

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра энергетики и технологии металлов

Программа, задания и методические указания к выполнению практических занятий и контрольной работы для студентов очной и заочной форм обучения специальности 140211 «Электроснабжение»

Курган 2009

Кафедра: «Энергетика и технология металлов»

Дисциплина: «Эксплуатация электрооборудования систем электроснабжения»

Составили: доцент А.А. Данилов,
ст.преподаватель С.Ю. Помялов

Утверждены на заседании кафедры « 27 » августа 2009 г.

Рекомендованы методическим советом университета
«15» ноября 2012 г.

Эксплуатация электрооборудования систем электроснабжения: программа, методические указания и контрольные задания к выполнению контрольной работы и практических занятий.

Изложены вопросы организации и технологии монтажа электрооборудования 0,4...220 кВ промышленных предприятий, задачи наладки и испытания электроустановок. Приведены вопросы эксплуатации электроустановок: воздушных и кабельных линий, распределительных устройств, трансформаторов и т.д., а также задачи надзора и организации ремонта этих установок. Сформулированы вопросы по оперативному обслуживанию электроустановок предприятий.

Приведены методические указания по изучению разделов программы и контрольные задания.

Программа и методические указания составлены в соответствии с учебным планом курса "Эксплуатация электрооборудования систем электроснабжения" для студентов очного и заочного обучения специальности "Электроснабжение".

Программа и методические указания по изучению курса

Раздел 1. Цель, задачи изучения и содержание курса.

Основные термины и их определения. Государственные нормативные документы по устройству и эксплуатации электроустановок. Порядок приемки электроустановок в эксплуатацию, приемо-сдаточные испытания. Понятие физического износа электрооборудования. Система планово - предупредительных ремонтов (ППР) и обслуживание электроустановок. Техническая документация по эксплуатации электроустановок.

Методические указания

При изучении материала необходимо уяснить виды физического износа электрооборудования: разновидности механического, электрического, теплового износы. Абсолютное нормирование технических параметров оборудования заключается в установлении конкретного показателя или ресурса. Относительная оценка заключается в сравнении эксплуатационных данных с результатами предыдущих заводских или пуско-наладочных испытаний.

Обратить внимание на периодичность и закономерности чередования межремонтных осмотров, текущих и капитальных ремонтов. По технической диагностике знать различие между функциональным и тестовым диагностированием, виды входных воздействий, формулировку задач.

При изучении правил производства работ в действующих электроустановках по наряду, по распоряжению, в порядке текущей эксплуатации пользоваться [2].

Раздел 2. Эксплуатация кабельных линий.

Общие положения ПУЭ и СНиП по устройству кабельных линий. Кабельные муфты и заделки. Приемка кабельных линий в эксплуатацию (техническая

документация, объемы и нормы приемо-сдаточных испытаний). Техническое обслуживание и эксплуатация линий (осмотры, допустимые нагрузки, профилактические испытания и измерения). Определение характера и места повреждения в кабельных линиях. Защита от коррозии металлических оболочек кабелей. Организация ремонта кабельных линий.

Методические указания

Начать изучение раздела следует с повторения материала о конструкциях и марках силовых и контрольных кабелей напряжением до и выше 1 кВ. Далее следует систематизировать условия прокладки: разность уровней по длине трассы КЛ, наличие механических воздействий при монтаже и эксплуатации, наличие растягивающих усилий, постоянные перемещения кабеля, температурные условия, пожароопасность, взрывоопасность среды, коррозионная активность грунта, и связать это с выбором марки кабеля.

Обратить внимание, что ПУЭ ограничивает число муфт на кабельной линии, знать допустимое количество муфт и меры по уменьшению этого количества, например, путем перехода на одножильные кабели.

Перспективным в эксплуатации является контроль изоляции кабеля, находящегося под рабочим напряжением. Разобраться в схеме подключения кенотронной установка при таком испытании, определить уровень пульсирующего напряжения.

При рассмотрении методов определения характера повреждений КЛ не путать их с методами определения места повреждения, у которых иные задачи и используемые приборы. Обратить внимание на технику безопасности при обслуживании, ремонте и эксплуатации кабельных линий.

Раздел 3. Эксплуатация воздушных линий.

Основные положения по устройству ВЛ. Приемка воздушных линий в эксплуатацию (техническая документация, объемы и нормы приемо-сдаточных испытаний). Техническое обслуживание и эксплуатация линий (осмотры, допустимые нагрузки, нагрузки на провода и опоры ВЛ, профилактические испытания и измерения). Атмосферные воздействия на ВЛ (ветер, гололедообразование). Защита проводов от вибрации и «пляски». Плавка гололеда. Определение места повреждения в воздушных линиях. Организация ремонта воздушных линий.

Методические указания

Перед проработкой материала следует повторить общие сведения об опорах, проводах, изоляторах и других элементах конструкции ВЛ.

При изучении влияния климато-метеорологических условий на ВЛ уяснить порядок определения скоростного напора ветра и дополнительной вертикальной нагрузки от гололеда на провода и опоры. Найти, к какому району по ветровой нагрузке и гололеду относится Курганская область.

Обратить внимание, что электрические перегрузки проводов ВЛ зависят от марки провода, температуры воздуха и допустимой температуры провода,

скорости ветра. В [5] приведены соответствующие номограммы и показан порядок пользования ими.

Раздел 4. Эксплуатация распределительных устройств.

Требования ПУЭ и СНиП к устройству РУ, нормативная документация, приемно-сдаточные испытания РУ. Эксплуатация РУ и отдельных видов электрооборудования (выключателей, разъединителей, токоограничивающих и дугогасящих реакторов, измерительных трансформаторов, аппаратов защиты от перенапряжений и др.). Техническое обслуживание и эксплуатация шин РУ. Тепловизионный контроль электрооборудования.

Методические указания

Изучить основные виды испытаний для различного вида оборудования распределительных устройств (выключателей, разъединителей и др.).

По токоограничивающим реакторам следует знать их маркировку. Главная изоляция реакторов образована опорными изоляторами. Сушка производится для межвитковой изоляции, которой покрыты бетонные колонки (олифа, асфальтовый лак). По окончании сушки сопротивление $R_{из}$ не должно отличаться более чем на 30% от данных заводских испытания, но не менее 1 МОм при температуре + 70°C. Преимущественный метод нагрева при сушке реакторов - индукционный.

По заземляющим реакторам следует уяснить, что у них общего (по конструкции) с силовыми трансформаторами. Аналогично, они подразделяются на реакторы для внутренней и наружной установки. Перечень испытаний трансформаторов и заземляющих реакторов одинаков.

[I, глава 1-8].

Раздел 5. Испытания электрооборудования. Измерения параметров изоляции.

Измерение качества и испытания изоляции электрооборудования систем электроснабжения. Схема замещения электрической изоляции. Измерение параметров изоляции: R_{60} , коэффициента абсорбции. Параметры: $\operatorname{tg}\delta$, C_2/C_{50} , $\Delta C/C$ и их определение. Испытание изоляции повышенным напряжением переменного и выпрямленного тока. Порядок и нормы измерения параметров и испытание изоляции линий, аппаратов и электрических машин.

Методические указания

Обратить внимание, что параллельная схема замещения изоляции более удобна для объяснения электрических явлений и составляющих элементов схемы; геометрической ёмкости, сопротивления утечки, сопротивления и ёмкости абсорбции. Определение сопротивления изоляции R_{60} , коэффициента абсорбции R_{60}/R_{15} следует производить при температуре не менее 10°C, чтобы исключить погрешность от фазового состояния воды.

Для сравнения результатов измерения R_{60} их следует приводить (пересчитывать) к температуре заводских (пуско-наладочных) испытаний. Следует знать, что сопротивление изоляции с увеличением температуры уменьшается, а

$\text{tg}\delta$ -увеличивается. Соответствующие таблицы и коэффициенты пересчёта имеются в ПТЭ и ПТБ.

Обратить внимание, что из ёмкостных методов в основном используются C_2/C_{50} , $\Delta C/C$, а способ ёмкость-температура практически редко используется, например, для силовых трансформаторов.

Испытание изоляции повышенным напряжением переменного тока является основным критерием, на основании которого принимается решение о включении установки в работу. Подъём испытательного напряжения до $0,3U_{\text{исп}}$ допускается скачком, далее не быстрее $1...2$ кВ/с.

Раздел 6. Эксплуатация силовых трансформаторов.

Приемка силовых трансформаторов в эксплуатацию (включение трансформаторов, техническая документация, объемы и нормы приемо-сдаточных испытаний). Режимы работы трансформаторов. Допустимые нагрузки и аварийные перегрузки трансформаторов. Условия параллельной работы трансформаторов. Осмотры трансформаторов. Методы сушки трансформаторов. Испытания трансформаторов после капитального ремонта. Эксплуатация трансформаторного масла (определение показателей масла, очистка и сушка трансформаторного масла, хроматографический анализ газов, растворенных в трансформаторном масле). Заливка и доливка трансформаторов маслом. Организация ремонта силовых трансформаторов.

Методические указания

Необходимо составить представление о критериях оценки состояния трансформатора перед его включением. Это: уровень масла в трансформаторе; испытание пробы масла из трансформатора в объеме сокращенного анализа и измерение $\text{tg}\delta$; измерение сопротивления изоляции $R_{\text{во}}''$ и определение отношения $R_{60''}/R_{15''}$; измерение $\text{tg}\delta$ или C_2/C_{50} обмоток в масле; определение отношения $\Delta C/C$ в начале и конце работ, при которых активная часть находилась в контакте с воздухом (до заливки трансформатора маслом); проверка состояния индикаторного силикагеля и пробивного напряжения масла со дна бака. Для каждой группы трансформаторов существует свой набор показателей (из перечисленных), при соблюдении которых можно включать его без сушки.

Испытания трансформатора разделяют на приемо-сдаточные и профилактические. Следует изучить пункты, которые обычно входят в программу испытаний, ориентироваться в схемах измерения и уметь оценивать результаты испытаний. Необходимо зафиксировать типы приборов, по которым проведены испытания, температуру обмоток, масла и т.п., что потребуется для сопоставления результатов последующих испытаний.

Раздел 7. Оперативное обслуживание и управление электрохозяйством.

Порядок производства оперативных переключений в электроустановках. Бланки переключений. Техника выполнения операций с коммутационной аппаратурой. Блокировки от неправильных действий оперативного персонала. Ор-

ганизация ремонтных работ в электроустановках. Наряд-допуск и порядок его оформления.

Методические указания

В процессе изучения материала необходимо уяснить содержание понятия "оперативное обслуживание", значение оперативного управления в эксплуатации электрохозяйства. Уметь заполнить бланк переключений на вывод в ремонт трансформатора главной понизительной подстанции, секционного выключателя, отдельного присоединения - на примере схемы электроснабжения курсового проекта.

Знать, что можно отключать и включать разъединителем (10 кВ): намагничивающий ток трансформаторов мощностью до 750 кВ·А включительно, ток замыкания на землю воздушных и кабельных линий и т.д.

Обратить внимание на использование тренажеров для формирования навыков оперативных переключений в аварийных ситуациях. Представлять порядок использования ЭВМ для контроля переключений.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

При выполнении контрольного задания необходимо:

1. Ответы на вопросы излагать чётко и исчерпывающе, давать поясняющие схемы, чертежи (эскизы), таблицы, графики, использовать бланки нарядов к переключений.

2. Вычерчивать схемы, эскизы, планировки, конструкции и т.п. с помощью линейки с соблюдением установленных ЕСКД изображений элементов схем.

3. Строить графики с соблюдением масштабов; размерности обозначать с соблюдением ГОСТа.

4. Все однотипные расчеты в задачах сводить в таблицы, текстом давать расчётные формулы и расчёты для характерных точек. Отдельные расчетные действия сопровождать сжатыми, чёткими пояснениями.

5. На титульном листе задания указать фамилию, имя, отчество, учебный шифр, специальность и номер группы.

Выбор варианта контрольного задания

Контрольное задание состоит из трёх контрольных вопросов и двух задач. Номер варианта контрольных вопросов выбирается по последней цифре шифра студента: цифра 1 - вариант 1; цифра 2 - вариант 2, ..., цифра 0 - вариант 10 в следующем порядке (таблица 1)

Таблица 2

Вариант задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вопрос 1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10
Вопрос 2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
Вопрос 3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10

Выбор варианта задачи № 1 и варианта задачи №2 производится по двум последним цифрам шифра студента.

Варианты вопроса 1

1.1. Порядок приемки электроустановок в эксплуатацию, приемосдаточные испытания.

1.2. Понятие физического износа электрооборудования. Система планово-предупредительных ремонтов (ППР) и обслуживание электроустановок.

1.3. Приемка кабельных линий в эксплуатацию (техническая документация, объемы и нормы приемосдаточных испытаний).

1.4. Эксплуатация кабельных линий (осмотры, допустимые нагрузки). Профилактические испытания и измерения кабельных линий.

1.5. Определение характера и места повреждения в кабельных линиях
1.6. Защита от коррозии металлических оболочек кабелей. Организация ремонта кабельных линий.

1.7. Приемка воздушных линий в эксплуатацию (техническая документация, объемы и нормы приемосдаточных испытаний).

1.8. Техническое обслуживание и эксплуатация линий (осмотры, допустимые нагрузки, нагрузки на провода и опоры ВЛ).

1.9. Профилактические испытания и измерения (опоры, провода, изоляторы, заземляющие устройства).

1.10. Вибрация проводов. Защита проводов от вибрации (гасители вибрации). «Пляска» проводов. Мероприятия по защите от «пляски» проводов.

Варианты вопроса 2

2.1. Гололедообразование. Плавка гололеда.

2.2. Определение места повреждения в воздушных линиях. Организация ремонта воздушных линий.

2.3. Техническое обслуживание и эксплуатация выключателей.

2.4. Техническое обслуживание и эксплуатация разъединителей.

2.5. Техническое обслуживание и эксплуатация токоограничивающих и дугогасящих реакторов.

2.6. Техническое обслуживание и эксплуатация измерительных трансформаторов.

2.7. Тепловизионный контроль оборудования.

2.8. Приемка силовых трансформаторов в эксплуатацию (включение трансформаторов, техническая документация, объемы и нормы приемосдаточных испытаний).

2.9. Режимы работы трансформаторов. Допустимые нагрузки и аварийные перегрузки трансформаторов. Условия параллельной работы трансформаторов.

2.10. Методы сушки трансформаторов.

Варианта вопроса 3

- 3.1. Методы определения основных характеристик изоляции трансформатора.
- 3.2. Испытания трансформаторов после капитального ремонта.
- 3.3. Эксплуатация трансформаторного масла (определение показателей масла).
- 3.4. Очистка и сушка трансформаторного масла.
- 3.5. Хроматографический анализ газов, растворенных в трансформаторном масле.
- 3.6. Заливка и доливка трансформаторов маслом.
- 3.7. Организация ремонта силовых трансформаторов.
- 3.8. Измерение качества и испытания изоляции электрооборудования систем электроснабжения. Схема замещения электрической изоляции.
- 3.9. Порядок производства оперативных переключений в электроустановках. Бланки переключений. Техника выполнения операций с коммутационной аппаратурой. Блокировки от неправильных действий оперативного персонала.
- 3.10. Организация ремонтных работ в электроустановках. Наряд-допуск и порядок его оформления.

Варианты задачи № 1

Варианты с 00 по 10. На рисунке 1 дана виброграмма выключения выключателя ВН-35. Посчитать и построить график скорости V движения траверсы в функции перемещения S . Результаты определения ΔS , V свести в таблицу.



Рисунок 1

Рисунок 2

Рисунок 3

Варианты с 11 по 15. Сопротивление межвитковой изоляции реактора РБАС составило 1 МОм при температуре 20°C. Определить, требуется ли сушка реактора. Дать принципиальную схему измерения этой изоляции.

Варианты с 16 по 20. Составить программу испытаний бетонных реакторов 10 кВ внутренней установки. Расположение фаз реакторов выполнено по вертикали. Указать аппаратуру для испытаний.

Варианты с 21 по 24. Составить программу испытаний конденсатора КМ2-0,38-75. Привести схемы, испытаний, указать используемые приборы.

Варианты с 25 по 45. Пользуясь номограммами рисунок 2, определить возможную перегрузку (в амперах) проводов воздушной линии электропередачи. Условия эксплуатации и марка провода линии заданы в таблице.

Таблица

Варианты	25...27	28...30	31...33	34...36	37...39	40...42	43...45
Марка провода	АС-25	АС-25	АС-35	АС-35	АС-50	АС-50	АС-70
Температура воздуха $\theta_{в}, ^\circ\text{C}$	0	20	40	0	20	40	20
Температура провода $\theta_{пр}, ^\circ\text{C}$	70	80	90	70	80	90	70
Скорость ветра $V, \text{м/с}$	1	1.5	2	1	2	3	2

Последовательность определения кратности допустимой перегрузки $K_{п}$ показана на номограммах.

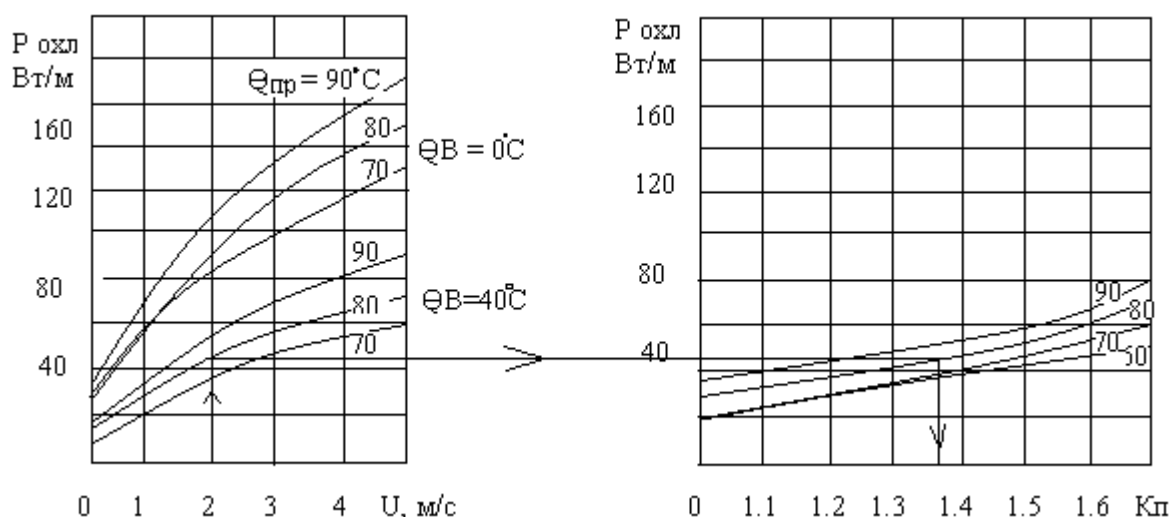


Рисунок 2

Варианты с 46 по 54. Рассчитать мощность P (кВт) нагрева и данные (S , кв.мм; N - число витков) намагничивающей обмотки для сушки силового трансформатора методом индукционных потерь. Расчёт выполнить для трансформатора главной подстанции из курсового проекта по курсу «Электрическая часть станций и подстанций». Привести схему подключения намагничивающей обмотки к фазам питающей сети, определить $\cos\phi$.

Варианты с 55 по 64. По данным протокола заводских испытаний трансформатора $R_{60''} = 450 \text{ МОм}$ при температуре $\theta=60^\circ\text{C}$. Привести эти данные к температуре при монтаже 20°C .

Варианты с 65 по 74. По данным протокола заводских испытаний трансформатора $\text{tg}\delta_1 = 8,1\%$ при температуре 60°C . Привести эти данные к температуре при монтаже 20°C .

Варианты с 75 по 90. Составить перечень работ в электроустановках до 1000 В Вашего предприятия (организации, цеха, отдела), которые могут производиться электротехническим персоналом в порядке текущей эксплуатации [2]. Перечень составить в форме распоряжения главного энергетика.

Варианты и 90 по 95. Кабели марки ААБ 3х95 мм² в количестве 50 штук проложены в туннеле, ток нагрузки равен 100 А. Указать величину тепловыделения, приходящегося на 1 м туннеля.

Варианты с 95 по 99. Тепловая мощность, выделяемая кабелями АПсПБ 3х95 кв.мм (на 1 км длины прокладки) составляет 50 кВт, средняя величина тока нагрузки равна 100А. Определить способ прокладки.

Варианты задачи №2

Требуется на основе схемы (рисунок 3) составить наряд либо заполнить бланк переключений в соответствии с заданием. Обе секции шин и трансформаторы находятся в работе, секционный выключатель отключен.

Варианты	Задание
00...05	Наряд на ремонт кабельной линии W1
06...10	Бланк переключений на вывод в ремонт линии W1
11...15	Наряд на ремонт трансформатора T5
16...20	Бланк переключений на вывод в ремонт T5
21...25	Наряд на ремонт линейного разъединителя QS7
26...30	Бланк переключений на вывод в ремонт разъединителя QS7
31...35	Наряд на ремонт трансформатора T3 (ТСН)
36...40	Бланк переключений на вывод в ремонт T3 (ТСН)
41...45	Наряд на ремонт вводного выключателя Q1
46...50	Бланк переключений на вывод в ремонт выключателя Q1
51...55	Наряд на ремонт 1-й секции шин
56...60	Бланк переключений на вывод в ремонт 1-й секции шин
61...65	Наряд на ремонт трансформатора T1 ГПП
66...70	Бланк переключений на вывод в ремонт T1 ГПП
71...75	Наряд на ремонт трансформатора напряжения TV2
76...80	Бланк переключений на вывод в ремонт TV2
81...85	Наряд на ремонт секционного выключателя Q5
86...90	Бланк переключений на вывод в ремонт выключателя Q5
91...95	Наряд на ремонт привода выключателя Q1
96...99	Наряд на ремонт разъединителя QS5 трансформатора TV4

Разъединители с обеих сторон секционного выключателя в нормальной схеме включены. В работе оба трансформатора собственных нужд (ТСН), секционный автомат QF3 нормально отключен.

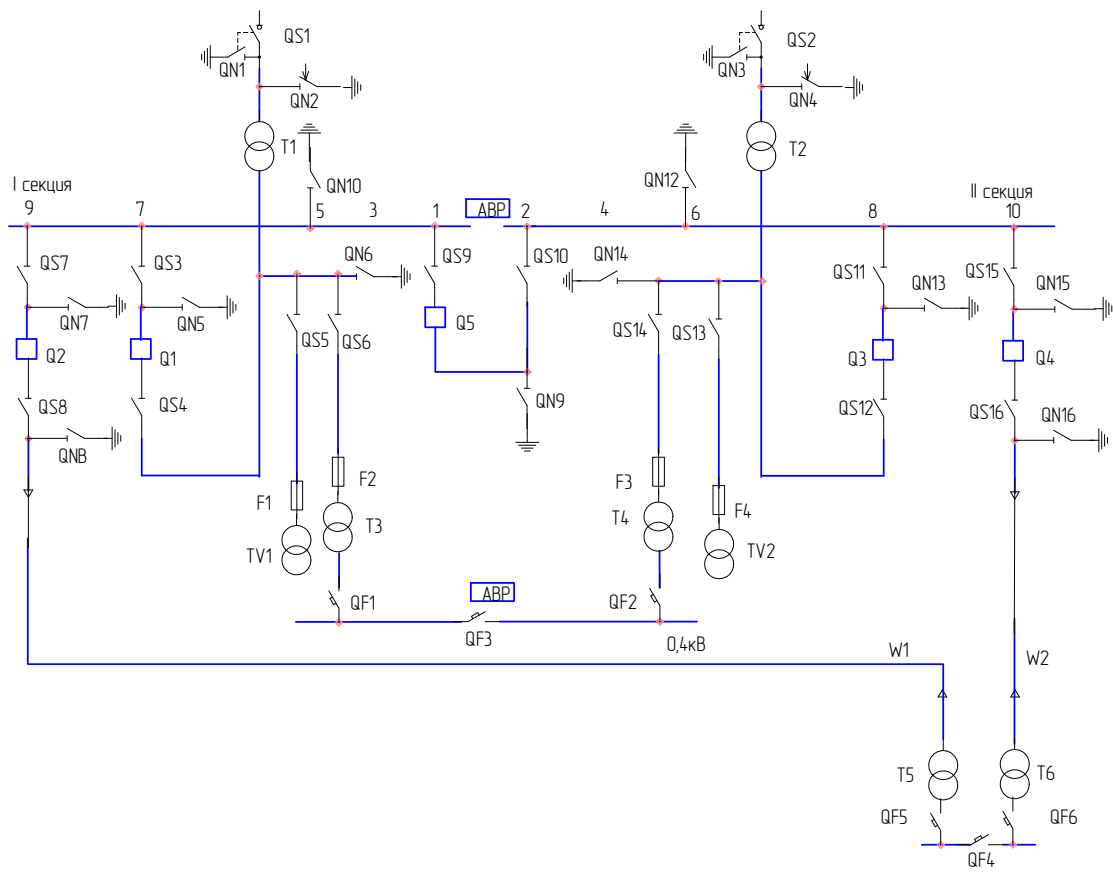


Рисунок 3

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Правила устройства электроустановок.-6, 7 изд.- Новосибирск: Сибирское университетское изд-во, 2007.- 853с.
- 2 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.- Екатеринбург: Уральское юридическое изд-во, 2003.- 303с.
- 3 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. ПОТРМ-016-2001. РД 153-34.003.150-00.- Екатеринбург: Уральское юридическое изд-во, 2003.-160с.
- 4 Быстрицкий Геннадий Федорович. Выбор и эксплуатация силовых трансформаторов: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 181300 "Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений" направления 654500 "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / Г. Ф. Быстрицкий, Б. И. Кудрин. - М.: Академия, 2003. – 174 с.
- 5 Котеленец Николай Федорович. Испытания, эксплуатация и ремонт электрических машин : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Электромеханика" направления "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / Н. Ф. Котеленец, Н. А. Акимова, М. В. Антонов; под ред. Н. Ф. Котеленца. - М.: Академия, 2003. - 384 с.
- 6 Макаров Евгений Федорович. Обслуживание и ремонт электрооборудования электростанций и сетей: учебник: для учреждений начального профессионального образования / Е. Ф. Макаров; Министерство образования Российской Федерации, Институт развития профессионального образования. - М.: Академия; М.: ИРПО, 2003. – 442 с.
- 7 Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4 кВ – 35 кВ и 110 – 1150 кВ Том 2./Под редакцией И.Т. Горюнова, А.А. Любимова.- М.: Папирус Про, 2005.-640с.
- 8 Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4 кВ – 35 кВ и 110 – 1150 кВ Том 3./Под редакцией И.Т. Горюнова, А.А. Любимова.- М.: Папирус Про, 2005.-624с.
- 9 Сибикин Юрий Дмитриевич. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок: учебное пособие для учреждений начального профессионального образования / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. - М.: Высшая школа, 2003. – 462 с.
- 10 Сибикин Юрий Дмитриевич. Справочник по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. - Изд. 6-е, испр. и доп.. - М.: Высшая школа, 2005. - 400 с.
- 11 Эксплуатация электрооборудования: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности 311400 "Электрификация и автоматизация сельского хозяйства" / Г. П. Ерошенко [и др.]. - М.: Колос, 2008. - 343, [1] с
- 12 Инструкция по переключениям в электроустановках / Министерство энергетики Российской Федерации. - СПб.: ДЕАН, 2005. – 124 с.

Данилов Алексей Алексеевич
Помялов Станислав Юрьевич

Программа, задания и методические указания к выполнению практических занятий и контрольной работы для студентов очной и заочной форм обучения специальности 140211 «Электроснабжение»

Авторская редакция

Подписано к печати	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать трафаретная	Усл.печ.л. 1,0	Уч.-изд. л. 1,0
Заказ	Тираж 5	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.