

минобрнауки РФ
федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования
"ПРИАМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ШОЛОМ-АЛЕЙХЕМА

кафедра технических дисциплин

Методические указания для выполнения курсового проекта
по дисциплине **Выбор и эксплуатация систем защиты, управления
и распределения электроэнергии**

Биробиджан 2017

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Выбор и эксплуатация систем защиты, управления и распределения электроэнергии» подготовки магистров направления 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» включает в себя кроме аудиторных занятий: лекционного курса, лабораторного практикума и практических занятий большой объем самостоятельной работы (50%), состоящий из:

- более глубокого изучения отдельных теоретических разделов,
- подготовки к выполнению и защите лабораторных работ,
- расчету заданий самостоятельной подготовки,
- написания реферата на актуальную тему,
- выполнения курсовой работы.

Для решения всех перечисленных вопросов предлагается ряд методических пособий и данные методические указания, в состав которых вошли такие разделы как:

1. перечень тем лекционного курса,
2. вопросы для самоподготовки,
3. перечень тем практических занятий,
4. перечень лабораторных работ,
5. темы реферата и требования, предъявляемые к этому виду самостоятельной работы,
6. задание на курсовую работу и пояснительный материал,
7. библиографический список.

Авторы надеются, что данные методические указания помогут студенту при освоении дисциплины, представят общий объем работы и конкретизирует план выполнения любого раздела.

РАЗДЕЛ 1. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛЕКЦИОННОГО КУРСА

Тема 1. Основные виды автоматических устройств в ЭЭС и их назначение. Функции и свойства устройств РЗ. Первичные измерительные преобразователи

Единая энергетическая система ЭЭС России. Принципы построения автоматизированной системы управления (АСУ) ЭЭС. Основные виды автоматических устройств в ЭЭС и их назначение. Технический, экономический и экологический эффект внедрения автоматических устройств. РЗ как один из видов противоаварийной автоматики. Структура устройств защиты и ее основные функциональные элементы, их реализация на различных элементных базах. Функции и свойства РЗ, общие принципы действия защиты с абсолютной и относительной селективностью, основные и резервные защиты, ближнее и дальнее резервирование.

Основные виды повреждений и ненормальных режимов работы в сетях с изолированной и заземленной нейтралью. Требования, предъявляемые к РЗ линий электропередач.

Первичные измерительные преобразователи (трансформаторы тока и напряжения) в устройствах РЗ. Источники оперативного тока.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы задачи комплексной автоматизации электрических систем?
2. Каковы основные требования, предъявляемые к устройствам релейной защиты и автоматики?
3. Каковы основные виды повреждений и нарушений режимов работы объектов ЭЭС?
4. Чему равны коэффициенты схемы для различных соединений трансформаторов тока.
5. Как выставляется уставка на микроэлектронных реле.

Тема 2. Токовые защиты в сетях с односторонним питанием

Структурная схема токовой защиты. Токовые ступенчатые защиты: выбор параметров срабатывания, оценка защитоспособности и чувствительности защит, включенных на полные фазные токи. Способы выполнения и включения измерительных реле тока. Условное графическое обозначение в схемах РЗ в соответствии с ГОСТ. Оценка токовых защит и область их применения.

Вопросы для самопроверки

1. Из каких основных органов состоит максимальная токовая защита?

2. Что называется током срабатывания и током возврата реле?
3. В чем отличие максимальной токовой защиты от токовой отсечки?
4. Как определяется выдержка времени максимальной токовой защиты?
5. Для какой цели в схемах защит применяются промежуточные реле?
6. Чему равен коэффициент чувствительности максимальных токовых защит?
7. Зачем применяется пуск минимального напряжения?
8. Чем характеризуются основная и резервная защиты?
9. Какие требования предъявляются к зоне действия резервной защиты?
10. Какие защиты применяются в качестве основных для сетей напряжений 35 и 110 кВ?

Тема 3. Защиты линий с двухсторонним питанием. Защиты линий с абсолютной селективностью

Токовые направленные защиты: особенности выбора параметров токовых направленных защит, включенных на полные токи фаз и составляющие нулевой последовательности. Способы выполнения и включения реле направления мощности. Оценка и область применения токовых направленных защит.

Дистанционные защиты: способы выполнения и включения реле сопротивления, выбор параметров срабатывания, влияние качаний в энергосистеме на работу дистанционной защиты, оценка защиты и область применения.

Принципы выполнения защит с абсолютной селективностью. Виды каналов связи.

Дифференциальная токовая защита: Продольная дифференциальная токовая защита с проводными каналами связи, ток небаланса в установившемся и переходном режимах, выбор параметров срабатывания и способы повышения ее чувствительности.

Принцип выполнения дифференциально-фазной защиты линий с высокочастотным каналом связи. Поперечная дифференциальная токовая направленная защита линий.

Оценка и область применения защит линий с абсолютной селективностью.

Состав и конструктивное выполнение защит типов ШДЭ 2801, 2802. Орган тока Т-103. Орган направления мощности М104. Орган выявления неисправности в цепях ЗУ0. Логическая часть ТЗНП. Расчет ТЗНП. Направленная высокочастотная защита линии типа ПДЭ-2802. Структурная схема. Назначение ПДЭ 2802, расчет уставок.

Вопросы для самопроверки

1. Почему в сетях с большим током замыкания на землю на линиях применяется отдельная защита от однофазных коротких замыканий?
2. В чем заключается принцип действия токовой направленной защиты?
3. Каков принцип расстановки органов направления мощности в кольцевой сети с одним источником питания?
4. Что такое "мертвая зона" у направленной токовой защиты и как ее подсчитать?
5. В чем основные достоинства дистанционных защит?
6. Как проводится согласование выдержек времени дистанционных защит со ступенчатой характеристикой?
7. Каковы основные характеристики срабатывания реле сопротивления?
8. Схемы включения дистанционных органов защиты.
9. Как рассчитать уставки трехступенчатой дистанционной защиты и выставить их на реле?
10. Укажите основные отличия дифференциальной защиты линий от других видов защиты.
11. Объясните причины возникновения токов небаланса в дифференциальной защите.
12. Чем определяется зона каскадного действия поперечной дифференциальной направленной защиты?
13. Для какой цели на параллельных линиях, защищенных поперечной дифференциальной защитой, должна быть предусмотрена дополнительная резервная защита?
14. Объясните принципы действия дифференциально-фазной высокочастотной защиты и направленной фильтровой высокочастотной защиты.
15. В чем основное преимущество высокочастотной защиты перед дистанционной защитой линии?

Тема 4. Защита трансформаторов и автотрансформаторов

Виды повреждений и ненормальных режимов работы трансформаторов и автотрансформаторов, требования, предъявляемые их защите.

Дифференциальная токовая защита, особенности ее выполнения, повышение чувствительности и защитоспособности при использовании разных методов отстройки от бросков токов намагничивания и токов небаланса при внешних коротких замыканиях. Газовая защита трансформаторов.

Резервные защиты от внешних коротких замыканий и перегрузок. Особенности выполнения защит трех обмоточных трансформаторов и автотрансформаторов.

Защита трансформаторов, установленных в схемах распределительных устройств без выключателей на стороне высшего напряжения.

Особенности расчета уставок микропроцессорной релейной защиты трансформаторов и автотрансформаторов. МПРЗ трансформаторов типа «Сириус».

Вопросы для самопроверки

1. Почему газовая защита не может быть основной защитой трансформатора?

2. Почему в дифференциальной защите трансформаторов вторичные обмотки трансформаторов тока на стороне обмотки, соединенной в звезду, соединяются в треугольник, а на стороне треугольника - в звезду?

3. В каких случаях целесообразно применять для трансформаторов максимальную токовую защиту с пуском минимального напряжения?

4. Как осуществляется отстройка в дифференциальной защите от бросков тока намагничивания?

5. Почему в дифференциальной защите трансформаторов токи небаланса имеют повышенное значение по сравнению с этими же токами в дифференциальной защите генератора?

6. Почему для трансформаторов более желательна дифференциальная защита с торможением в отличие от защиты генераторов?

7. Как осуществляется защита трансформаторов, не имеющих выключателей на стороне высшего напряжения?

Тема 5. Защита синхронных генераторов

Основные повреждения и ненормальные режимы работы синхронных генераторов. Виды защит от междуфазных и витковых замыканий в обмотке статора. Защита ротора. Защита цепей возбуждения. Токовые защиты генератора. Особенности выполнения защиты блока генератор-трансформатор. Релейные защиты генераторов и блоков типа ШЭ 1111-1113.

Вопросы для самопроверки

1. Как выбирается ток срабатывания продольной дифференциальной защиты генератора?

2. Почему на генераторах большой мощности целесообразно применять защиту обратной последовательности?

3. Для чего применяется устройство гашения поля генератора?
4. Как действует защита цепей ротора при замыканиях на землю в двух точках?
5. Способы повышения чувствительности в защите генератора от замыкания на землю в обмотке статора.
6. Как выполняется защита генераторов, реагирующая на ток обратной последовательности? Чем опасны токи обратной последовательности для генератора?
7. В каких случаях целесообразно устанавливать кроме общей продольной дифференциальной защиты блока отдельную дифференциальную защиту генератора и трансформатора?
8. Есть ли необходимость в дифференциальной защите блока генератор - трансформатор отстраиваться от бросков тока намагничивания?
9. Как выполняется защита от замыканий на землю в блоках генератор - трансформатор?
10. Какие напряжения (фазные или линейные) следует подводить к реле минимального напряжения защиты от сверхтоков, вызванных внешними короткими замыканиями?

Тема 6. Защита шин, электродвигателей, синхронных компенсаторов

Виды повреждений шин, требования, предъявляемые к их защите. Способы реализации защиты шин. Выполнение дифференциальной токовой защиты шин при различных схемах сборных шин.

Виды повреждений и ненормальных режимов работы электродвигателей. Защита от многофазных коротких замыканий и замыканий на землю. Защита электродвигателей от перегрузок и понижения напряжения. Особенности выполнения релейной защиты синхронных компенсаторов.

Вопросы для самопроверки

1. От какого тока отстраивается защита от междуфазных коротких замыканий?
2. В каких случаях требуется установка на двигателях защиты от замыканий на землю? От какого тока отстраивается защита?
3. В каких случаях применяют защиту минимального напряжения?
4. Объясните явление самозапуска асинхронных двигателей и порядок его расчета.
5. Как выбирают выдержку времени в защите двигателя от перегрузки?

6. Как ведет себя асинхронный двигатель при симметричном и несимметричном понижении напряжения на его зажимах?

7. Как выполняется защита от асинхронного режима на синхронных двигателях? Какую опасность представляет длительный асинхронный режим?

8. В каких случаях применяются специальные защиты шин?

9. Как выбирается ток срабатывания дифференциальной защиты шин?

10. От какого тока отстраивается токовая отсечка в защите шин?

Тема 7. Автоматическое повторное включение объектов ЭЭС, автоматическое включение резервного источника питания

Автоматическое повторное включение (АПВ) линий электропередачи, шин и трансформаторов. Виды АПВ и область их применения, требования к устройствам АПВ.

Автоматическое включение резервного питания (АВР): назначение, требования к устройствам, способы реализации, орган минимального напряжения.

Вопросы для самопроверки

1. Что дает ускорение действия защиты при АПВ?

2. В чем преимущества АПВ с улавливанием синхронизма перед несинхронным АПВ?

3. Для чего необходимо контролировать отсутствие напряжения на шинах?

4. Когда применяются устройства ОАПВ?

5. В чем отличие действия избирательных органов ОАПВ для тупиковых линий и линий с двухсторонним питанием?

6. В чем особенности работы устройств АВР на подстанциях с синхронным компенсатором?

7. Как проводится расчет уставок АВР?

8. В чем состоит согласование выдержек времени схем АВР?

9. Как обеспечивается однократность работы устройств АВР?

10. В чем особенность расчета уставок АВР для обеспечения самозапуска двигателей?

Тема 8. Автоматическое регулирование напряжения и реактивной мощности в ЭЭС

Назначение автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности (АРН и РМ) в электрических системах. Допустимые по ГОСТ отклонения напряжения. Требования, предъявляемые к устройствам АРН и РМ, регулируемые объекты: трансформаторы с устройством регулирования напряжения под нагрузкой (УРНП) и статические источники реактивной мощности (ИРМ). Принцип действия и способ выполнения автоматических регуляторов. Автоматический регулятор коэффициента трансформации понижающих трансформаторов.

Вопросы для самопроверки

1. В чем заключается метод встречного регулирования напряжения?
2. Основные органы структурной схемы АРТ-1Н.
3. Как осуществляется токовая компенсация в схеме регулирования напряжения АРТ-1Н?
4. Как осуществляется режим форсировки в устройстве АРКОН?

Тема 9. Автоматическое регулирование частоты и активной мощности в ЭЭС

Назначение автоматического регулирования частоты и активной мощности в ЭЭС (АРЧ и АМ), допустимые по ГОСТ отклонения частоты. Требования к устройствам АРЧ и АМ.

Автоматическая частотная разгрузка (АЧР): основные понятия и определения, требования к системе АЧР, статические и динамические характеристики энергосистемы.

Вопросы для самопроверки

1. В каком случае может возникнуть лавинообразное снижение частоты?
2. Зачем АЧР выполняют в несколько очередей?
3. В чем отличие АЧР I от АЧР II?
4. Что такое регулирующий эффект нагрузки?
5. Для чего используют АПВ после АЧР?

Тема 10. Противоаварийная автоматика

Назначение и основные требования, предъявляемые к противоаварийной автоматике (ПА). Аварийные ситуации и способы воздействия на режим работы энергосистемы. Примеры функционирования комплекса устройств ПА при ликвидации последствий аварийных ситуаций.

Вопросы для самопроверки

1. какова причина нарушения устойчивости работы в электроэнергетической системе?
2. Область применения и функции автоматического устройства разгрузки оборудования.
3. Характеристика автоматического устройства ликвидации асинхронного режима.

РАЗДЕЛ 2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Выбор трансформаторов тока и напряжения в цепях релейной защиты.
2. Проверка трансформаторов тока на точность работы.
3. Расчет уставок токовых защит в сетях с односторонним питанием.
4. Расчет уставок защит типа ПДЭ-2801, ШДЭ-2801, 2802, ТЗНП.
5. Расчет уставок основных и дополнительных защит трансформаторов и автотрансформаторов, особенности расчета уставок микропроцессорных защит трансформаторов.
6. Расчет уставок основных и дополнительных защит синхронных генераторов. Расчет уставок релейной защиты блока генератор-трансформатор от многофазных коротких замыканий.
7. Расчет уставок поперечной дифференциальной защиты сборных шин подстанции, релейной защиты высоковольтных двигателей и синхронных компенсаторов.

РАЗДЕЛ 3. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Испытание электромагнитных реле тока РТ-40, РТ-80 и реле напряжения РН-54.
2. Испытание реле тока, напряжения, мощности на интегральных микросхемах.
3. Исследование схем соединений вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток токовых реле в схемах РЗ.
4. Испытание реле с помощью прибора «Ретом».
5. Испытание комбинированной отсечки по току и напряжению.
6. Максимальная токовая защита на постоянном и переменном оперативном токе.

7. Токовые ступенчатые защиты в сетях с односторонним питанием (виртуальная лабораторная работа, выполняемая на ПЭВМ).
8. Испытание поперечной дифференциальной направленной защиты ЛЭП.
9. Испытание дифференциального реле РНТ-565.
10. Комплекс виртуальных лабораторных работ по исследованию токовых защит на переменном оперативном токе.
 - 10.1. Токовая ступенчатая защита радиальной сети.
 - 10.2. Токовая направленная защита кольцевой сети.
 - 10.3. Поперечная дифференциальная защита параллельных линий.
 - 10.4. Продольная дифференциальная защита трансформатора.
 - 10.5. Автоматическое повторное включение.
 - 10.6. Расчет токов короткого замыкания.
11. Испытание микропроцессорной релейной защиты трансформатора типа «Сириус-Т».
12. Испытание релейной защиты генератора.
13. Испытание реле автоматического повторного включения РПВ-01 и РПВ-02.
14. Автоматическое включение резервного трансформатора.
15. Автоматическая частотная разгрузка АЧР с ЧАПВ.
16. Автоматическое регулирование мощностью батарей статических конденсаторов.
17. Автоматический регулятор напряжения АРТ-1Н.

РАЗДЕЛ 4. ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

Реферативная работа предлагается студентам в 7 семестре при изучении второй части дисциплины, посвященной основным устройствам автоматического управления и регулирования в электроэнергетической системе. Работа предполагает более глубокое изучение предложенного теоретического и практического материала, а также изучение современного оборудования и перспективных направлений развития автоматики ЭЭС.

Реферат должен быть представлен в виде основной части объемом 15-20 страниц формата А4 при использовании не менее 5 источников, включая периодические и электронные издания.

Темы рефератов

1. Современное состояние единой энергосистемы Российской Федерации. Актуальность создания единой диспетчерской службы энергосистемы России.
2. Структура устройств релейной защиты.
3. Первичные измерительные преобразователи в РЗ и А.
4. Токовые ступенчатые защиты линий электропередачи в комплектах микропроцессорной РЗ.
5. Особенности защит с абсолютной селективностью.
6. РЗ, реагирующая на два параметра состояния электрической системы.
7. Устройства микропроцессорной РЗ в распределительных сетях 6-10кВ.
8. Устройства микропроцессорной РЗ в 110-220кВ.
9. Газовые защиты трансформаторов.
10. Микропроцессорные защиты трансформаторов.
11. Защиты блоков генератор-трансформатор от междуфазных КЗ.
12. Защиты блоков генератор-трансформатор от внешних КЗ.
13. Защиты блоков генератор-трансформатор от однофазных КЗ.
14. Защиты шин подстанций.
15. Микропроцессорные защиты высоковольтных двигателей.
16. АПВ объектов электроэнергетических систем.
17. АВР в энергосистемах.
18. Автоматические регуляторы напряжения в электрических сетях.
19. Автоматические регуляторы частоты и активной мощности в электроэнергетических системах.
20. Противоаварийная автоматика в районных электрических сетях.

РАЗДЕЛ 5. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Общие указания

Тематика заданий на курсовую работу по дисциплине «Релейная защита и автоматизация ЭЭС» ограничена достаточно простыми по конфигурации электрическими сетями и схемами подстанций. Для объектов которых необходимо произвести расчет аварийных токов, выбор типов релейной защиты и расчет уставок выбранных защит. Дополнительно необходимо представить развернутую (или совмещенную) схему релейной защиты. По заданию преподавателя студенту может быть задан вопрос специальной части курсовой работы.

Наличие руководящих указаний и достаточно большого перечня учебной литературы сделало возможным сокращение объема данных методических указаний. Приводимый в них материал составлен с учетом допущений, принятых при расчете аварийных режимов для расчета уставок, и в соответствии со временем, выделенным учебным планом и графиком самостоятельной работы студента по данной дисциплине.

Следует подчеркнуть, что выполнение курсовой работы предполагает обязательное использование руководящих указаний по расчету релейной защиты, справочников и типовых проектных материалов.

5.1. Объем курсовой работы

1. Расчет токов короткого замыкания и остаточных напряжений в объеме, достаточном для расчета уставок релейной защиты и проверки ее чувствительности.
2. Характеристика объекта энергосистемы, для которого производится расчет релейной защиты с указанием особенностей питания, режима работы нейтрали, наличия устройств регулирования напряжения и т. п.
3. Характеристика вдов повреждений и ненормальных режимов работы объекта с указанием типов релейной защиты согласно ПУЭ.
4. Выбор трансформаторов тока, схем соединения вторичных обмоток трансформаторов тока при выполнении различных защит, трансформаторов напряжения.
5. Расчет основных и дополнительных защит объекта ЭЭС по алгоритму:
 - 5.1. Тип релейной защиты, принцип его действия и комплект (в трехфазном исполнении).
 - 5.2. Расчет уставок.
 - 5.3. Проверка чувствительности.
 - 5.4. Выбор типов реле для монтажа схемы релейной защиты (возможно в виде спецификации).
6. Проверка наиболее нагруженной группы трансформаторов тока на точность работы.
7. Разработка разнесенной (совмещенной) схемы рассчитанной релейной защиты.
8. Выбор типа и уставок устройства автоматики для данного объекта электроэнергетической системы.

5.2. Оформление курсовой работы

Курсовая работа представляется в виде пояснительной записки объемом 2030 страниц формата А4 и двух приложений.

Пояснительная записка должна содержать:

- а) обоснование принятых устройств релейной защиты;
- б) расчеты основных параметров устройств релейной защиты и коэффициентов чувствительности;
- в) выбор типов реле и вспомогательного оборудования, управления и сигнализации;
- г) характеристику и уставки устройства автоматики;
- д) расчет характерны аварийных режимов (приложение № 1);
- е) разнесенную (совмещенную) схему релейной защиты, выполненную в соответствии с ГОСТ 2.755-74 (приложение № 2).

5.3. Выбор типов релейной защиты объекта энергосистемы

При выборе типа релейной защиты определяющими факторами являются:

- а) виды повреждений, на которые должна реагировать релейная защита;
- б) конфигурация сети или схема соединений отдельных ее элементов;
- в) режим заземления нейтралей трансформаторов;
- г) необходимость отключения повреждений без выдержки времени;
- д) необходимость резервирования отказов защит и выключателей смежных элементов сети.

Более полно данный вопрос рассматривается в [5, 7, 23-27].

6.4. Задание на курсовую работу

Студент получает от преподавателя индивидуальное задание на расчет релейной защиты и автоматики объекта электроэнергетической системы (рис.1), технические характеристики элементов которой представлены в табл. 1-8.

Параметры генераторов

Таблица 1

Обозначение на схеме	Номер варианта	P_H , МВт	U_H , кВ	$\cos \varphi$	Относительное сопротивление	
					x''_d	x'_d
G1, G2 ТВФ	1	12	6,3	0,8	0,114	0,174
	2	32	10,5	0,8	0,153	0,26
	3	63	10,5	0,8	0,1361	0,202
	4	110	10,5	0,8	0,189	0,271
G3, G4 СВ	1	55	10,5	0,85	0,22	0,35
	2	80	13,8	0,8	0,22	0,34
	3	120	13,8	0,85	0,205	0,332
	4	175	15,75	0,85	0,22	0,33

Параметры асинхронных двигателей

Таблица 2

Обозначение на схеме	Номер варианта	P_H , МВт	U_H , кВ	$\cos \varphi$	η	Кратность пускового тока K_I
M1, M3	1	2,5	6	0,92	96,9	5,3
	2	3,2	6	0,91	96,8	6,3
	3	4	6	0,92	96,9	6,3
	4	5	6	0,92	97,4	6,3

Параметры синхронных двигателей

Таблица 3

Обозначение на схеме	Номер варианта	P_H , МВт	S_H , МВ·А	U_H , кВ	η	Кратность пускового тока K_I	Кратность пускового момента K_M
M2, M4	1	2,5	2,87	6,1	97,2	6,16	1,75
	2	3,15	3,68	6,1	97,3	6,63	1,85
	3	4	4,58	6,1	97,5	6,69	1,92
	4	5	5,74	6,1	97,6	7,72	2,07

Параметры трансформаторов

Таблица 4

Обозначение на схеме	Номер варианта	S_H , МВ·А	$U_{НОМ}$, кВ			$U_{кз}$, %		
			В	С	Н	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН
T1, T2	1	25	115	38,5	6,6	10,5	17,5	6,5
	2	40	115	38,5	11	10,5	17,5	6,5
	3	63	230	38,5	11	11	12,5	9,5
	4	125	230	38,5	11	11	12,5	9,5
T3, T4	1	80	121	-	10,5	-	11	-
	2	125	121	-	13,8	-	10,5	-
	3	160	242	-	13,8	-	11	-
	4	200	242	-	15,75	-	11	-
T5	1	25	115	-	38,5	-	10,5	-
	2	40	115	-	38,5	-	10,5	-
	3	32	230	-	11	-	11,5	-
	4	40	230	-	11	-	11,5	-
T6, T7	1	6,3	35	-	6,3-6,3	-	7,5	23
	2	10	36,75	-	6,3-6,3	-	8	24

Обозначение на схеме	Номер варианта	S_H , МВ·А	$U_{НОМ}$, кВ			$U_{кз}$, %		
			В	С	Н	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН
	3	10	36,75	-	6,3-6,3	-	8	24
	4	16	36,75	-	6,3-6,3	-	10	31
Т8	1	25	115	38,5	6,6	10,5	17,5	6,5
	2	40	115	38,5	11	10,5	17,5	6,5
	3	40	230	38,5	6,6	11	22	9,5
	4	63	230	38,5	11	11	22	9,5
Т9, Т10	1	63	115	-	10,5-10,5	-	10,5	30
	2	80	115	-	10,5-10,5	-	10,5	30
	3	100	230	-	11-11	-	12,5	28
	4	160	230	-	11-11	-	12,5	28
Т11	1	10	38,5	-	6,3	-	7,5	-
	2	10	38,5	-	10,5	-	7,5	-
	3	16	38,5	-	6,3	-	7,5	-
	4	16	38,5	-	10,5	-	7,5	-
Т12	1	16	36,75	-	10,5	-	10	-
	2	32	36,75	-	6,3	-	12,7	-
	3	25	10,5	-	6,3	-	10,5	-
	4	32	10,5	-	6,3	-	12,7	-
АТ1, АТ2	1	200	230	121	10,5	11	32	20
	2	250	230	121	38,5	11	32	20
	3	160	500	230	38,5	11	35	21,5
	4	260	500	230	10,5	11,5	37	23

Параметры системы

Таблица 5

Обозначение на схеме	Номер варианта	$U_{НОМ}$, кВ	$S_{НОМ}$, МВ·А	Относительное сопротивление	
				X_{1C}	X_{2C}
GS1	1	230	1800	1,2	2,5
	2	230	2400	2	5
	3	500	3000	2,5	7
	4	500	3500	3	8,5

Параметры линий

Таблица 6

Обозначение на схеме	Номер варианта	Длина, км	Удельное сопротивление, Ом/км	
			X_0	R_0
W1, W2	1	60	0,444	0,428
	2	80	0,427	0,249
	3	90	0,435	0,121
	4	115	0,429	0,098
W3, W4	1	10	0,432	0,428
	2	15	0,421	0,306
	3	30	0,414	0,249
	4	40	0,406	0,198
W5	1	55	0,434	0,306
	2	75	0,42	0,198
	3	95	0,429	0,098
	4	110	0,42	0,075
W6, W7	1	65	0,413	0,162
	2	70	0,405	0,12
	3	100	0,42	0,075
	4	120	0,413	0,06
W8	1	65	0,427	0,249
	2	95	0,434	0,306
	3	105	0,413	0,06
	4	125	0,435	0,121
W9	1	70	0,42	0,198
	2	90	0,444	0,428
	3	105	0,435	0,121
	4	130	0,42	0,075
W10	1	45	0,405	0,12
	2	60	0,427	0,249
	3	90	0,429	0,098
	4	125	0,413	0,06
W11	1	15	0,126	0,326
	2	25	0,113	0,167
	3	8	0,09	0,62
	4	5	0,079	0,206
W12, W13	1	3	0,08	0,443
	2	5	0,095	0,89
	3	8	0,081	0,258
	4	10	0,075	0,129

Параметры реакторов

Таблица 7

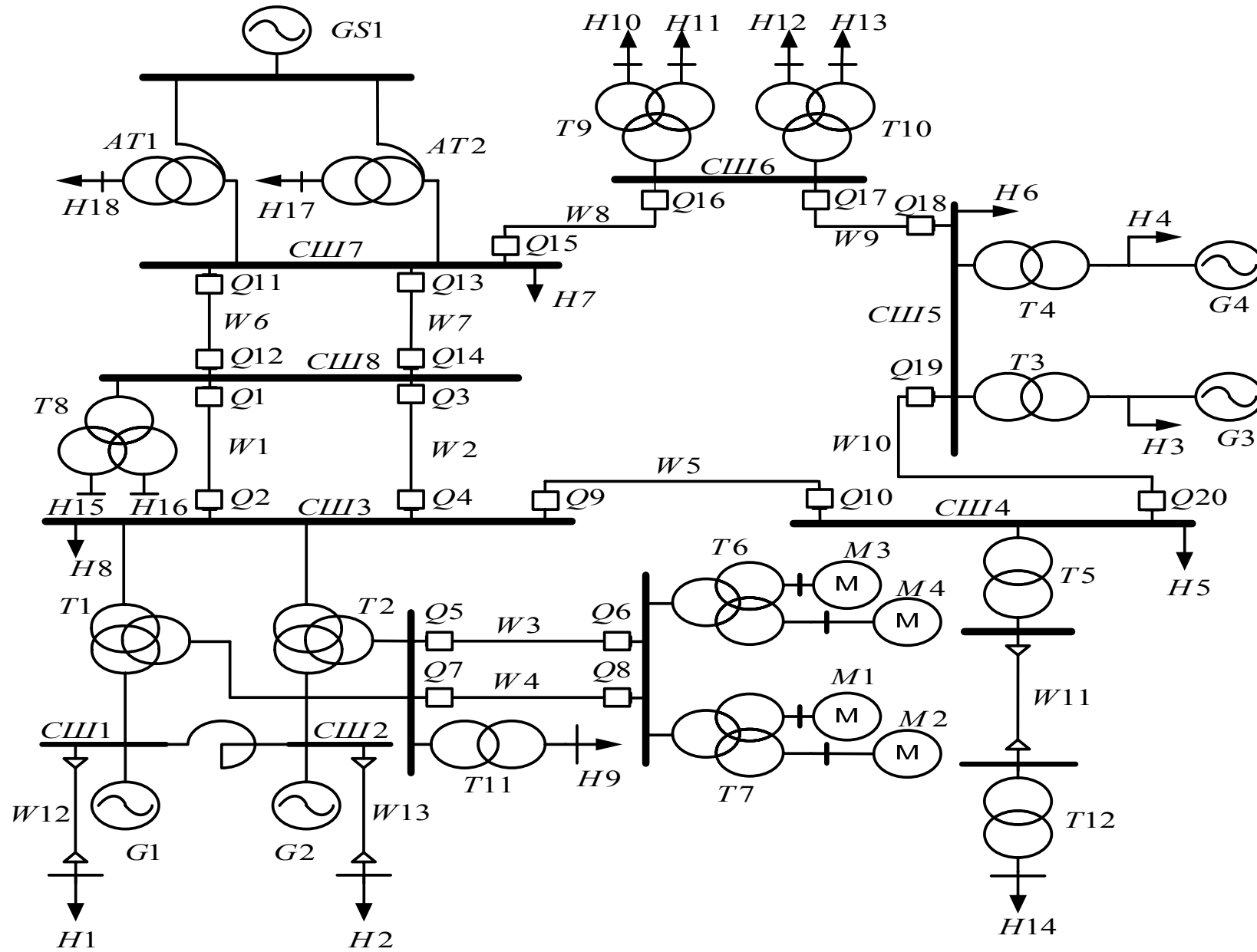
Обозначение на схеме	Номер варианта	Марка	X, Ом
LR1	1	РБ 10-400-0,45У3	0,45
	2	РБ 10-630-0,40У3	0,40
	3	РБУ 10-1000-0,14У3	0,14
	4	РБГ 10-1000-0,28У3	0,28

Параметры нагрузок

Таблица 8

Обозначение на схеме	Номер варианта	P_H , МВт	$\cos \varphi$
Н1, Н2	1	8	0,81
	2	25	0,92
	3	44	0,88
	4	82	0,86
Н3, Н4	1	5,5	0,93
	2	8	0,89
	3	12	0,84
	4	17,5	0,87
Н5	1	4	0,86
	2	5	0,85
	3	3,3	0,91
	4	5,4	0,82
Н6	1	15	0,85
	2	32	0,93
	3	48	0,9
	4	87,5	0,8
Н7	1	16	0,86
	2	30	0,92
	3	25	0,82
	4	55	0,91
Н8	1	2,5	0,8
	2	5	0,82
	3	25	0,89
	4	55	0,83
Н9	1	9	0,93
	2	8	0,88

Обозначение на схеме	Номер варианта	P_H , МВт	$\cos \varphi$
	3	14,5	0,91
	4	13	0,85
H10, H11, H12, H13	1	25	0,8
	2	30	0,85
	3	43	0,87
	4	70	0,9
H14	1	12	0,85
	2	25	0,88
	3	22	0,93
	4	27	0,9
H15, H16	1	11	0,89
	2	17	0,9
	3	16	0,82
	4	26	0,85
H17, H18	1	80	0,86
	2	100	0,81
	3	74	0,83
	4	110	0,84



Указания

1. Расчет токов КЗ вести в именованных единицах для максимального и минимального режимов.

2. При определении уставок срабатывания защит от сверхтоков необходимо учесть увеличение токов нагрузки ($I_{ном}$) в 2 раза при самозапуске электрических двигателей после отключения КЗ.

3. При проверке чувствительности защит генераторов от однофазных замыканий на землю полный емкостный ток сети $I_{сc}$ принять для варианта 1- 15 А, для 2 - 20 А, для 3 - 25 А, для 4 - 30 А.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Раздел 1. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛЕКЦИОННОГО КУРСА И ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.....	4
Раздел 2. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.....	11
Раздел 3. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	11
Раздел 4. ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ.....	12
Раздел 5. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.....	13
Общие указания.....	13
6.1. Объем курсовой работы.....	13
6.2. Оформление работы.....	14
6.3. Выбор типа релейной защиты.....	15
6.4. Задание на курсовую работу.....	16