеб, пособие / Ю.А. Смирнов, С,В. Соколов, Е.В. Титов. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2013. - 560 с. - (Учебники для ву-зов. Специальная литература). - Библиогр,: с. 558-559. - ISBN 978-5-8114-1369-0
4.Акимова, Н. А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования : учебник / Н.А. Акимова, Н.Ф. Котеленец, Н.И. Сентюрихин ; под ред. Н.Ф. Котеленца. - 10¬е изд., испр. - М. : Академия, 2013. - 304 с. - Прил.: с. 284-295. - Библиогр.. с. 296.

5.2.Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.
3. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы.
4. Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

5.3.Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины
1. http://www.biblioclub.ru -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. http://www.iprbookshop.ru/ - Электронно- библиотечная система IPRbooks

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению контрольной работы
по дисциплине «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Содержание

№ п/п		Стр.
	Введение	
1.	Цель и задачи изучения дисциплины	
2.	Формулировка задания и ее объем	
3.	Общие требования к написанию и оформлению работы	
4.	Рекомендации по выполнению задания	
5.	План-график выполнения задания	
6.	Критерии оценивания работы	
7.	Порядок защиты работы	
8	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
8.1	Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины	
8.2	Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	
8.3	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины	

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Введение

Контрольная работа создаёт оптимальные дидактические условия для деятельностного освоения студентами содержания и методологии изучаемой дисциплины «Электроснабжение». Контрольные работы проводятся с целью выработки практических умений и приобретения навыков в решении задач, отработки упражнений, выполнении чертежей, производстве расчётов и т.п.

Целью контрольных работ является формирование практических умений – профессиональных (выполнять определённые действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных, необходимых в последующей учебной деятельности по общепрофессиональным и профессиональным дисциплинам.

Библиографический список содержит сведения о справочной литературе и дополнительных изданиях, необходимых для углубленного изучения отдельных вопросов.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины является

- формирование у студентов систематических знаний по вопросам проектирования и эксплуатации комплексных систем электроснабжения городов и промышленных пред-приятий.

Задачами дисциплины является:

- определять величины расчетных нагрузок,
- проектировать на вариантной основе схемы электроснабжения промышленных предприятий и городов;
- рассчитывать параметры режима сети и определением показателей качества электроэнергии в ее расчетных узлах.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения.	ИД-1$_{ПК-1}$ Выполняет сбор и анализ данных для проектирования систем электроснабжения	Знает основы систем электроснабжения городов, промышленных, предприятий и транспортных систем; схемы и основное электротехническое и коммутационное оборудование подстанций систем электроснабжения. Умеет рассчитывать и выбирать элементы, а также определять оптимальные режимы работы систем электроснабжения промышленных предприятий, городов и транспортных систем как в процессе их разработки и создания, так в процессе их эксплуатации.
	ИД-2$_{ПК-1}$ Выбирает типовые проектные решения систем электроснабжения	Владеет методиками расчетов параметров и режимов работы электрооборудования систем электроснабжения объекта.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

2. Формулировка задания и ее объем

ЗАДАНИЕ № 1

ТЕМА: Расчет электрических нагрузок в электроустановках напряжением до и выше 1 кВ методом упорядоченных диаграмм

Краткие теоретические сведения. Расчетная нагрузка по допустимому нагреву представляет собой такую условную длительную неизменную нагрузку, которая эквивалентна ожидаемой изменяющейся нагрузке по наиболее тяжелому тепловому воздействию: максимальной температуре нагрева проводника или тепловому износу его изоляции.

В соответствии с РТМ 36.18.32.4-92 расчетная активная мощность группы электроприемников (количество электроприемников в группе более одного) на напряжении до 1 кВ определяется по выражению

$$P_{\text{р}} = K_{\text{р}} \sum_{1}^{\text{n}} k_{\text{и}i}\, p_{\text{н}i} \quad , \qquad (1.1)$$

где Кр – коэффициент расчетной нагрузки.

Групповой коэффициент использования

$$K_{\text{и}} = \frac{\sum_{1}^{\text{n}} k_{\text{и}i}\, p_{\text{н}i}}{\sum p_{\text{н}i}} \quad . \qquad (1.2)$$

Значение Кр зависит от эффективного числа электроприемников (nэ), группового коэффициента использования (Ки), а также от постоянной времени нагрева сети, для которой рассчитываются электрические нагрузки. В методике расчета приняты следующие значения постоянной времени нагрева (Т0): $T_0 = 10$ **мин** – для сетей напряжением до 1 кВ, питающих распределительные шинопроводы, пункты, сборки, щиты. Значения Кр для этих сетей принимаются по табл. 1.1; $T_0 = 2{,}5$ **ч** – для магистральных шинопроводов и цеховых трансформаторов. Значения Кр для этих сетей принимаются по табл. 1.2.

Эффективное число электроприемников nэ – это такое число однородных по режиму работы электроприемников одинаковой мощности, которое обуславливает те же значения расчетной нагрузки, что и группа различных по мощности и режиму работы электроприемников. Величина nэ определяется по выражению:

$$n_{\text{э}} = \frac{(\sum p_{\text{н}})^2}{\sum p_{\text{н}}^2} . \qquad (1.3)$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Таблица 1.1

Значения коэффициентов расчетной нагрузки Кр для питающих сетей напряжением до 1 кВ для постоянной времени нагрева

$T_0 = 10$ **мин**

nэ	Коэффициент использования Ки								
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
2	8,0	5,3	4,0	2,66	2,0	1,6	1,33	1,14	1,0
3	4,52	3,2	2,55	1,9	1,56	1,41	1,28	1,14	1,0
4	3,42	2,47	2,0	1,53	1,3	1,24	1,14	1,08	1,0
5	2,84	2,1	1,78	1,34	1,16	1,15	1,08	1,03	1,0
6	2,64	1,96	1,62	1,28	1,14	1,12	1,06	1,01	1,0
7	2,5	1,96	1,54	1,25	1,12	1,10	1,04	1,0	1,0
8	2,37	1,78	1,48	1,19	1,10	1,08	1,02	1,0	1,0
9	2,26	1,7	1,43	1,16	1,08	1,07	1,01	1,0	1,0
10	2,18	1,65	1,39	1,13	1,06	1,05	1,0	1,0	1,0
11	2,11	1,6	1,35	1,1	1,05	1,04	1,0	1,0	1,0
12	2,04	1,56	1,32	1,08	1,04	1,03	1,0	1,0	1,0
13	1,98	1,52	1,29	1,06	1,03	1,02	1,0	1,0	1,0
14	1,93	1,49	1,27	1,05	1,02	1,01	1,0	1,0	1,0
15	1,9	1,46	1,25	1,03	1,01	1,0	1,0	1,0	1,0
16	1,85	1,43	1,23	1,02	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
17	1,81	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
18	1,78	1,38	1,19	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
19	1,75	1,36	1,17	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
20	1,72	1,34	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
21	1,7	1,33	1,15	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
22	1,66	1,31	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
23	1,65	1,29	1,12	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
24	1,62	1,28	1,11	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25	1,6	1,27	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
30	1,51	1,21	1,05	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
35	1,44	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
40	1,4	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
45	1,35	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
50	1,3	1,07	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
60	1,25	1,03	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
70	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
80	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
90	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Таблица 1.2

Значения коэффициентов расчетной нагрузки Кр на шинах НН цеховых трансформаторов и для магистральных шинопроводов напряжением до 1 кВ

nэ	Коэффициент использования Ки							
	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	0,92	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

В случаях, когда расчетная мощность Рр, вычисленная по выражению (1.1), окажется меньше номинальной наиболее мощного электроприемника (рн.макс), следует принимать $P_{\text{р}} = p_{\text{н.макс}}$.

Расчетная реактивная мощность определяется следующим образом:

- для питающих сетей (питающие распределительные шинопроводы, пункты, сборки, щиты) в зависимости от значения nэ:

при $n_{\text{э}} \le 10$

$$Q_{\text{р}} = 1{,}1 \sum_{1}^{\text{n}} k_{\text{и}i}\, p_{\text{н}i} tg\,\varphi_i \quad ; \qquad (1.4)$$

при $n_{\text{э}} > 10$

$$Q_{\text{р}} = \sum_{1}^{n} k_{\text{и}i}\, p_{\text{н}i} tg\,\varphi_i \quad ; \qquad (1.5)$$

- для магистральных шинопроводов и на шинах цеховых трансформаторных подстанций, а также при определении реактивной мощности в целом по цеху, корпусу:

$$Q_{\text{р}} = K_{\text{р}} \sum_{1}^{\text{n}} k_{\text{и}i}\, p_{\text{н}i} tg\,\varphi_i \quad ; \qquad (1.6)$$

где tgφi – коэффициент реактивной мощности i-го электроприемника, принимаемый по табл. 1.3 по значению cosφ.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Таблица 1.3

Коэффициенты использования и мощности некоторых механизмов и аппаратов

	Электроприемники	Коэффициенты	
		использования, (ки)	мощности (cosφ)
1.	Металлорежущие станки мелкосерийного производства, мелкие токарные, строгальные, долбежные, фрезерные, сверлильные, карусельные, точильные и др.	0,12 - 0,14	0,4 - 0,5
2.	То же при крупносерийном производстве	0,16	0,5-0,6
3.	То же при тяжелом режиме работы: штамповочные прессы, автоматы, револьверные, обдирочные, зубофрезерные, а также крупные токарные, строгальные, фрезерные, карусельные, расточные станки	0,17	0,65
4.	То же с особо тяжелым режимом работы: приводы молотов, ковочных машин, волочильных станков, очистительных барабанов и др.	0,2 - 0,24	0,65
5.	Многошпиндельные автоматы	0,2	0,6
6.	Краны мостовые, грейферные, кран-балки, тельферы, лифты	0,15 - 0,35	0,5
7.	Вентиляторы, санитарно-гигиеническая вентиляция	0,65 – 0,8	0,8
8.	Насосы, компрессоры, двигатель-генераторы	0,7	0,85
9.	Сварочные трансформаторы дуговой электросварки	0,2	0,4
10.	Печи сопротивления, сушильные шкафы, нагревательные приборы	0,75 – 0,8	1,0
11.	Индукционные печи низкой частоты	-	0,35
12.	Индукционные печи высокой частоты	-	0,65 – 0,8
13.	Элеваторы, транспортеры, конвейеры	0,4 – 0,55	0,75
14.	Дуговые сталеплавильные печи	0,5 – 0,75	0,8 – 0,9
15.	Гальванические установки	0,4 – 0,5	0,6 – 0,8

При определении рн для многодвигательных приводов учитываются все одновременно работающие электродвигатели данного привода.

Для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы их номинальная мощность приводится к длительному режиму (ПВ=100 %).

При включении однофазного ЭП на фазное напряжение он учитывается как эквивалентный трехфазный ЭП номинальной мощностью

$$p_{\text{н}} = 3p_{\text{н.о}};\ q_{\text{н}} = 3q_{\text{н.о}}, \qquad (1.7)$$

где рн.о, qн.о – активная и реактивная мощности однофазного ЭП.

При включении однофазного ЭП на линейное напряжение он учитывается как эквивалентный ЭП номинальной мощностью

$$p_{\text{н}} = \sqrt{3}p_{\text{н.о}};\ q_{\text{н}} = \sqrt{3}q_{\text{н.о}}. \qquad (1.8)$$

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

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

В случае превышения указанной неравномерности номинальная мощность эквивалентной группы трехфазных ЭП принимается равной тройному значению мощности наиболее загруженной фазы.

К расчетной активной и реактивной мощности силовых ЭП напряжением до 1 кВ должны быть при необходимости добавлены расчетные осветительные нагрузки Рр.о и Qр.о.

Значение токовой расчетной нагрузки, по которой выбирается сечение линии по допустимому нагреву, определяется по выражению:

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{р}}}{\sqrt{3}U_{\text{н}}}, \qquad (1.9)$$

где $S_{\text{р}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2}$ – полная расчетная мощность узла нагрузки, кВ·А.

Пример. Необходимо определить расчетную электрическую нагрузку участка (цеха) и характерных узлов сети - двух силовых распределительных шкафов (ШР1 и ШР2). В табл. 1.4 в соответствии с вариантом задания указаны номера электроприемников (потребителей), которые запитаны от ШР1 и ШР2. В графах 4 и 5 таблицы приведены расчетные активная и реактивная нагрузки освещения. В табл. 1.5 дается краткая характеристика потребителей (наименование, установленная мощность) участка цеха.

Для иллюстрации расчетные нагрузки определены по исходным данным 0-го варианта табл. 1.4; 1.5). Расчет нагрузки выполнен в виде таблицы 1.6. В первой графе указываются наименования сетевых узлов (ШР1, ШР2, осветительная нагрузка) и номера ЭП из таблицы 1.4 в соответствии с вариантом задания, указанным преподавателем.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Таблица 1.4

Исходные данные

Номер варианта	Номера потребителей, присоединенных к силовому шкафу		Расчетная осветительная нагрузка	
	ШР1	ШР2	Рр0, кВт	Qр0, квар
0	1-3, 11, 12, 101	71-75	3,5	0,5
1	111-115	101-106	10,5	-
2	1, 11, 41. 81, 101	12, 13, 91, 62	28,8	4,6
3	21-26, 31-33	1-5, 91	36,9	14,1
4	111-113, 91, 1, 21	61-63, 71, 76	54,2	12,3
5	101-103, 91, 92	81-86	9,5	-
6	7, 14, 71-73	21-24, 47-49	8,0	-
7	29-30, 41	1-4, 11-13	21,5	7,9
8	4, 6, 8, 9, 13	28, 32, 48, 61, 92	31,8	6,5
9	11-18	21-25, 94	4,5	1,1
10	5, 7-10	21, 91, 102-104	3,9	-
11	2-4, 21-26	5, 27, 17, 101	14,6	3,5
12	10, 11-13, 101	14-16, 91-92	21,8	5,6
13	6, 16, 26-30	31, 41, 61, 71	15,1	2,8
14	14-18, 21-23	81-86, 93	3,6	1,2
15	7, 8, 81, 93, 101	6, 21, 41, 51, 71	5,9	2,3
16	9, 71-73, 104	7, 11-14, 51	7,8	1,9
17	12, 94, 103-106	1-3, 28-30	5,6	1,5
18	13, 84, 93, 102, 103	12, 15 1, 26	3,9	-
19	19, 94, 101-105	3-5, 13-15	8,0	-
20	61-64, 71-76	77-80, 101, 91	11,5	-
21	51, 62, 72, 83, 93, 102	1-4, 19, 20, 30	18,1	4,9
22	30, 65-70	80, 85-90, 110	13,6	2,5
23	91, 92, 101-105	116-120, 11	4,5	-
24	2, 15, 22, 38	1, 12-14, 35-37	7	-
25	4-6, 16-18	7-10, 101-104	6,5	1,5

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Таблица 1.5

Исходные данные

Номера потребителей	Установленная мощность единичного потребителя, кВт	Наименование потребителей
1-10	7	Токарные станки
11-20	3	Сверлильные станки
21-30	2,5	Точильное оборудование
31-40	10,5	Штамповочные прессы
41-50	14	Строгальные станки
51-60	8,5	Револьверные станки
61-70	2,8	Шлифовальные станки
71-80	4,5	Фрезерные станки
81-90	3,5	Печи сопротивления
91-100	4 кВ·А	Сварочные трансформаторы
101-110	5	Насосы
111-120	1,5	Вентиляторы

В графе 2 приводятся наименования ЭП из таблицы 1.5 в соответствии с их номерами.
В графе 3 - количество ЭП одинаковой мощности
В графе 4 - номинальная установленная мощность одного (единичного) ЭП.
В графе 5 - суммарная номинальная мощность.
В графах 6, 7 и 8 записываются справочные данные из табл. 1.3. В итоговой строке в графе 6 указывается значение группового коэффициента использования ($K_{и} = \frac{\sum k_{и} p_{н}}{\sum p_{н}}$), в графе 7 tgφ ($tg\varphi = \frac{Q_{см}}{P_{см}} = \frac{\sum k_{и} p_{н} tg\varphi}{\sum k_{и} p_{н}}$) и в графе 8 соответствующий ему cosφ.

В графах 9 и 10 - соответственно значения kирн и kирнtgφ в итоговых строках приводятся суммы этих значений.

В графах 11, 12, 13, 14, 15, 16 заполняются только итоговые строки. В графе 11 значение, вычисленное по 1.3. В графе 12 указываются значения, принятые по табл. 1.1 или 1.2.

В графах 13, 14, 15, 16 значения, вычисленные соответственно по выражениям 1.1; 1.4 или 1.5 или 1.6; 1.9.

ЗАДАНИЕ № 1.1

По исходным данным табл. 1.4 и 1.5 в соответствии с вариантом, заданным преподавателем, определить расчетную нагрузку производственного участка, силовых шкафов ШР1 и ШР2. Расчеты выполнить в форме табл. 1.6.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Таблица 1.6.
Данные для расчета электрических нагрузок

Наименование узла сети, номер ЭП	Наименование ЭП	Количество ЭП, n	Номинальная мощность, кВт		Коэффициент использования Ки	Коэффициент реактивной мощности		Ки Рн	КиРнtgφ	Эффективное число ЭП $n_э = \frac{(\sum p_н)^2}{\sum p_н^2}$	Коэффициент расчетной нагрузки, Кр	Расчетная мощность			Расчетный ток, А
			одного ЭП, рн	общая Рн=n·рн		cosφ	tgφ					активная, кВт	реактивная, квар	полная, кВ·А	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ШР 1-3 11,12 101	Токарный станок Сверлильный станок Насос	3 2 1	7 3 5	21 6 5	0,14 0,13 0,7	0,5 0,5 0,85	1,732 1,732 0,62	2,94 0,781 3,5	5,0 1,35 2,17						
Итого по ШР1				32	0,23	0,65	1,18	7,22	8,52	5	1,65	11,9	9,37	15,1	22,9
ШР2 71-75	Фрезерный станок	5	4,5	22,5	0,12	0,5	1,732	2,7	4,68						
Итого по ШР2				22,5	0,12	0,5	1,732	2,7	4,68	5	2,54	6,86	5,15	8,58	13,0
Осветительная нагрузка															
Итого по участку				54,5	0,18	0,6	1,33	9,92	13,2	10	1,5	18,76	14,52	23,68	35,9

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

ЗАДАНИЕ № 2

ТЕМА: Защита электрических сетей и электроприемников напряжением до 1 и выше 1 кВ

Краткие теоретические сведения. Основными видами защит электрических сетей и электроприемников напряжением до 1 кВ являются защиты от перегрузки и токов короткого замыкания (КЗ). Защита от токов КЗ должна осуществляться для всех электрических сетей и электроприемников.

В качестве аппаратов защиты применяются автоматические выключатели и предохранители.

Для защиты электродвигателей от перегрузки и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз, применяются также тепловые реле магнитных пускателей.

Выбор аппаратов защиты (предохранителей, автоматов) выполняется с учетом следующих основных требований:

. Номинальный ток и напряжение аппарата защиты должны соответствовать расчетному длительному току и напряжению электрической цепи.

. Номинальные токи расцепителей автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей необходимо выбирать по возможности меньшими по длительным расчетным токам с округлением до ближайшего большего стандартного значения.

. Аппараты защиты не должны отключать установку при кратковременных перегрузках, возникающих в условиях нормальной работы, например, при пусках электродвигателей.

. Время действия аппаратов защит должно быть по возможности меньшим и должна быть обеспечена селективность (избирательность) действия защиты при последовательном расположении аппаратов защит в электрической цепи.

. Ток защитного аппарата (номинальный ток плавкой вставки, номинальный ток или ток срабатывания расцепителя автомата) должен быть согласован с допустимым током защищаемого проводника.

. Аппараты защиты должны обеспечивать надежное отключение в конце защищаемого участка двух- и трехфазных КЗ при всех видах режима работы нейтрали сетей, а также однофазных КЗ в сетях с глухозаземленной нейтралью.

Надежное отключение токов КЗ в сети напряжением до 1 кВ обеспечивается в том случае, если отношение наименьшего однофазного расчетного тока КЗ ($I'_{кз}$) к номинальному току плавкой вставки предохранителя (Iн.вст) или расцепителя автоматического выключателя (Iн.р), имеющего обратнозависимую от тока характеристику будет не менее 3, а во взрывоопасных зонах соответственно:

$$\frac{I'_{кз}}{I_{н.вст}} \geq 4; \quad \frac{I'_{кз}}{I_{н.р}} \geq 6 \qquad (2.1)$$

При защите сетей автоматическими выключателями, имеющими только электромагнитный расцепитель (отсечку), для автоматов с номинальным током до 100 А кратность тока КЗ относительно уставки тока мгновенного срабатывания (Iср.р) должна быть не менее 1,4, а для автоматов с номинальным током более 100 А – не менее 1,25.

Однако, в сетях, защищаемых только от токов КЗ (не требующих защиты от перегрузки), за исключением протяженных сетей, допускается не выполнять расчетной проверки кратности тока КЗ для указанных аппаратов, если обеспечено согласование защитного аппарата с допустимым током защищаемого проводника.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

2.1. Выбор плавких вставок предохранителей

Номинальный ток плавкой вставки предохранителя определяется по величине длительного расчетного тока (Iр):

$$I_{\text{н.вст}} \geq I_{\text{р}}, \tag{2.2}$$

и по условию перегрузок пиковыми токами

$$I_{\text{н.вст}} \geq I_{\text{п}}/\alpha, \tag{2.3}$$

где Iп – пиковый (максимальный кратковременный) ток;

α – коэффициент кратковременной тепловой перегрузки;

$\alpha = 2{,}5$ – для легких пусков с длительностью пуска до 5 с, а также при редких пусках (насосы, вентиляторы, станки и т.п.) и при защите магистрали;

$\alpha = 2$ – для тяжелых условий пуска, а также при частых (более 15 раз в час) пусках (краны, дробилки, центрифуги и т.п.);

$\alpha = 1{,}6$ – для ответственных электроприемников.

При выборе предохранителя для одиночного электроприемника в качестве Iр принимается его номинальный ток iн, а в качестве Iп – пусковой ток iпуск.

Для линий, питающих группу электроприемников, максимальный пиковый ток определяется:

$$I_{\text{п}} = I'_{\text{пуск}} + I'_{\text{р}}. \tag{2.4}$$

где $I'_{\text{пуск}}$ – пусковой ток электроприемника или группы одновременно включаемых электроприемников, при пуске которых кратковременный ток линии достигает наибольшей величины;

$I'_{\text{р}}$ – длительный расчетный ток, определяемый без учета рабочего тока пускаемых электроприемников.

При отсутствии данных о количестве одновременно пускаемых электроприемников пиковый ток линии может быть определен по формуле:

$$I_{\text{пик}} = i_{\text{п.max}} + (I_{\text{р}} - k_{\text{и}} i_{\text{нп}}), \tag{2.5}$$

где iп.max – наибольший пусковой ток электроприемника группы;

Iр – расчетный по нагреву ток группы электроприемников;

iнп – номинальный ток электроприемника с наибольшим пусковым током;

kи – коэффициент использования электроприемника с наибольшим пусковым током.

Номинальный ток плавкой вставки предохранителя, защищающего ответвление к сварочному аппарату, выбирается из соотношения:

$$I_{\text{н.вст}} \geq 1{,}2 \cdot i_{\text{нс}} \sqrt{ПВ}, \tag{2.6}$$

где iнс – номинальный ток сварочного аппарата при паспортной продолжительности включения (ПВ).

Допускается Iн.вст для сварочного аппарата принимать равным допустимому току провода, питающего сварочный аппарат.

Выбранные плавкие вставки должны обеспечивать также селективность (избирательность) срабатывания. Это значит, что при КЗ на каком-либо участке сети должна перегореть плавкая вставка предохранителя только этого поврежденного участка. В общем случае защита считается селективной, когда характеристики срабатывания аппаратов защиты последовательно расположенных в сети с учетом зон разброса характеристик не пересекаются.

У плавких предохранителей с учетом того, что разница во времени срабатывания плавких вставок с ростом тока КЗ и в области больших токов КЗ уменьшается, а также тот фактор, что с многократным повторе-

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

нием циклов нагрева время срабатывания предохранителя высшей ступени может уменьшаться для обеспечения селективности срабатывания каждый предохранитель на схеме сети по мере приближения к ИП должен иметь плавкую вставку не менее, чем на две ступени выше, чем предыдущий.

Пример. Рассчитать ток и выбрать плавкий предохранитель для защиты линии, по которой питается электроприемник (электродвигатель) со следующими данными:

$$p_{\text{н}} = 18{,}5 \text{ кВт}; \cos\varphi_{\text{н}} = 0{,}82; \eta_{\text{н}} = 87\ \%; U_{\text{н}} = 380 \text{ В}.$$

Решение. Определяем длительный расчетный ток линии:

$$I_{\text{р}} = i_{\text{н}} = \frac{p_{\text{н}}}{\sqrt{3} U_{\text{н}} \cos\varphi_{\text{н}} \eta_{\text{н}}} = \frac{18{,}5}{1{,}73 \cdot 0{,}380 \cdot 0{,}82 \cdot 0{,}87} = 39{,}6 \text{ А}$$

$$I_{\text{п}} = i_{\text{н}} \frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{н}}} = 39{,}6 \cdot 7 = 277{,}2 \text{ А}.$$

Пусковой ток:

По длительному току $I_{\text{н.вст}} \geq 39{,}6$ А.

По кратковременному току с учетом условий пуска

$$I_{\text{н.вст}} \geq \frac{I_{\text{п}}}{\alpha} \geq \frac{277{,}2}{2{,}5} \geq 110{,}9 \text{ А}.$$

Выбираем предохранитель ПН2-250 с $I_{\text{н.вст}} = 120$ А.

ЗАДАНИЕ № 2.1

Рассчитать токи электроприемников и выбрать плавкие предохранители в распределительном шкафу, схема которых приведена на рис. 2.1.

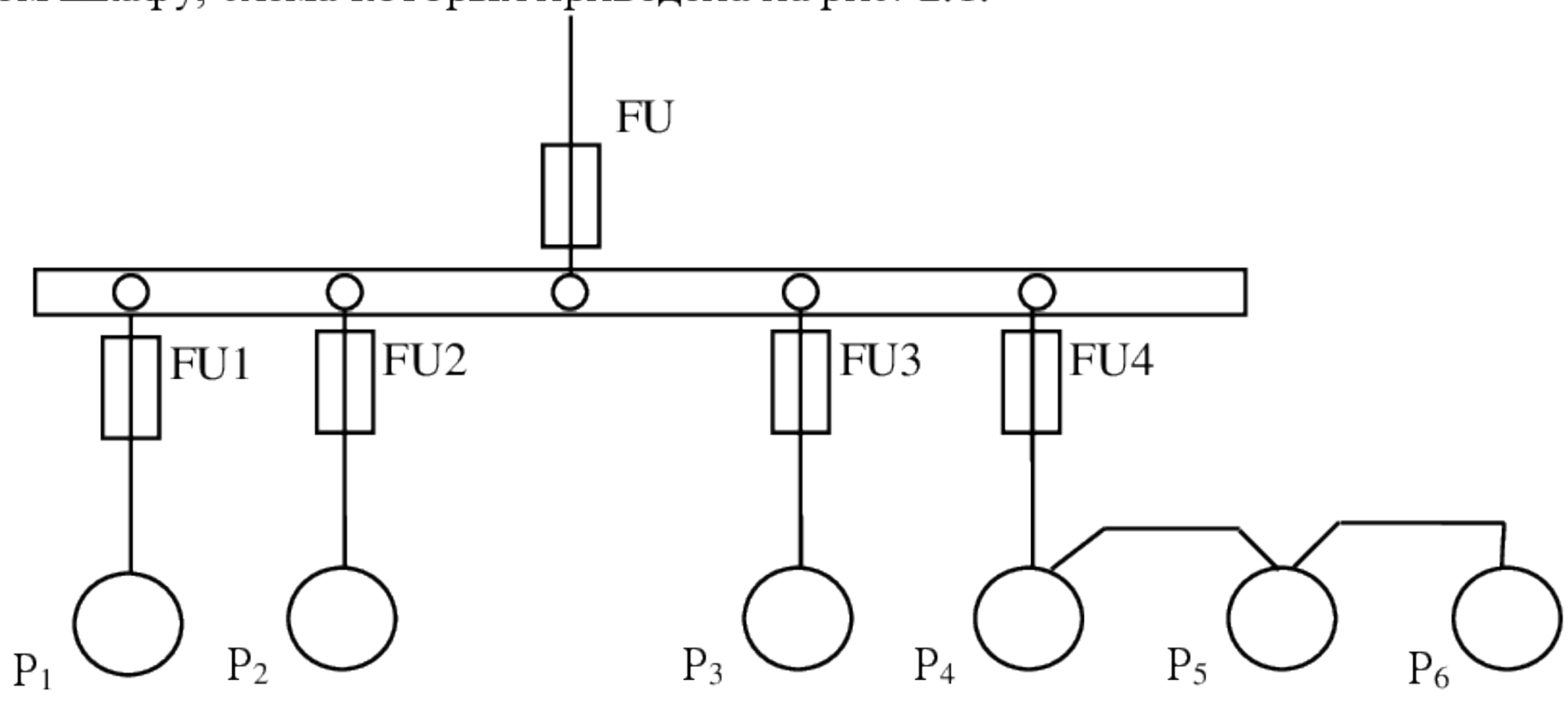

Рис. 2.1. Схема распределительной сети

Таблица 2.1

Исходные данные

№ вар.	P1 кВт	P2 кВт	P3 кВт	P4 кВт	P5 кВт	P6 кВт	cosφ1	cosφ2	cosφ3	cosφ4	cosφ5	cosφ6	Kc
1	19,6	17,3	3,7	4,3	11,0	9,3	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
2	18,1	14,0	3,3	2,5	6,0	21,0	0,8	0,7	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8
3	12,0	19,3	10,2	1,3	7,5	5,0	0,6	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,85
4	7,3	14,2	7,6	2,1	23,2	4,5	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,9	0,85

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

5	9.2	7,3	1,1	0,75	14,5	28,0	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,7	0,85
6	4,0	13,5	7,2	3,0	9,8	19,3	0,7	0,7	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
7	17,5	9,2	3,0	2,2	7,3	8,4	0,6	0,6	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8
8	3,5	7,1	5,3	2,3	6,1	19,5	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6	0,6	0,8
9	8,4	21,3	7,5	4,0	14,6	3,4	0,7	0,6	0,8	0,8	0,6	0,7	0,8
10	11,6	25,3	3,6	0,75	9,3	2,2	0,8	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,85
11	10,3	16,1	7,4	3,1	4,9	9,5	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,8	0,85
12	17,1	6,3	0,75	0,75	5,7	20,4	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,85
13	4,0	9,3	2,8	1,7	17,1	14,0	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,6	0,8
14	12,8	7,3	4,1	0,8	19,3	6,5	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
15	14,5	14,5	10,0	4,1	7,5	2,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8

2.2. Выбор автоматических выключателей

Номинальные токи автоматического выключателя и расцепителя выбирают по длительному расчетному току линии:

$$I_{\text{н.а}} \geq I_{\text{р}}, \qquad (2.7)$$

$$I_{\text{н.р}} \geq I_{\text{р}}. \qquad (2.8)$$

Ток срабатывания (отсечки) электромагнитного или комбинированного расцепителя (Iср.р) проверяется по пиковому току линии Iпик:

$$I_{\text{ср.р}} \geq 1{,}25 I_{\text{пик}}, \qquad (2.9)$$

Ток срабатывания расцепителя устанавливается изготовителем в зависимости от $I_{\text{н.р}}$

$$I_{\text{ср.р}} = \kappa_{\text{то}} \cdot I_{\text{н.р}}$$

где $\kappa_{\text{то}}$ – кратность тока отсечки.

С учетом (2.9) расчетное значение кратности тока отсечки определяется по выражению:

$$\kappa_{\text{то}} \geq \frac{1{,}25 \cdot I_{\text{пик}}}{I_{\text{н.р}}}, \qquad (2.10)$$

Селективность срабатывания последовательно включенных автоматических выключателей обеспечивается в тех случаях, когда их защитные характеристики не пересекаются. При отсутствии защитных характеристик каждый автомат на схеме сети по мере приближения к ИП должен иметь номинальный ток расцепителя не менее, чем на ступень выше, чем предыдущий.

Пример. Рассчитать ток и выбрать автоматический выключатель для защиты от перегрузки и токов короткого замыкания. Электроприемником является асинхронный двигатель мощностью 11 кВт, $\cos\varphi_{\text{н}} = 0{,}87$; $\eta_{\text{н}} = 87{,}5\%$; $\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{н}}} = 7{,}5$.

Решение. Определяем длительный расчетный ток

$$I_{\text{р}} = i_{\text{н}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \cos\varphi_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{н}}} = \frac{11}{1{,}73 \cdot 0{,}38 \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}875} = 22\ \text{А}.$$

Выберем номинальный ток расцепителя из условия:

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$I_{\text{н.р}} \geq I_{\text{р}} \geq 22 \text{ А}.$$

Автоматический выключатель серии ВА 51-25 с $I_{\text{н.а}} = 25 \text{ А}$, $I_{\text{н.р}} = 25 \text{ А}$.

Устанавливаем невозможность срабатывания автоматического выключателя при пуске:

$$I_{\text{ср.р}} \geq 1{,}25 \cdot I_{\text{пик}}.$$

На электромагнитном расцепителе ток трогания установлен на 10Iн.р, значит $I_{\text{ср.р}} = 250 \text{ А}$.

Максимальный кратковременный ток

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{п}} = 22 \cdot 7{,}5 = 165 \text{ А};$$

$$I_{\text{ср.р}} \geq 1{,}25 \cdot I_{\text{пик}} = 1{,}25 \cdot 165 = 206{,}3 \text{ А}; \; 250 \text{ А} > 206{,}3 \text{ А}.$$

ЗАДАНИЕ № 2.2

Рассчитать токи электроприемников и выбрать автоматические выключатели в распределительном шкафу серии ПР8501 (рис. 3.2).

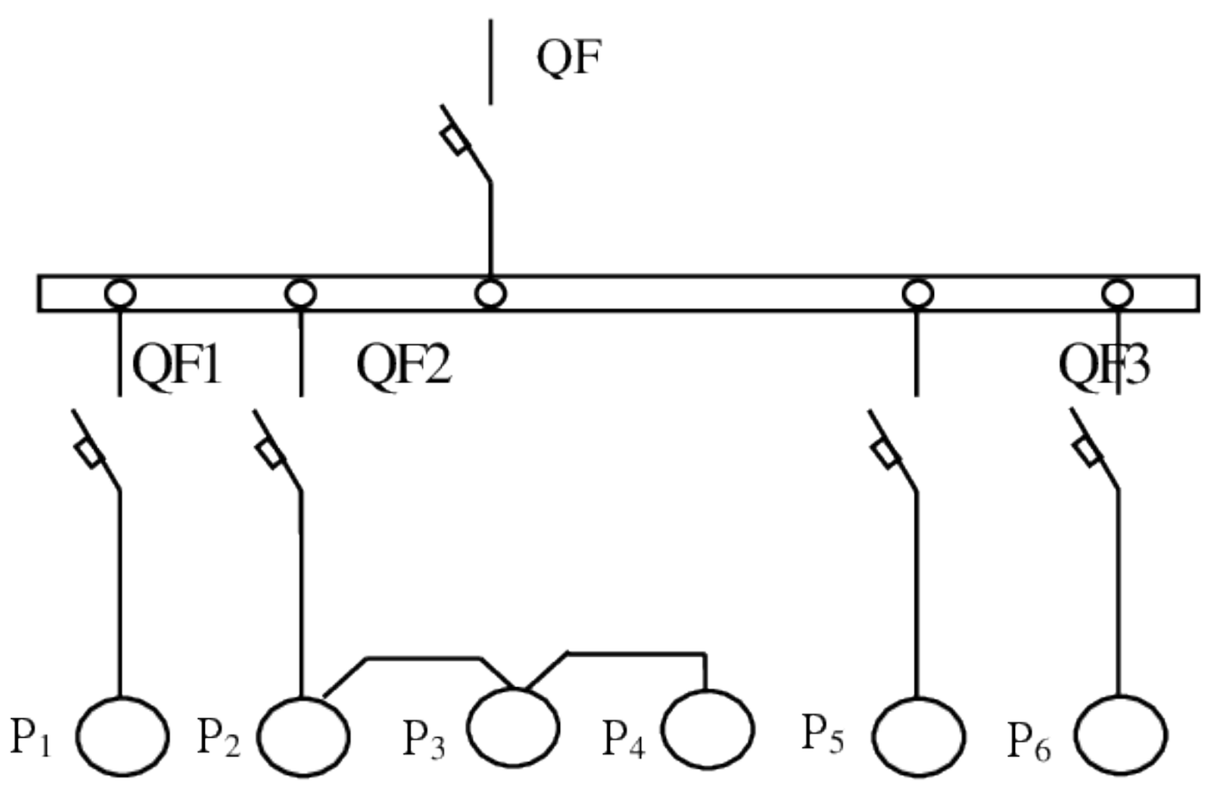

Рис. 2.2. Схема распределительной сети

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Таблица 2.2

Исходные данные

№ вар.	P1 кВт	P2 кВт	P3 кВт	P4 кВт	P5 кВт	P6 кВт	cosφ1	cosφ2	cosφ3	cosφ4	cosφ5	cosφ6	Kc
1	16,1	14,3	7,3	2,2	21,3	9,2	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,85
2	3,8	14,0	2,7	4,0	18,5	3,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
3	12,5	10,3	7,5	1,1	5,2	4,0	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,85
4	1,9	7,3	0,73	0,73	19,3	22	0,8	0,6	0,6	0,7	0,8	0,6	0,8
5	19,0	7,5	4,0	2,2	13,0	5,5	0,7	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,85
6	4,2	23,1	2,0	2,0	4,9	9,1	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,7	0,85
7	13,3	12,0	2,2	1,1	4,9	8,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,6	0,8
8	10,0	7,8	2,7	0,75	3,8	2,2	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
9	23,0	3,0	8,3	0,3	4,8	11,0	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
10	9,3	10,0	3,2	0,75	5,5	18,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,6	0,8
11	7,3	13,5	7,5	3,0	13,0	2,2	0,8	0,7	0,7	0,8	0,6	0,8	0,85
12	14,5	7,5	3,0	0,75	3,5	18,3	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,7	0,85
13	10,2	8,5	4,0	0,9	18,0	3,7	0,7	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,85
14	8,4	12,6	7,7	3,0	18,5	7,3	0,7	0,8	0,7	0,9	0,8	0,6	0,8
15	15,8	11,0	4,8	2,2	3,9	19,6	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,85

3. Общие требования к написанию и оформлению работы

<u>Основные требования к работе</u>

При выполнении и оформлении контрольной по ГОСТу надо учитывать общие требования, которые предъявляются к работе:

– студент должен придерживаться заданной тематики;

– запрещено менять тему самостоятельно без обращения к преподавателю;

– при оформлении работы нужно учитывать нормы и ГОСТы;

– контрольная выполняется на основании не менее семи источников, выбранных автором;

– работа должна быть авторской, в ней должны содержаться собственные выводы студента;

– текст контрольной должен иметь объем не менее 7 листов.

<u>Оформление по ГОСТу текста контрольной</u>

Когда работа выполнена, ее необходимо привести в соответствующий вид согласно ГОСТам:

– контрольную напишают в word или другом текстовом редакторе с аналогичным функционалом;

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

– при наборе нужно использовать шрифт Times New Roman;

– интервал между строк — полуторный;

– размер шрифта — 14;

– текст выравнивается по ширине;

– в тексте делают красные строки с отступом в 12,5 мм;

– нижнее и верхнее поля страницы должны иметь отступ в 20 мм;

– слева отступ составляет 30 мм, справа — 15 мм;

– контрольная всегда нумеруется с первого листа, но на титульном листе номер не ставят;

– номер страницы в работе всегда выставляется в верхнем правом углу;

– заголовки работы оформляются жирным шрифтом;

– в конце заголовков точка не предусмотрена;

– заголовки набираются прописными буквами;

– все пункты и разделы в работе должны быть пронумерованы арабскими цифрами;

– названия разделов размещаются посередине строки, подразделы – с левого края;

– работа распечатывается в принтере на листах А4;

– текст должен располагаться только на одной стороне листа.

<u>Работа имеет такую структуру:</u>

1. Титульный лист;
2. Оглавление и введение;
3. Основной текст и расчет контрольной;
4. Заключительная часть работы;
5. Перечень использованной литературы и источников;
6. Дополнения и приложения.

Если в работе есть приложения, о них надо упоминать в оглавлении.

Ссылки нумеруются арабскими цифрами, при этом учитывают структуру работы (разделы и подразделы).

4. Рекомендации по выполнению задания

Указание к решению задачи №1

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Пример. Рассчитать ток и выбрать автоматический выключатель для защиты от перегрузки и токов короткого замыкания. Электроприемником является асинхронный двигатель мощностью 11 кВт, $\cos\varphi_{н} = 0{,}87$; $\eta_{н} = 87{,}5\%$; $\frac{I_{п}}{I_{н}} = 7{,}5$.

Решение. Определяем длительный расчетный ток

$$I_{р} = i_{н} = \frac{P}{\sqrt{3}U\cos\varphi \cdot \eta} = \frac{11}{1{,}73 \cdot 0{,}38 \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}875} = 22 \text{ А}.$$

Выберем номинальный ток расцепителя из условия:

$$I_{н.р} \geq I_{р} \geq 22 \text{ А}.$$

Автоматический выключатель серии ВА 51-25 с $I_{н.а} = 25 \text{ А}$, $I_{н.р} = 25 \text{ А}$.

Устанавливаем невозможность срабатывания автоматического выключателя при пуске:

$$I_{ср.р} \geq 1{,}25 \cdot I_{пик}.$$

На электромагнитном расцепителе ток трогания установлен на 10Iн.р, значит $I_{ср.р} = 250 \text{ А}$.

Максимальный кратковременный ток

$$I_{пик} = I_{п} = 22 \cdot 7{,}5 = 165 \text{ А};$$

$$I_{ср.р} \geq 1{,}25 \cdot I_{пик} = 1{,}25 \cdot 165 = 206{,}3 \text{ А}; \; 250 \text{ А} > 206{,}3 \text{ А}.$$

5. План-график выполнения задания

Работа над расчетно-графической работой может быть представлена в виде выполнения следующих этапов:

№ п/п	Наименование этапа	Сроки выполнения
1.	Получения задания	На первом практическом занятии
2.	Первичная консультация с преподавателем	На первом практическом занятии
3.	Работа с информационными источниками	В течении семестра
4.	Написание контрольной работы	В течении семестра
5.	Предоставление контрольной работы на кафедру	В течении семестра
6.	Защита контрольной работы	На последнем практическом занятии

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

6. Критерии оценивания работы

В целях повышения качества выполняемых расчетно-графических работ преподаватель руководствуется следующими критериями оценивания письменных работ студентов.

Оценка «зачтено (отлично)» выставляется, если студент:

– представил расчетно-графическую работу в установленный срок и оформил ее в строгом соответствии с изложенными требованиями;

– использовал рекомендованную и дополнительную учебную и страноведческую литературу;

– при выполнении упражнений показал высокий уровень знания лексико-грамматического и страноведческого материала по заданной тематике, проявил творческий подход при ответе на вопросы, умение глубоко анализировать проблему и делать обобщающие выводы;

– выполнил работу грамотно с точки зрения поставленной задачи, т.е. без ошибок и недочетов или допустил не более одного недочета.

Оценка «зачтено (хорошо)» выставляется, если студент:

– представил расчетно-графическую работу в установленный срок и оформил ее в соответствии с изложенными требованиями;

– использовал рекомендованную и дополнительную литературу;

– при выполнении упражнений показал хороший уровень знания лексико-грамматического и страноведческого материала по заданной тематике, практически правильно сформулировал ответы на поставленные вопросы, представил общее знание информации по проблеме;

– выполнил работу полностью, но допустил в ней: а) не более одной негрубой ошибки и одного недочета б) или не более двух недочетов.

Оценка «зачтено (удовлетворительно)» выставляется, если студент:

– представил работу в установленный срок, при оформлении работы допустил незначительные отклонения от изложенных требований;

– показал достаточные знания по основным темам контрольной работы;

– использовал рекомендованную литературу;

– выполнил не менее половины работы или допустил в ней а) не более двух грубых ошибок, б) или не более одной грубой ошибки и одного недочета, в) или не более двух-трех негрубых ошибок, г) или одной негрубой ошибки и трех недочетов, д) или при отсутствии ошибок, но при наличии 4-5 недочетов.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Оценка «незачтено (неудовлетворительно)» выставляется:

– когда число ошибок и недочетов превосходит норму, при которой может быть выставлена оценка «зачтено (удовлетворительно)» или если правильно выполнено менее половины работы;

– если студент не приступал к выполнению работы или правильно выполнил не более 10 процентов всех заданий.

7. Порядок защиты работы

Написанная студентом расчетно-графическая работа сдается на кафедру в срок для рецензирования. Студент защищает расчетно-графическую работу до экзамена (зачета) перед преподавателем. Без защиты РГР студент к экзамену (зачету) не допускается.

Работа не допускается к защите, если она не носит самостоятельного характера, списана из литературных источников или у других авторов, если основные вопросы не раскрыты, изложены схематично, фрагментарно, в тексте содержатся ошибки, научный аппарат оформлен неправильно, текст написан небрежно.

В ходе защиты контрольной работы задача студента — показать углубленное понимание вопросов конкретной темы, хорошее владение материалом по теме.

Защита расчетно-графической работы может проходить в различных формах по усмотрению преподавателя:

– в форме индивидуальной беседы студента с руководителем по основным положениям работы;

– в форме индивидуальной защиты в присутствии всей группы студентов;

– в форме групповой защиты – одновременной защиты контрольной работы по одному направлению. В этом случае каждый следит за ходом рассуждений товарищей, дополняет, уточняет их, что, несомненно, усиливает работу мысли и способствует развитию экономического мышления.

Любая форма защиты контрольной работы учит отстаивать свою точку зрения, убедительно аргументировать ее, что способствует перерастанию знаний в убеждения.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Список литературы

8.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Гужов Н. П. , Ольховский В. Я. , Павлюченко Д. А. Системы электроснабжения: учебник/ Гужов Н. П. , Ольховский В. Я. , Павлюченко Д. А. Новосибирск: НГТУ, 2015.– 262 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=438343
2. Соколова, Е.М. Электрическое и электромеханическое оборудование. Общепромышленные механизмы и бытовая техника : учебник/Е,М. Соколова. - 9-е изд., испр.-М.: Академия, 2014. - 224 с.
3. Смирнов, Ю. А. Физические основы электротехники : учеб, пособие / Ю.А. Смирнов, С,В. Соколов, Е.В. Титов. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2013. - 560 с. - (Учебники для ву-зов. Специальная литература). - Библиогр,: с. 558-559. - ISBN 978-5-8114-1369-0
4.Акимова, Н. А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования : учебник / Н.А. Акимова, Н.Ф. Котеленец, Н.И. Сентюрихин ; под ред. Н.Ф. Котеленца. - 10¬е изд., испр. - М. : Академия, 2013. - 304 с. - Прил.: с. 284-295. - Библиогр.. с. 296.

8.2.Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.
3. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы.
4. Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

8.3.Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины
1. http://www.biblioclub.ru -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. http://www.iprbookshop.ru/ - Электронно- библиотечная система IPRbooks

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Содержание

№ п/п		Стр.
	Введение	
1.	Цель и задачи изучения дисциплины	
2.	Оборудование и материалы	
3.	Наименование лабораторных работ	
4.	Содержание лабораторных работ	
4.1	Лабораторная работа № 1. Нагрузочная способность и выбор параметров основного электрооборудования.	
4.2	Лабораторная работа № 2. Компенсация реактивной мощности и регулирование напряжения в системе электроснабжения промышленного предприятия.	
4.3.	Лабораторная работа №3. Отклонения напряжения, размах изменений напряжения, фликер, несинусоидальность и несимметрия напряжений в распределительных электрических сетях 10-0,4 кВ.	
4.4	Лабораторная я работа №4. Исследование и регулирование уровней напряжения в промышленных электросетях.	
4.5	Лабораторная работа №5. Исследование помех по электропитанию в промышленных электросетях.	
5	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
5.1	Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины	
5.2	Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	
5.3	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины	

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Введение

Лабораторные занятия создают оптимальные дидактические условия для деятельностного освоения студентами содержания и методологии изучаемой дисциплины «Электроснабжение», использование специального лабораторного оборудования и технических средств. Лабораторные занятия занимают преимущественное место при изучении общепрофессиональных и профессиональных дисциплин. Лабораторные занятия проводятся с целью выработки практических умений и приобретения навыков в решении экспериментных задач, отработки упражнений, выполнении чертежей, производстве расчётов и т.п.

Целью лабораторных занятий является формирование практических умений – профессиональных (выполнять определённые действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных, необходимых в последующей учебной деятельности по общепрофессиональным и профессиональным дисциплинам.

Библиографический список содержит сведения о справочной литературе и дополнительных изданиях, необходимых для углубленного изучения отдельных вопросов.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

1. Цель и задачи изучения дисциплины

Цель дисциплины является
- формирование у студентов систематических знаний по вопросам проектирования и эксплуатации комплексных систем электроснабжения городов и промышленных пред-приятий.
Задачами дисциплины является:
- определять величины расчетных нагрузок,
- проектировать на вариантной основе схемы электроснабжения промышленных предприятий и городов;
- рассчитывать параметры режима сети и определением показателей качества электроэнергии в ее расчетных узлах.

2. Оборудование и материалы

Комплект учебно-лабораторного оборудования
«Энергосбережение в системах электроснабжения и электропотребления». Комплект учебно-лабораторного оборудования
«Автоматизированная система контроля и учета электроэнергии». Комплект учебно-лабораторного оборудования «Электрические станции и подстанции». Комплект учебно-лабораторного оборудования «Умная местная распределительная электрическая сеть». Научно-исследовательский комплекс «Оптимизация режимов работы электрических сетей с активными элементами, выполненными на базе силовых полупроводниковых преобразователей», исполнение стендовое компьютерное. Научно-исследовательский комплекс «Автоматизированные средства управления и защиты в системах электроснабжения промышленных предприятий», исполнение стендовое компьютерное. Научно-исследовательский комплекс «Применение автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии с целью повышения эффективности эксплуатации систем электроснабжения», исполнение стендовое ручное. Комплект типового лабораторного оборудования «Теоретические основы электротехники». Комплект учебно-лабораторного оборудования «Электротехнические материалы». Комплект типового лабораторного оборудования "Электротехнические машины». Комплект типового лабораторного оборудования Электротехнические машины». Лабораторное оборудование «Электроэнергетика-релейная защита и автоматика». Учебный стенд «Теория электрических цепей и основы электротехники».

3. Наименование практических работ

№ Темы дисциплины	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
5 семестр			
1	**Лабораторная работа № 1.** Нагрузочная способность и выбор параметров основного электрооборудования. Изучить нагрузку на электрооборудование и приобрести навыки расчёта основных её параметров.	1,5	–
2	**Лабораторная работа № 2.** Компенсация реактивной мощности и регу- [illegible] электро- снабжения промышленного предприятия.	1,5	–

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

	Приобрести навыки расчёта реактивной мощности в системе электроснабжения промышленного предприятия и изучить методы её компенсации.		
3	**Лабораторная работа № 3.** Отклонения напряжения, размах изменений напряжения, фликер, несинусоидальность и несимметрия напряжений в распределительных электрических сетях 10-0,4 кВ Изучить отклонения напряжения, фликер, несинусоидальнось и несимметрию напряжений и приобрести навыки их устранения.	–	–
4	**Лабораторная работа № 4.** Исследование и регулирование уровней напряжения в промышленных электросетях. Приобрести навыки регулирования уровней напряжения в промышленных электросетях 0,6-0,4 кВ.	–	–
5	**Лабораторная работа № 5.** Исследование помех по электропитанию в промышленных электросетях. Приобрести навыки устранения помех по электропитанию в промышленных электросетях.	–	–
	Итого	**3**	–

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

4.Содержание лабораторных работ

4.1. Лабораторная работа №1

Тема занятия Нагрузочная способность и выбор параметров основного электрооборудования.

Цель занятия. Приобрести навыки выполнения расчета электрических нагрузок в электроустановках напряжением выше 1 кВ методом упорядоченных диаграмм.

.

Теоретическая часть

1.1. Нагрузочная способность и выбор параметров основного электрооборудования.

1.2. Цель работы

Изучение конструкции лабораторной установки, принципа ее работы и параметров моделируемых элементов СЭПП.

Исследование режима работы моделируемой СЭПП на суточном интервале времени и определение параметров режимов.

1.3. Введение

Основные номинальные параметры моделируемых элементов СЭПП приведены в табл.1. Для трехфазных силовых трансформаторов в практических расчетах используются следующие параметры при замещении трансформатора Г – образной однолинейной эквивалентной схемой:

U_1, U_2 — фазные напряжения, приведенные к одной ступени напряжения;

I_1, I_2 — токи первичной и вторичной обмоток трансформатора;

$I_{xx} = I_a - jI_p$ — ток холостого хода трансформатора;

$$X_\mu = \frac{3U_1^2}{Q_{xx}}$$ — индуктивная составляющая сопротивления ветви намагничивания;

$$r_a = \frac{3U_1^2}{\Delta P_{xx}}$$ — активная составляющая сопротивления ветви намагничивания;

$$R = \frac{\Delta P_{кз} \cdot 10^3}{3I_H^2} = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_H^2}{S_H^2}$$ — активное сопротивление трансформатора, Ом;

$$X = \frac{\sqrt{\left(\frac{U_k \cdot U_H}{100}\right)^2 - (I_H R)^2}}{I_H}$$ — индуктивное сопротивление трансформатора, Ом;

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$\Delta\dot{S} = 3I_2^2R - j3I_R^2X = \Delta P_{кз} \cdot K_з^{\,2} - j\Delta Q_{кз}K_з^{\,2}$$ — нагрузочные потери в трансформаторе ($K_з = \frac{I_2}{I_H}$ — коэффициент загрузки), кВт;

$\Delta\dot{U} = \dot{I}_2R + j\dot{I}_2X$ - потери напряжения в трансформаторе, В.

Оборудование

Основной особенностью режимов работы СЭПП на длительных циклах времени (сутки, неделя, год) является их изменчивость, что обусловлено изменчивостью электрических нагрузок. Режимы СЭПП характеризуются параметрами двух типов: текущие и интегральные за время T. К текущим параметрам относятся значение токов, напряжений, мощностей в узлах сети, изменяющиеся во времени. К интегральным за время T — средние значения токов, напряжений, мощностей, их дисперсии, потери электроэнергии и др.

На суточных интервалах времени текущие значения параметров режимов СЭПП принято представлять в форме суточных графиков (тока, напряжения, мощности и др.) их осредненных значений на последовательных интервалах θ (θ =30 или 60 мин).

Интегральные параметры, например, для графика тока

$$I_{ср} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} I_i;\ \sigma_I^2 = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n}\left(I_i - I_{ср}\right)^2 = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n} I_i^2 - I_{ср}^2 = I_э^2 - I_{ср}^{\,2},$$

где n — число интервалов θ в суточном графике тока;

$I_э$ — среднеквадратическое значение графика тока.

Потери электроэнергии в линии с сопротивлением R за время T:

$$\Delta W = 3I_{ср}^2RT + 3\sigma_I^2RT = \theta\ \sum_{1}^{n} 3I_i^2R.$$

Потери электроэнергии в трансформаторе за время T:

$$\Delta W = \Delta P_{xx}T + \left(\frac{I_{ср}}{I_H}\right)^2 \Delta P_{кз}T + \frac{\sigma_I^2}{I_H^2}\Delta P_{кз}T = \Delta P_{xx}T +$$

$$+\theta\ \sum_{1}^{n}\left(\frac{I_i}{I_H}\right)^2 \Delta P_{кз}\ .$$

1.4. (задание)

1.3.1. Изучить конструкцию лабораторной установки. Рассчитать все сопротивления эквивалентной схемы для трансформаторов Т2 и Т4.

1.3.2. Подготовиться к регистрации графиков активных и реактивных нагрузок, заготовить табл.3 в двух экземплярах (для трансформаторов Т2 и Т4).

Таблица 3

Регистрация и расчет текущих параметров режима СЭПП напряжение суточном интервале времени для трансформатора Т2(Т4)

	Показания счет-	Графики нагрузки

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

	кт ив но го		ре ак тив но го						
Среднее значение Среднеквадратическое отклонение									

1.3.3. Подготовить установку и самопишущий прибор для регистрации текущих параметров режима работы моделируемой СЭПП на суточном интервале времени; включить трансформатор Т4, обобщенную нагрузку S_1 на шинах 10,5 кВ ГПП, синхронный электродвигатель; отключить трансформатор Т3, конденсаторные батареи БК1, БК2 и БК3, а также силовой фильтр ФКУ; установить РПН трансформатора Т2 и ПБВ трансформатора Т4 в нулевое положение; подготовить к работе самопишущий прибор и подключить его с помощью соединительных проводов к соответствующему трансформатору тока (рис.2) для регистрации графика тока в трансформаторе Т4.

1.3.4. Запустить установку нажатием кнопки »Пуск» и произвести регистрацию графиков активной и реактивной мощностей нагрузок трансформаторов Т2 и Т4 путем считывания и записи в табл.3 (графы 2, 4) показаний соответсвующих счетчиков. График тока трансформатора Т4 записать с помощью самопишущего прибора.

Содержание отчета

1.3.5. Произвести расчет графиков активной, реактивной и полной мощностей путем умножения разности показаний счетчиков на соответствующий масштабный коэффициент (табл.2). Рассчитать средние значения и среднеквадратические отклонения графиков нагрузки. Для Т4 значения тока (графа 10) определить расчетным путем или по регистрограмме, разбив ее на 24 интервала (в зависимости от характера графиков) и определив среднее значение на каждом интервале ли-
нейной (в полулогарифмических координатах) и умножив их на соответствующий масштабный ко-

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

эффициент). Для самоконтроля рекомендуется сопоставить полученные значения тока со значениями, рассчитанными по полной мощности.

1.3.6. Рассчитать потери электроэнергии за сутки в трансформаторах Т2, Т4 и в кабельной линии (в киловатт – часах и в процентах). В величине потерь выделить составляющую, обусловленную неравномерностью графиков нагрузок.

1.3.7. Оформить отчет по лабораторной работе, который должен содержать:

- мнемосхему установки, краткое описание и параметры моделируемых элементов типовой СЭПП, цель работы;
- расчет сопротивлений эквивилентной схемы трансформаторов Т2 и Т4;
- результаты регистрации и расчета графиков нагрузки и их параметров для трансформаторов Т2 и Т4 (табл.3);
- графики нагрузок Т2 иТ4 (активной, реактивной, полной мощности и тока);
- расчет потерь электроэнергии в трансформаторах Т2, Т4 и в кабельной линии, питающей трансформатор Т4;
- оценку (в % к полным потерям) потерь в указанных элементах схемы, обусловленных реактивными нагрузками;
- выводы по полученным результатам работы.

1.5. Подготовка к работе

Самостоятельная подготовка к лабораторной работе должна включать:

- изучение теоретического материала курса ЭСПП по разделу «Режимы электропотребления промышленных предприятий»;
- выполнение п.1.3.1 и 1.3.2 задания.

1.6. Контрольные вопросы

1.5.1. Каковы причины изменчивости параметров режимов работы СЭПП во времени?

1.5.2. Какие потери имеются в трансформаторах и от чего они зависят?

1.5.3. Как определяются потери электроэнергии в промышленных электросетях?

1.5.4. Неравномерность режимов электропотребления осложняет и ухудшает работу элекроэнергетических систем. Почему?

4.2. Лабораторная работа №2

Тема занятия Компенсация реактивной мощности и регулирование напряжения в системе электроснабженния промышленного предприятия.

Цель занятия. Приобрести навыки выполнения расчета электрических нагрузок в электроустановках напряжением выше 1 кВ методом упорядоченных диаграмм.

Теоретическая часть

Компенсация реактивной мощности и регулирование напряжения в системе электроснабженния промышленного предприятия.

2.1. Цель работы

Изучение основных принципов компенсации реактивных нагрузок (КРН) в промышленных электрических сетях (ПЭС). С этой целью в работе предусмотрено: вычисление общей мощности компенсирующих устройств (КУ) для потребителя, реализация расчетного режима реактивной мощности на лабораторной модели, оценка влияния КРН на режим напряжения и расчет экономического эффекта.

2.2. Введение

Обмен реактивной мощностью между системой электроснабжения предприятия и энергетической системой (ЭЭС) регламентирован «Правилами пользования электрической и тепловой энергией». Установление конкретных требований к режиму реактивной мощности каждого из предприятий осуществляется при ежегодном заключении договора на поставку элек-

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

троэнергии от электроснабжающей организации. Экономически обоснованные входные реактивные мощности ($Q_{Э1}$ и $Q_{Э2}$) [4] задаются предприятием дифференцированно, в зависимости от потребляемой мощности и электрической удаленности предприятия от основных источников энергии (электростанций). Числовые значения $Q_{Э1}$ и $Q_{Э2}$ определяются в результате расчетов оптимальных режимов работы энергосистемы в периоды ее максимальных ($Q_{Э1}$) и минимальных ($Q_{Э1}$) нагрузок.

В работе исследуется узел нагрузки, схема замещения которого показана на рис. 7.

Схема содержит только одну из секций ГПП (правую секцию), поскольку вторая условно считается аналогичной. Граница балансовой принадлежности находится на уровне высоковольтных вводов трансформаторов ГПП. На границе сводятся контрольные балансы активной и реактивной мощностей. Контроль осуществляется на последовательных получасовых интервалах времени при помощи счетчиков энергии с фиксированием максимумов или при помощи специальных автоматизированных информационно-измерительных систем.

В лабораторной модели источниками реактивной мощности являются: электроэнергетическая система ($Q_{Э1}$, $Q_{Э2}$), синхронный электродвигатель ($Q_{д}$), конденсаторные установки БК1, БК2 напряжением 10 кВ ($Q_{КВ}$) и БК3 напряжением 0,4 кВ ($Q_{КН}$); потребителями – наргузка на шинах 10,5 кВ (Q_1) и нагрузка ТП (Q_2).

Рис. 7. Схема замещения узла нагрузки

Наилучшим (оптимальным) режимом компенсации реактивных нагрузок будет режим, соответствующий минимальной величинее годовых расчетных затрат и удовлетворяющий требования электроэнергетической системы [4]. Для нахождения этого режима составляется функция расчетных затрат (целевая функция) и записываются ограничения [4,5]. Оптимальными считаются такие мощности компенсирующих устройств, при которых целевая функция принимает минимальное значение в области допустимых решений. Область допустимых решений определяется ограничениями, накладываемыми на мощности КУ. Расчет оптимальных мощностей КУ, в описанной выше постановке задачи, производится с помощью методов математического программирования.

В лабораторной установке моделируется не вся ПЭС, а только ГПП и одна из цеховых подстанций с питающей ее кабельной линией. Нагрузка Q_1 представляет собой суммарную реактивную мощность. потребляемую остальными ТП, число и мощность которых не известны. В этих условиях задачу оптимизации размещения КУ можно решать без применения оптимизационных методов, разделив ее на два этапа.

Этап первый. Рассматривается ТП (рис.8) и определяется $Q_{КН}$

Рис.8. Расчетная схема замещения для
первого этапа расчетов

Для определения $Q_{КН}$ записывается функция годовых расчетных затрат.

$$з(Q_{КН}) = E \cdot \Lambda K_H \cdot Q_{КН} + C_o \left[\Lambda P_H Q_{КН} + \frac{R_{ТЛ}}{U^2 \cdot 10^3} \left(Q_2^m - Q_{КН} \right)^2 \right] \quad (5.1)$$

где E – коэффициент отчислений от капиталовложений (нормативные отчисления, отчисления на эксплуатацию и восстановление оборудования). Численные значения E следует принять по указанию преподователя в пределах (0,2 — 0.4);

ΔK_{H} — Удельная стоимость конденсаторных установок низкого напряжения (150 руб/кВАр);

C_o – удельная стоимость потерь активной мощности (задается преподователем в пределах от 800 до 1200 руб/кВт);

ΔP_H – удельные потери активной мощности в конденсаторных установках напряжения (0,002 кВт/кВАр);

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$R_{ТЛ}$ – приведенное к напряжению 10 кВ сопротивление трансформатора цеховой ТП и питающей его линии электропередачи, Ом.

Величина этого сопротивления определяется по данным табл.1 описания лабораторной установки;

U – среднее напряжение на шинах ГПП (10 кВ);

Q_2^m – наибольшая реактивная мощность нагрузки трансформатора Т4 в период максимальной активной мощности нагрузки энергосистемы (для упрощения работы считаем, что трансформатор Т3 отключен и в расчетах не учитывается). Определяется по графику нагрузки Т4, полученному в работе №1. Пероид максимума задается преподователем.

$$R_{ТЛ} = \frac{\Lambda P_{КЗ} \cdot U^2}{S_{НТ}^2} \cdot 10^3 + R_o \cdot l \quad (5.2)$$

где $\Delta P_{КЗ}$ – потери короткого замыкания в трансформаторе, кВт (табл.1.1);
$S_{НТ}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА;
R_o – удельное активное сопротивление линии электропередачи, Ом/км;
l– длина линии электропередачи, км.

Мощность конденсаторной батареи определяется из уравнения

$$\frac{\partial з(Q_{КН})}{\partial Q_{КН}} = 0, \quad (5.3)$$

Расчетное выражение имеет вид

$$Q_{КН} = Q_2^m - \frac{E \cdot \Delta K_Н + C_o \cdot \Delta P_Н}{2 \cdot C_o \cdot R_{ТЛ}} \cdot U^2 \cdot 10^3 \quad (5.4)$$

Этап второй. На этом этапе рассматривается задача нахождения оптимальных значений $Q_{КВ}$ и $Q_д$ (рис.9). Величина некомпенсированной мощности, передаваемой через трансформатор Т4, показана на схеме как $Q_Т$.

Функция годовых расчетных затрат для этого этапа расчетов имеет вид

$з\ (Q_{КВ}, Q_д) = E \cdot \Delta K_В \cdot Q_{КВ} + C_o \cdot (\Delta P_{КВ} \cdot Q_{КВ} + K_1 \cdot Q_д + K_2 \cdot Q_д^2)$, руб/год, (5.5)

где E, C_o – см. выражение (5.1);

$\Delta K_В$ – удельная стоимость конденсаторных батарей высокого напряжения (120 руб/кВАр);

Рис.9. Расчетная схема замещения
для второго этапа расчетов

$\Delta P_{КВ}$ – удельные потери активной мощности в конденсаторных установках высокого напряжения (0,002 кВт/кВАр);

K_1, K_2 – коэффициенты, характеризующие потери активной мощности в СД, зависящие от $Q_д$ (K_1= 0,011 кВт/кВАр, K_2 = 0.00019 кВт/кВАр^2).

Функция Лагранжа

$L\ (Q_{КВ}, Q_д, \lambda) = з\ (Q_{КВ}, Q_д) + \lambda(Q_1^m + Q_Т - Q_{Э1} - Q_{КВ} - Q_д)$, (5.6)

где Q_1^m – реактивная мощность нагрузки на шинах 10 кВ ГПП в период максимальной активной мощности нагрузки ЭЭС.

Мощности $Q_{КВ}$ и $Q_д$ определяются решением системы уравнений

$$\frac{\partial L}{\partial Q_{КЗ}} = 0,$$

$$\frac{\partial L}{\partial Q_д} = 0, \quad (5.7)$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Из (5.7) можно получить выражение для расчета $Q_{КВ}$, $Q_д$ в общем виде:

$$Q_{д} = \frac{1}{K2}\left(\frac{E \cdot \Delta K_{B}}{C_{o}} + \Delta P_{KB} - K1\right), \text{ кВАр (5.8)}$$

$$Q_{KB} = Q_{1}^{m} + Q_{T} - Q_{Э1} - Q_{д}, \text{ кВАр (5.9)}$$

С помощью (5.4), (5.8), (5.9) вычисляются необходимые установленные мощности конденсаторных батарей и наибольшая реактивная мощность СД. Отрицательные значения расчетных мощностей свидетельствуют об отсутствии экономической целесообразности использования соответствующего источника реактивной мощности. Его значение принимается равным нулю. Величина $Q_{д}$ не должна превышать допустимых значений по условиям нагрева статора и ротора СД с учетом его загрузки по активной мощности. Проверка СД по условиям нагрева в лабораторной работе не предусмотрена.

Оборудование

Полное использование всех КУ экономически обосновано только в период максимальной нагрузки ЭЭС. При существенно изменяющемся графике реактивной мощности нагрузки требуется регулирование КУ. В лабораторной установке предусмотрено ручное дискретное регулирование $Q_{д}$ и автоматическое регулирование конденсаторных батарей. Графики регулирования Ку строятся на основании оптимизационных расчетов с учетом требований ЭЭС ($Q_{Э1}$, $Q_{Э2}$). Регулирование КУ должно обеспечить минимальные потери электроэнергии и требуемый уровень качества напряжения.

Для отдельного узла нагрузки, который исследуется в данной работе, оптимизация не требуется. Графики регулирования КУ в этом случае могут быть построены без расчетов. Основой для их построения являются графики реактивной нагрузки на шинах 10 кВ и 0,4 кВ. При построении графиков регулирования следует учесть:

1. В период максимальной активной мощности нагрузки ЭЭС потребление реактивной мощности не должно превосходить величину $Q_{Э1}$.

2. В период минимальной нагрузки потребляемая реактивная мощность должна быть меньше, чем $Q_{Э2}$.

2.3. Порядок выполнения работы

2.3.1. Получить у преподователя следующую исходную информацию:

а) $Q_{Э1}$, $Q_{Э2}$;

б) интервалы времени, соответствующие периодам максимума и минимума активной мощности нагрузки ЭЭС;

в) удельную стоимость потерь активной мощности C_o

2.3.2. По формулам (5.4), (5.8), (5.9) определить мощности КУ (два этапа). Полученные значения округлить до ближайших возможных величин, указанных на мнемосхеме лабораторной установки.

Мощность нагрузки взять по графику, полученному в лабораторной работе №1, прочую необходимую информацию следует взять из табл.1.

2.3.3. Проверить баланс реактивной мощности на шинах ГПП в часы максимума активной нагрузки ЭЭС. В случае необходимости выполнить корректировку мощностей КУ с целью обеспечения баланса.

2.3.4. Построить графики регулирования мощностей конденсаторных батарей ($Q_{КН}$, $Q_{КВ}$) и синхронного двигателя ($Q_{д}$). При построении графиков рекомендуется обратить внимание на технико-экономические характеристики и эффективность располагаемых КУ.

2.3.5. Проверить баланс реактивной мощности на шинах ГПП в часы минимума активной нагрузки ЭЭС.

5.3.6. Собрать схему автоматического управления анцапфами Т2 (работа №5) и мощностями конденсаторных батарей в соответствии с построенными графиками их регулирования. Привести лабораторную модель в исходное положение (включить S_1, Т4, СД; отключить Т3, БК1, БК2, БК3).

2.3.7. Включить лабораторный стенд и выполнить следующее:

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

а) по показаниям счетчиков записать графики изменения активной и реактивной мощностей нагрузок трансформаторов Т2 и Т4 с учетом расчетных мощностей КУ и их регулирования;

б) записать с помощью СП напряжение на шинах о,4 кВ ТП с учетом реализации мероприятий по их улучшению (см. работу №4).

Запись графиков нагрузок и напряжений (п.»а» и »б») необходимо производить одновременно.

2.3.8. Построить графики нагрузки (*P* и *Q)* с учетом КУ и сравнить их с графиками, полученными в работе №1.

5.3.9. Построить гистограммы, вычислить математические ожидания и дисперсии напряжений на шинах 10 и 0,4 кВ с учетом КРН. Оценить влияние КУ на режим напряжения, сравнив полученные результаты с соответствующими данными работы №4.

2.3.10. Оценить экономический эффект КРН на суточном интервале времени в киловатт-часах сэкономленной электроэнергии. Оценку эффекта выполнить сравнением потерь энергии в трансформаторах Т2, Т4 и кабельной линии, вычисленных в работе №1 по графикам нагрузки, не учитывающим КУ и потерь в тех же элементах, но с учетом КУ и их регулирования.

Содержание отчета

2.3.11. Оформить отчет о лабораторной работе, который должен содержать:

а) таблицу исходных данных для выполнения работы, включая параметры, полученные у преподователя;

б) расчет мощностей КУ;

в) графики регулирования КУ;

г) графики активной и реактивной мощностей нагрузки Т2 и Т4 с учетом КУ;

д) графики изменения напряжений на шинах 0,4 кВ ТП, полученные с помощью самопишущего вольтметра СП;

е) гистограммы напряжений на шинах 0,4 кВ ТП;

ж) расчет экономического эффекта;

з) выводы по результатам работы.

5.4. Подготовка к работе

В прцессе подготовки к работе необходимо ознакомиться с ее описанием, изучить рекомендованную литературу и соответствующие разделы конспекта лекций. Заготовить бланки для записи показаний приборов и продумать ответы на контрольные вопросы.

2.5. Контрольные вопросы

2.5.1. Дать понятие реактивной мощности, пояснить ее физический смысл и особенности в сравнении с активной.

2.5.2. Чем определяются предельные значения реактивной мощности, которую может выдать в сеть синхронная машина?

2.5.3. Дать сравнительную характеристику источноков реактивной мощности, используемых в СЭПП.

2.5.4. Каким образом реактивная мощность влияет на режим напряжения электрической сети?

2.5.5. Требования, предъявляемые ЭЭС к режиму реактивной мощности СЭПП.

2.5.6. Как оценивается экономический эффект внедрения расчетного оптимального режима компенсации нагрузок предприятия?

2.5.7. С какой целью выполняется регулирование мощностей компенсирующих устройств?

2.5.8. Перечислить и пояснить принципы построения графиков регулирования КУ.

2.5.9. Почему входные реактивные мощности задаются предприятием ин-

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

2.5.11. Пояснить преимущества и недостатки индивидуальной компенсации реактивной мощности.

4.3. Лабораторная работа №3

Тема занятия Отклонения напряжения, размах изменений напряжения, фликер, несинусоидальность и несимметрия напряжений в распределительных электрических сетях 10-0,4 кВ

Цель занятия. Приобрести навыки выполнения расчета электрических нагрузок в электроустановках напряжением выше 1 кВ методом упорядоченных диаграмм.

Теоретическая часть

Отклонения напряжения, размах изменений напряжения, фликер, несинусоидальность и несимметрия напряжений в распределительных электрических сетях 10-0,4 кВ

. Цель работы

Изучить методику оценки уровней напряжения в сети и способы их улучшения на суточном интервале времени.

3.2. Введение

Имеются две основные причины, обуславливающие изменчивость напряжения в электрических сетях: изменчивость нагрузок, вызывающая изменчивость потерь напряжения, и регулирование напряжения с целью поддержания его в заданных пределах.

Уровни напряжения принято оценивать отклонениями напряжения от номинального V [1], которые также изменчивы во времени по указанным выше причинам.

Наилучшим напряжением на зажимах электроприемников, с точки зрения технико- экономической эффективности их работы, является $U(t)=U_н=const$, т.е. $V=0$. Обеспечить такой режим напряжения для всей массы электроприемников в сети практически невозможно, поэтому всегда $V\neq0$. Причем чем больше величина V, тем хуже напряжение. Из этого правила имеется ряд исключений, например, для слабо загруженного асинхронного электродвигателя наилучшим является напряжение, меньшее номинального. Величина допустимых значений V нормируется ГОСТ [2] в целом для электрических сетей в зависимости от их напряжения. Наиболее жесткие требования к величине V в ГОСТ предъявляются, естественно, к тем сетям, которые питают основную массу электроприемников (сети до 1000 В).

Таблица 3

Допустимые значения отклонений напряжения по ГОСТ 13109—97

Напряжение сети	Допустимые значения	
	нормальные	максимальные
До 1 кВ	± 5%	± 10%
6…20 кВ	–	±10%
35 кВ и выше	–	–

Оборудование

Для сетей напряжением до 1000 В с интегральной вероятностью 0,95 допустимые отклонения напряжения ± 5%, с вероятностью 0,05 допустимы большие отклонения, но они не должны превышать ± 10%.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Оценку максимальных отклонений напряжения обычно проводят для режимов максимальных и минимальных нагрузок с помощью построения диаграммы отклонений напряжения в сети.

Для моделируемой сети расчетная схема и диаграмма *V* показаны на рис. 6.

На этом рисунке:

$V_{цп}$ – отклонения напряжения в центре питания;

ΔU_1 – потеря напряжения в воздушной линии 110 кВ, питающей трансформатор ГПП;

V_0 – отклонение напряжения на линии раздела балансовой принадлежности сетей энергоснабжающей организации и сетей потребителя электроэнергии;

V_1 – отклонение напряжения на шинах РУ 10 кВ ГПП;

ΔU_2 – потеря напряжения в трансформаторе ГПП;

E_1 – добавка напряжения трансформатора ГПП;

ΔU_3 — потеря напряжения в кабельной линии, питающей трансформатор Т4 цеховой ТП;

E_2 – добавка напряжения трансформатора цеховой ТП;

V_2 – отклонение напряжения на шинах РУ 380 / 220 В цеховой ТП;

ΔU_4 – потеря напряжения в цеховой сети (например, в шинной магистрали ШМ);

V_3 – отклонение напряжения в сети в точке присоединения наиболее удаленного электроприемника.

В условиях эксплуатации все потребители рассчитывают требуемые значения V_0 для режимов максимальных и минимальных нагрузок с учетом своих средств регулирования напряжения. Если энергоснабжающая организация не выдерживает эти значения, то к ней предъявляются экономические санкции. Поэтому выполнение настоящей лабораторной работы ориентировано на исследование отклонений напряжения в промышленной электросети, проводимое с целью решения данной задачи – расчет требуемых значений V_0 для режимов максимальных и минимальных нагрузок.

Потеря напряжения в элементе сети с сопротивлением $z=R+jX$ и током $\dot{I} = I' - jI''$ определяются по формуле

$$\Lambda U = \frac{I'R + I''X}{U_H} 100\%$$

Все необходимые параметры элементов моделируемой сети приведены в табл.1, а параметры трансформатора Т2 рассчитаны в п.1.3.1. лабораторной работы №1.

3.3. задание)

3.3.1. Подготовить установку к работе:

1) для измерения напряжения на шинах 10 кВ ГПП и 380 / 220 В цеховой ТП в суточном цикле времени подключить самопишущие приборы в соответствии со схемой рис 2;

2) включить питание установки и трансформатор Т4, отключить Т3, включить обобщенную нагрузку на шинах 10 кВ S_1, включить СД, отключить конденсаторные батареи БК1, БК2, БК3 и фильтрокомпенсирующее устройство ФКУ;

3) переключатель анцапф трансформатора Т2 и переключатель ПБВ трансформатора Т4 установить в нулевое положение;

4) переключатель задания уровня напряжения в сети 110 кВ установить в положение, указанное преподователем.

3.3.2. Запустить установку нажатием кнопки «Пуск» и произвести регистрацию графиков *U (t)* на шинах 10 кВ ГПП и на шинах 380 /220 В цеховой ТП на суточном цикле времени с помощью самопишущих приборов. При невозможности использовать самопишущие приборы провести регистрацию графиков *U (t)* по питовым приборам.

3.3.3. Обработать результаты измерений:

1) построить графики *V (t)* для шин 10 кВ ГПП и для шин 380/220 В цеховой ТП;

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

2) построить гистограммы отклонений напряжения и вычислить их средние значения и дисперсии.

3.3.4. Проанализировать полученные результаты. Определить оптимальную ступень ПБВ трансформатора Т4 и разработать график переключения анцапф РПН трансформатора Т2. При этом возможность регулирования напряжения с помощью КБ в данной работе не учитывать.

3.3.5. Установить переключателем, расположенным на лицевой панели, необходимую ступень ПБВ трансформатора Т4 и на наборном поле с помощью перемычек программу переключения анцапф РПН трансформатора Т2. Подключить и подготовить к работе самопишущие приборы.

3.3.6. Запустить установку и провести регистрацию напряжений на суточном цикле аналогично п.4.3.2.

3.3.7. Обработать результаты измерений в соответствии с п.4.3.3. и оценить соответствие напряжения в моделируемой сети требованиям ГОСТ [2].

3.3.8. По полученным в пункте 4.3.7. результатам построить для режимов максимальных и минимальных нагрузок диаграммы отклонений напряжения для моделируемой сети (аналогично рис.4.1). Отклонения V_1 и V_2 определяются при этом экспериментально, V_0 — расчетнымпутем по формуле (4.1). Так как на модели не представлена цеховая сеть 380/220 В (ШМ на рис.5), то потери в этой сети (ΔU_4) не учитываются и V_3 не оценивается.

3.3.9. Приняв для шин 380/220 В цеховой ТП допустимые значения отклонений $V^{(+)}{}_{2\,доп}$ =5%, $V^{(-)}{}_{2\,доп}$ =0, определить соответствующие отклонения V_0, которые должна обеспечить энергоснабжающая организация на линии раздела балансовой принадлежности сетей для режимов максимума и минимума нагрузок.

Принять время максимума с 8 до 12 часов утра, минимума – с 2 до 5 часов ночи. При этом необходимо помнить, что в реальной практике расчета требуемых значений V_0 необходим учет работы компенсирующих устройств, что в настоящей лабораторной работе не производится для упрощения ее выполнения и еще в связи с тем, что вопросы компенсации реактивных нагрузок рассматриваются в следующей лабораторной работе.

Содержание отчета3.3.10. Оформить отчет по лабораторной работе, который должен содержать:

- формулировку задач исследований;
- результаты оценки отклонений напряжений в моделируемой сети по п.4.3.3.;
- суточный график переключения анцапф трансформатора Т2;
- результаты по п.4.3.7, полученные после реализации мероприятий;
- напряжения по п.4.3.8 и 4.3.9;
- выводы по работе.

3.4. Подготовка к работе

Самостоятельная подготовка к работе состоит в следующем:

1) повторение теоритического материала [1];
2) подготовка к ответам на контрольные вопросы;
3) расчет потерь напряжения в трансформаторе Т2 для режимов максимальных и минимальных нагрузок, необходимых для выполнения п.4.3.8 и 4.3.9 задания.

3.5. Контрольные вопросы

3.5.1. Какие допускаются отклонения напряжения в промышленных электросетях по ГОСТ 13109—97 и почему?

3.5.2. Как зависит работа различных электроприемников от величины напряжения в сети?

3.5.3. Какие способы улучшения напряжения используются в промышленных электросетях и в сетях энергосистем?

3.5.4. Постройте векторную диаграмму токов и напряжений для простейшей сети с сопротивлением $R+jX$ и током $I'-j\,I''$.

3.5.5. Какие имеются оценки отклонений напряжения и как они вычисля-

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

4.4. Лабораторная работа № 4

Тема занятия Исследование и регулирование уровней напряжения в промышленных электросетях.

Цель занятия. Приобрести навыки выполнения расчета электрических нагрузок в электроустановках напряжением выше 1 кВ методом упорядоченных диаграмм.

Знать: типовые проектные решения систем электроснабжения объектов;

Уметь: обосновывать выбор параметров электрооборудования систем электроснабжения объектов, учитывая технические ограничения

Владеть: навыками сбора и анализа данных для проектирования систем электроснабжения объектов.

Формируемые компетенции: ПК-5 Готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности

.

Теоретическая часть

Исследование и регулирование уровней напряжения в промышленных электросетях

4.1. Цель работы

Изучить методику оценки уровней напряжения в сети и способы их улучшения на суточном интервале времени.

4.2. Введение

Имеются две основные причины, обуславливающие изменчивость напряжения в электрических сетях: изменчивость нагрузок, вызывающая изменчивость потерь напряжения, и регулирование напряжения с целью поддержания его в заданных пределах.

Уровни напряжения принято оценивать отклонениями напряжения от номинального V [1], которые также изменчивы во времени по указанным выше причинам.

Оборудование

Наилучшим напряжением на зажимах электроприемников, с точки зрения технико- экономической эффективности их работы, является $U(t)=U_н=const$, т.е. $V=0$. Обеспечить такой режим напряжения для всей массы электроприемников в сети практически невозможно, поэтому всегда $V\neq0$. Причем чем больше величина V, тем хуже напряжение. Из этого правила имеется ряд исключений, например, для слабо загруженного асинхронного электродвигателя наилучшим является напряжение, меньшее номинального. Величина допустимых значений V нормируется ГОСТ [2] в целом для электрических сетей в зависимости от их напряжения. Наиболее жесткие требования к величине V в ГОСТ предъявляются, естественно, к тем сетям, которые питают основную массу электроприемников (сети до 1000 В).

Таблица 4

Допустимые значения отклонений напряжения по ГОСТ 13109—97

Напряжение сети	Допустимые значения	
	нормальные	максимальные
До 1 кВ	± 5%	± 10%
6…20 кВ	–	±10%
35 кВ и выше	–	–

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Для сетей напряжением до 1000 В с интегральной вероятностью 0,95 допустимы отклонения напряжения ± 5%, с вероятностью 0,05 допустимы большие отклонения, но они не должны превышать ± 10%.

Оценку максимальных отклонений напряжения обычно проводят для режимов максимальных и минимальных нагрузок с помощью построения диаграммы отклонений напряжения в сети.

Для моделируемой сети расчетная схема и диаграмма V показаны на рис. 6.

На этом рисунке:

$V_{цп}$ – отклонения напряжения в центре питания;

ΔU_1 – потеря напряжения в воздушной линии 110 кВ, питающей трансформатор ГПП;

V_0 – отклонение напряжения на линии раздела балансовой принадлежности сетей энергоснабжающей организации и сетей потребителя электроэнергии;

V_1 – отклонение напряжения на шинах РУ 10 кВ ГПП;

ΔU_2 – потеря напряжения в трансформаторе ГПП;

E_1 – добавка напряжения трансформатора ГПП;

ΔU_3 — потеря напряжения в кабельной линии, питающей трансформатор Т4 цеховой ТП;

E_2 – добавка напряжения трансформатора цеховой ТП;

V_2 – отклонение напряжения на шинах РУ 380 / 220 В цеховой ТП;

ΔU_4 – потеря напряжения в цеховой сети (например, в шинной магистрали ШМ);

V_3 – отклонение напряжения в сети в точке присоединения наиболее удаленного электроприемника.

В условиях эксплуатации все потребители рассчитывают требуемые значения V_0 для режимов максимальных и минимальных нагрузок с учетом своих средств регулирования напряжения. Если энергоснабжающая организация не выдерживает эти значения, то к ней предъявляются экономические санкции. Поэтому выполнение настоящей лабораторной работы ориентировано на исследование отклонений напряжения в промышленной электросети, проводимое с целью решения данной задачи – расчет требуемых значений V_0 для режимов максимальных и минимальных нагрузок.

Потеря напряжения в элементе сети с сопротивлением $z=R+jX$ и током $\dot{I} = I' - jI''$ определяются по формуле

$$\Lambda U = \frac{I'R+I''X}{U_H} 100\%$$

Все необходимые параметры элементов моделируемой сети приведены в табл.1, а параметры трансформатора Т2 рассчитаны в п.1.3.1. лабораторной работы №1.

4.3 (задание)

4.3.1. Подготовить установку к работе:

5) для измерения напряжения на шинах 10 кВ ГПП и 380 / 220 В цеховой ТП в суточном цикле времени подключить самопишущие приборы в соответствии со схемой рис 2;

6) включить питание установки и трансформатор Т4, отключить Т3, включить обобщенную нагрузку на шинах 10 кВ S_1, включить СД, отключить конденсаторные батареи БК1, БК2, БК3 и фильтрокомпенсирующее устройство ФКУ;

7) переключатель анцапф трансформатора Т2 и переключатель ПБВ трансформатора Т4 установить в нулевое положение;

8) переключатель задания уровня напряжения в сети 110 кВ установить в положение, указанное преподавателем.

4.3.2. Загрузить установку нажатием кнопки «Пуск» и произвести регистрацию графиков $V_0(t)$ на шинах 10 кВ ГПП и на шинах 380 /220 В цеховой ТП на суточном цикле времени с помощью самопишущих приборов. При

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

невозможности использовать самопишущие приборы провести регистрацию графиков *U (t)* по щитовым приборам.

Содержание отчета4.3.3. Обработать результаты измерений:

3) построить графики *V (t)* для шин 10 кВ ГПП и для шин 380/220 В цеховой ТП;

4) построить гистограммы отклонений напряжения и вычислить их средние значения и дисперсии.

4.3.4. Проанализировать полученные результаты. Определить оптимальную ступень ПБВ трансформатора Т4 и разработать график переключения анцапф РПН трансформатора Т2. При этом возможность регулирования напряжения с помощью КБ в данной работе не учитывать.

4.3.5. Установить переключателем, расположенным на лицевой панели, необходимую ступень ПБВ трансформатора Т4 и на наборном поле с помощью перемычек программу переключения анцапф РПН трансформатора Т2. Подключить и подготовить к работе самопишущие приборы.

4.3.6. Запустить установку и провести регистрацию напряжений на суточном цикле аналогично п.4.3.2.

4.3.7. Обработать результаты измерений в соответствии с п.4.3.3. и оценить соответствие напряжения в моделируемой сети требованиям ГОСТ [2].

4.3.8. По полученным в пункте 4.3.7. результатам построить для режимов максимальных и минимальных нагрузок диаграммы отклонений напряжения для моделируемой сети (аналогично рис.4.1). Отклонения V_1 и V_2 определяются при этом экспериментально, V_0 — расчетнымпутем по формуле (4.1). Так как на модели не представлена цеховая сеть 380/220 В (ШМ на рис.5), то потери в этой сети (ΔU_4) не учитываются и V_3 не оценивается.

4.3.9. Приняв для шин 380/220 В цеховой ТП допустимые значения отклонений $V^{(+)}{}_{2\,доп}$ =5%, $V^{(-)}{}_{2\,доп}$ =0, определить соответствующие отклонения V_0, которые должна обеспечить энергоснабжающая организация на линии раздела балансовой принадлежности сетей для режимов максимума и минимума нагрузок.

Принять время максимума с 8 до 12 часов утра, минимума – с 2 до 5 часов ночи. При этом необходимо помнить, что в реальной практике расчета требуемых значений V_0 необходим учет работы компенсирующих устройств, что в настоящей лабораторной работе не производится для упрощения ее выполнения и еще в связи с тем, что вопросы компенсации реактивных наагрузок рассматриваются в следующей лабораторной работе.

Содержание отчета

4.3.10. Оформить отчет по лабораторной работе, который должен содержать:

- формулировку задач исследований;
- результаты оценки отклонений напряжений в моделируемой сети по п.4.3.3.;
- суточный график переключения анцапф трансформатора Т2;
- результаты по п.4.3.7, полученные после реализации мероприятий;
- напряжения по п.4.3.8 и 4.3.9;
- выводы по работе.

4.4. Подготовка к работе

Самостоятельная подготовка к работе состоит в следующем:

4) повторение теоритического материала [1];

5) подготовка к ответам на контрольные вопросы;

6) расчет потерь напряжения в трансформаторе Т2 для режимов максимальных и минимальных нагрузок, необходимых для выполнения п.4.3.8 и 4.3.9 задания.

4.5. Контрольные вопросы

4.5.1. Какие допускаются отклонения напряжения в промышленных электросетях по ГОСТ 13109—97 и почему?

4.5.2. Как зависит работа различных электроприемников от величины напряжения в сети?

4.5.3. Какие способы улучшения напряжения используются в промышленных электросетях и в сетях энергосистем?

4.5.4. Постройте векторную диаграмму токов и напряжений для простейшей сети с сопротивлением $R+jX$ и током $I'-j\,I''$.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

4.5.5. Какие имеются оценки отклонений напряжения и как они вычисляются?

4.5. Лабораторная работа №5

Тема занятия Исследование помех по электропитанию в промышленных электросетях.

Цель занятия. Приобрести навыки выполнения расчета электрических нагрузок в электроустановках напряжением выше 1 кВ методом упорядоченных диаграмм.

Теоретическая часть

Исследование помех по электропитанию в промышленных электросетях

5.1. Цель работы

Исследование провалов напряжения в промышленных электросетях, являющихся помехами по электропитанию для цифровых технических средств.

5.2. Введение

В ГОСТ [2] установлены новые показатели качества электроэнергии, характеризующие кратковременные искажения напряжения в сети, возникающие при различных переходных процессах. Это вызвано тем, что кратковременные искажения напряжения являются помехами по электропитанию в наибольшей степени для цифровых технических средств (ЦТС) [3]. Все помехи по электропитанию принято делить на два вида: длительные (провалы и выбросы напряжения длительностью от единиц миллисекунд до нескольких секунд) и импульсные – коммутационные перенапряжения длительностью, измеряемой миллисекундами и микросекундами.

Оборудование

В данной лабораторной работе исследуются только провалы напряжения, для которых ГОСТ [2] устанавливает следующие параметры:

Δt — длительность провала напряжения, с; ΔU — глубина провала напряжения, %.

Причины возникновения провалов напряжения в электрических сетях предприятий рассмотрены в работе [3]. Все множество этих причин можно разделить на два вида. Первый – провалы напряжения «приходящие» из сетей энергосистемы, второй — провалы, вызываемые явлениями в электросетях предприятия (пиковые нагрузки, аварийные переключения и др).

Техника безопасности

В лабораторной установке смоделированы оба указанных вида провалов. Причем провал второго вида вызывается пиковой нагрузкой на стороне 0,4 кВ цеховой ТП и обусловлен потерей напряжения от пиковой нагрузки на сопротивлении трансформатора 10/0,4 кВ.

В лабораторной работе необходимо с помощью электроннго осциллографа определить время провалов напряжения, их глубину и длительность, а также среди зафиксированных провалов выделить провалы первого и второго вида. Глубина ΔU провалов второго вида может быть уменьшена при параллельной работе трансформатора Т3 и Т4.

5.3. (задание)

5.3.1. Включить питание лабораторного стенда, включить нагрузку S_1, отключить трансформатор Т3. Остальные элементы мнемосхемы могут быть в любом состоянии (включено или выключено). Подключить электронный осциллограф для контроля напряжения на шинах 0,4 кВ цеховой ТП (рис.2). Настроить осциллограф таким образом, чтобы можно было оценить глубину и длительность наблюдаемого на экране напряжения.

5.3.2. Запустить установку нажатием кнопки « Пуск» и, внимательно наблюдая на экране осциллографа за исследуемым напряжением, зафикси-

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

ровать првалы напряжения (время, глубину, длительность). Проанализировать результаты наблюдений, выявив среди зафиксированных провалов те, которые вызваны пиковой нагрузкой в сети 0,4 кВ цеховой ТП.

5.3.3. Включить трансформатор Т3 на параллельную работу с трансформатором Т4 и повторить эксперимент в соответствии с п.5.3.2. Оценить степень уменьшения глубины провалов напряжения, обусловленных пиковой нагрузкой в сети 0,4 кВ.

Содержание отчета

5.3.4. Оформить отчет по лабораторной работе, который должен содержать:

- формулировку задачи лабораторного исследования;
- результаты наблюдений по пп.5.3.2 и 5.3.3 в форме таблицы с указанием времени посадки, ее длительности и глубины, а также вида (первый и второй);
- выводы по работе.

5.4. Подготовка к работе

Самостоятельная подготовка к работе состоит в изучении теоретического материала по литературе [3] и в подготовке ответов на контрольные вопросы.

5.5. Контрольные вопросы

5.5.1. Каковы причины провалов напряжения в промышленных электросетях?

5.5.2. Опишите механизм воздействия провалов напряжения на ЦТС.

5.5.3. Какими путями можно обеспечить устойчивость ЦТС к провалам напряжения?

5.5.4. Какие нормы на провалы напряжения установлены в ГОСТ 13109-97 [2]?

5.Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Гужов Н. П. , Ольховский В. Я. , Павлюченко Д. А. Системы электроснабжения: учебник/ Гужов Н. П. , Ольховский В. Я. , Павлюченко Д. А. Новосибирск: НГТУ, 2015.– 262 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=438343

2. Соколова, Е.М. Электрическое и электромеханическое оборудование. Общепромышленные механизмы и бытовая техника : учебник/Е,М. Соколова. - 9-е изд., испр.-М.: Академия, 2014. - 224 с.

3. Смирнов, Ю. А. Физические основы электротехники : учеб, пособие / Ю.А. Смирнов, С,В. Соколов, Е.В. Титов. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2013. - 560 с. - (Учебники для ву-зов. Специальная литература). - Библиогр,: с. 558-559. - ISBN 978-5-8114-1369-0

4.Акимова, Н. А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования : учебник / Н.А. Акимова, Н.Ф. Котеленец, Н.И. Сентюрихин ; под ред. Н.Ф. Котеленца. - 10¬е изд., испр. - М. : Академия, 2013. - 304 с. - Прил.: с. 284-295. - Библиогр.. с. 296.

5.2.Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.
3. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы.
4. Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

5.3.Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

1. http://www.biblioclub.ru -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. http://www.iprbookshop.ru/ - Электронно- библиотечная система IPRbooks

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по организации самостоятельной работы обучающихся
по дисциплине «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Содержание

Введение

1 Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»

2 План-график выполнения самостоятельной работы

3 Контрольные точки и виды отчетности по ним

4 Методические рекомендации по изучению теоретического материала

5 Список рекомендуемой литературы.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Введение

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «электроснабжение»

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой специалиста и бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. В соответствии с рабочей программой дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы студента:

- самостоятельное изучение литературы;
- самостоятельное решение задач.

Цель самостоятельного изучения литературы – самостоятельное овладение знаниями, опытом исследовательской деятельности.

Задачами самостоятельного изучения литературы являются:

- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов.

Цель самостоятельного решения задач - овладение профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю будущей деятельности.

Задачами самостоятельного решения задач являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

Целью самостоятельного выполнения контрольной работы по дисциплине является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами данного вида самостоятельной работы студента являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании контрольной работы.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

В результате освоения дисциплины формируются следующий перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения.	ИД-1$_{ПК-1}$ Выполняет сбор и анализ данных для проектирования систем электроснабжения ИД-2$_{ПК-1}$ Выбирает типовые проектные решения систем электроснабжения	Знает: основы систем электроснабжения городов, промышленных, предприятий и транспортных систем; схемы и основное электротехническое и коммутационное оборудование подстанций систем электроснабжения. Умеет: рассчитывать и выбирать элементы, а также определять оптимальные режимы работы систем электроснабжения промышленных предприятий, городов и транспортных систем как в процессе их разработки и создания, так в процессе их эксплуатации. Владеет: методиками расчетов параметров и режимов работы электрооборудования систем электроснабжения объекта.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

План-график выполнения самостоятельной работы

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
3 семестр					
ПК-1 ИД-1 ПК-1 ИД-2ПК-1	Самостоятельное изучение литературы по темам №1-8	Собеседование	22,59	2,51	25,1
	Подготовка к лекциям	Собеседование	2,43	0,27	2,7
	Подготовка к практическим занятиям	Собеседование	2,43	0,27	2,7
	Подготовка к контрольной работе	Собеседование	9	1	10
		Итого:	**66,15**	**7,35**	**36,45**

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Контрольные точки и виды отчетности по ним

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количествоба ллов
3 семестр			
1.	Практическое занятие № 1	6 неделя	25
2.	Практическое занятие № 5	10 неделя	15
3.	Практическое занятие № 8	20 неделя	15
	Итого		**55**

Максимально возможный балл за весь текущий контроль Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	**100**
Хороший	**80**
Удовлетворительный	**60**
Неудовлетворительный	**0**

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Самостоятельная работа студента начинается с внимательного ознакомления с содержанием учебного курса.

Изучение каждой темы следует начинать с внимательного ознакомления с набором вопросов. Они ориентируют студента, показывают, что он должен знать по данной теме. Вопросы темы как бы накладываются на соответствующую главу избранного учебника или учебного пособия. В итоге должно быть ясным, какие вопросы темы учебного курса и с какой глубиной раскрыты в конкретном учебном материале, а какие вообще опущены. Требуется творческое отношение и к самому содержанию дисциплины.

Вопросы, составляющие ее содержание, обладают разной степенью важности. Есть вопросы, выполняющие функцию логической связки содержания темы и всего курса, имеются вопросы описательного или разъяснительного характера, а также исторического экскурса в область изучаемой дисциплины. Все эти вопросы не составляют сути понятийного, концептуального содержания темы, но необходимы для целостного восприятия изучаемых проблем.

Изучаемая дисциплина имеет свой категориально-понятийный аппарат. Научные понятия — это та база, на которой строится каждая наука. Понятия — узловые, опорные пункты как научного, так и учебного познания, логические ступени движения в учебе от простого к сложному, от явления к сущности. Без ясного понимания понятий учеба крайне затрудняется, а содержание приобретенных знаний становится тусклым, расплывчатым.

Студент должен понимать, что самостоятельное овладение знаниями является главным, определяющим. Высшая школа создает для этого необходимые условия, помогает будущему высококвалифицированному специалисту овладеть технологией самостоятельного производства знаний.

В самостоятельной работе студентам приходится использовать литературу различных видов: первоисточники, монографии, научные сборники, хрестоматии, учебники, учебные пособия, журналы и др. Изучение курса предполагает знакомство студентов с большим объемом научной и учебной литературы, что, в свою очередь, порождает необходимость выработки у них рационально-критического подхода к изучаемым источникам.

Чтобы не «утонуть» в огромном объеме рекомендованных ему для изучения источников, студент, прежде всего, должен научиться правильно их читать. Правильное чтение рекомендованных источников предполагает следование нескольким несложным, но весьма полезным правилам.

Предварительный просмотр книги включает ознакомление с титульным листом книги, аннотацией, предисловием, оглавлением. При ознакомлении с оглавлением необходимо выделить разделы, главы, параграфы, представляющие для вас интерес, бегло их просмотреть, найти места, относящиеся к теме (абзацы, страницы, параграфы), и познакомиться с ними в общих чертах.

Научные издания сопровождаются различными вспомогательными материалами — научным аппаратом, поэтому важно знать, из каких основных элементов он состоит, каковы его функции.

Знакомство с книгой лучше всего начинать с изучения аннотации — краткой характеристики книги, раскрывающей ее содержание, идейную, тематическую и жанровую направленность, сведения об авторе, назначение и другие особенности. Аннотация помогает составить предварительное мнение о книге.

Глубже понять содержание книги позволяют вступительная статья, в которой дается оценка содержания книги, затрагиваются проблемы науки, содержится информация о жизненной и творческой биографии автора, рыскать неясные, спорные места, разъясняются отдельные положения книги, даются коммента-

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

рии и т.д. Вот почему знакомство с вступительной статьей представляется очень важным: оно помогает студенту сориентироваться в тексте работы, обратить внимание на ее наиболее ценные и важные разделы.

Той же цели содействует знакомство с оглавлением, предисловием, послесловием. Весьма полезными элементами научного аппарата являются сноски, комментарии, таблицы, графики, списки литературы. Они не только иллюстрируют отдельные положения книги или статьи, но и сами по себе являются дополнительным источником информации для читателя.

Если читателя заинтересовала какая-то высказанная автором мысль, не нашедшая подробного освещения в данном источнике, он может обратиться к тексту источника, упоминаемого в сноске, либо к источнику, который он может найти в списке литературы, рекомендованной автором для самостоятельного изучения.

Существует несколько форм ведения записей:

— план (простой и развернутый) — наиболее краткая форма записи прочитанного, представляющая собой перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. Развернутый план представляет собой более подробную запись прочитанного, с детализацией отдельных положений и выводов, с выпиской цитат, статистических данных и т.д. Развернутый план — неоценимый помощник при выступлении с докладом на конкретную тему на семинаре, конференции;

— тезисы — кратко сформулированные положения, основные положения книги, статьи. Как правило, тезисы составляются после предварительного знакомства с текстом источника, при его повторном прочтении. Они помогают запомнить и систематизировать информацию.

Составление конспектов

Большую роль в усвоении и повторении пройденного материала играет хороший конспект, содержащий основные идеи прочитанного в учебнике и услышанного в лекции. Конспект — это, по существу, набросок, развернутый план связного рассказа по основным вопросам темы.

В какой-то мере конспект рассчитан (в зависимости от индивидуальных особенностей студента) не только на интеллектуальную и эмоциональную, но и на зрительную память, причем текст конспекта нередко ассоциируется еще и с текстом учебника или записью лекции. Поэтому легче запоминается содержание конспектов, написанных разборчиво, с подчеркиванием или выделением разрядкой ключевых слов и фраз.

Самостоятельно изученные темы предоставляются преподавателю в форме конспекта, по которому происходит собеседование. Теоретические темы курса (отдельные вопросы), выносимые на самостоятельное изучение, представлены ниже.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1.1. Перечень основной литературы:

1. Гужов Н. П. , Ольховский В. Я. , Павлюченко Д. А. Системы электроснабжения: учебник/ Гужов Н. П. , Ольховский В. Я. , Павлюченко Д. А. Новосибирск: НГТУ, 2015.– 262 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=438343

2. Соколова, Е.М. Электрическое и электромеханическое оборудование. Общепромышленные механизмы и бытовая техника : учебник/Е,М. Соколова. - 9-е изд., испр.-М.: Академия, 2014. - 224 с.

8.1.2. Перечень дополнительной литературы:

1 Смирнов, Ю. А. Физические основы электротехники : учеб, пособие / Ю.А. Смирнов, С,В. Соколов, Е.В. Титов. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2013. - 560 с. - (Учебники для ву-зов. Специальная литература). - Библиогр,: с. 558-559. - ISBN 978-5-8114-1369-0

2.Акимова, Н. А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования : учебник / Н.А. Акимова, Н.Ф. Котеленец, Н.И. Сентюрихин ; под ред. Н.Ф. Котеленца. - 10¬е изд., испр. - М. : Академия, 2013. - 304 с. - Прил.: с. 284-295. - Библиогр.. с. 296.

8.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации для подготовки к лабораторным работам.
3. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.
4. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы.

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. http://www.biblioclub.ru -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. http://www.iprbookshop.ru/ - Электронно- библиотечная система IPRbooks

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022