

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра «Системы электроснабжения»

621.311(07)
Е804

А.М. Ершов

**РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА
В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Учебное пособие к изучению курса

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2013

УДК [621.311; 658.26](075.8) + 621.316.9(075.8) + [658.26; 621.31](075.8)
Е804

Одобрено
учебно-методической комиссией энергетического факультета

Рецензенты
Б.И. Заславец, Н.В. Кукарина

Ершов А.М.
Е804 Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения: учебное пособие к изучению курса / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 76 с.

В учебном пособии к изучению курса «Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения» приведена программа курса, материалы для подготовки к семинарским занятиям, задание на курсовую работу и методические указания по её выполнению. Пособие предназначено для подготовки бакалавров и магистров по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника» для профиля «Системы электроснабжения».

УДК [621.311; 658.26](075.8) + 621.316.9(075.8) + [658.26; 621.31](075.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 4 |
| 1. Релейная защита в системах электроснабжения | |
| 1.1. Содержание курса | 7 |
| 1.2. Семинарские занятия и самостоятельная работа | 11 |
| 1.3. Объём и график выполнения домашнего практического задания | 34 |
| 1.4. Рефераты | |
| 1.4.1. Темы рефератов | 36 |
| 1.4.2. Требования к оформлению рефератов | 38 |
| 1.5. Курсовая работа «Релейная защита и автоматика в СЭС» | 39 |
| 1.5.1. Задание на курсовую работу | 39 |
| 1.5.2. Методические указания и требования к оформлению курсовой работы | 48 |
| Библиографический список | 51 |
| 2. Автоматизация в системах электроснабжения | |
| 2.1. Общие положения | 56 |
| 2.2. Содержание курса | 57 |
| 2.3. Семинарские занятия | 59 |
| 2.3.1. Организация семинарских занятий | 59 |
| 2.3.2. Требования к оформлению реферата и доклада | 59 |
| 2.3.3. Темы семинарских занятий | 61 |
| 2.3.4. Темы дополнительных рефератов | 72 |
| Библиографический список | 74 |

ВВЕДЕНИЕ

Общий курс «Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения» ориентирован на подготовку бакалавров и магистров по направлению подготовки 140400 – «Электроэнергетика и электротехника» для профиля «Системы электроснабжения».

Выпускники должны работать на промышленных предприятиях в подразделениях главного энергетика, в городских или сельских электрических сетях, обслуживающая электроустановки напряжением от 380 В до 110–220 кВ.

В сложившейся отечественной литературе основное внимание уделяется релейной защите электроустановок напряжением 6–10 кВ и выше. Традиционно в курсе изучаются элементная база (это реле различного вида, трансформаторы тока и напряжения), принципы построения релейной защиты и рассматриваются защиты конкретных элементов систем электроснабжения – линий, трансформаторов и т.д.

В 2007 г. заведующим кафедрой «Системы электроснабжения» (СЭС), д.т.н., профессором Ю.В. Хохловым была поставлена задача переработки курса «Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения» с учетом специфики подготовки инженеров по специальности, современного уровня развития устройств защиты и автоматики, построенных на основе микропроцессорной техники.

При разработке нового курса «Релейная защита и автоматика систем электроснабжения» сделан переход от изучения отдельных принципов выполнения защит и аналитических методов расчета, во-первых, к осмысливанию организации и анализу построения защиты электрических сетей, во-вторых, к комплексному расчету защит объектов системы электроснабжения с использованием аналитических и графических методов. Уделяется больше внимания *физике процессов*, протекающих в системе электроснабжения в нормальных и аварийных режимах работы, а не только полученным в результате расчетов *цифрам*. *Физика* остается в голове надолго, а *цифры* вылетают мгновенно без остатка.

Учитывая специфику специальности «Системы электроснабжения», в данном учебном пособии рассмотрение релейной защиты и автоматики условно «смещено вниз» по системе электроснабжения и начинается с защиты отдельных электроприемников напряжением 380 В (освещение, электродвигатели, ...), постепенно «поднимается вверх» по системе электроснабжения, охватывая трансформаторные подстанции напряжением 6–10/0,4 кВ, электроприемники и распределительные электрические сети напряжением 6–10 кВ, и заканчивается силовыми трансформаторами с первичным напряжением 35–110–220 кВ. Защиты линий электропередачи напряжением 35–110–220 кВ рассмотрены в упрощенном варианте, поскольку данные защиты подробно изучаются по специальности «Электрические сети и системы»

При рассмотрении организации и расчетов релейной защиты объектов системы электроснабжения наряду с аналитическими методами расчета в учебном пособии уделено углубленное внимание графическим методам построения время-

токовых характеристик защищаемого объекта и устройств защиты. Такой подход широко применяется в зарубежной практике расчета устройств релейной защиты и, в частности, компанией Schneider Electric.

Рассмотрение время-токовых характеристик, рассчитанных с использованием традиционных аналитических методов расчета, во-первых, показывает наглядность работы устройств защит, повышает понимание рассматриваемых процессов, во-вторых, существенно повышается качество согласования селективности срабатывания смежных защит, поскольку характеристики всех устройств располагаются на одном графике, в-третьих, повышается качество расчетов и, соответственно, качество работы устройств защиты систем электроснабжения.

В качестве примера построения релейной защиты объектов на разных уровнях системы электроснабжения выбрано силовое электрооборудование и микропроцессорные устройства защиты и автоматики компании Schneider Electric. Выбор такого решения был основан тем, что компания, во-первых, производит широкий спектр силового оборудования для распределительных электрических сетей, начиная от автоматических выключателей напряжением 380 В до распределительных устройств напряжением 35 кВ, и микропроцессорных устройств защиты и автоматики, во-вторых, компания, предлагая своё оборудование, хорошо обеспечивает его информационную поддержку, и, самое главное, доступность этой информации.

Пособие предназначено для подготовки студентов дневной и заочной форм по направлению подготовки 140400 – «Электроэнергетика и электротехника»:

– квалификации 62 – бакалавр техники и технологии по профилю «Системы электроснабжения»;

– квалификации 68 – магистр по магистерской программе «Оптимизация развивающихся систем электроснабжения».

Общий курс «Релейная защита и автоматизация в системах электроснабжения» охватывает три последовательно изучаемые дисциплины:

1. «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» (общий курс), читаемой кафедрой «Электрические станции, сети и системы» по программе подготовки бакалавра для всех электротехнических специальностей Энергетического факультета.

2. «Управление режимами работы систем электроснабжения», читаемой выпускающей кафедрой СЭС по программе подготовки бакалавра по профилю «Системы электроснабжения».

3. «Противоаварийная автоматика систем электроснабжения», читаемой выпускающей кафедрой СЭС по магистерской программе «Оптимизация развивающихся систем электроснабжения».

Согласно учебным планам учебный процесс охватывает три семестра и показан в табл. 1.

Таблица 1

| № п/п | Дисциплина | Квалификация/семестр | Число недель | Всего час. | Лекции | Семинары/практика | Лабораторные работы | СРС | КР/КП | Экз./Зач. |
|-------|---|----------------------|--------------|------------|--------|-------------------|---------------------|-----|-------|-----------|
| 1 | Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем (общий курс) | Бакалавр 7-й | 18 | 108 | 27 | – | 27 | 54 | – | Зач. |
| 2 | Управление режимами работы СЭС/ Автоматизация режимов СЭС | Бакалавр 8-й | 14 | 108 | 28 | 14 | 14 | 52 | КР | Экз. |
| 3 | Противоаварийная автоматика СЭС | Магистр 1-й | 18 | 144 | 18 | 18 | 36 | 72 | КП | Экз. |
| Всего | | | 50 | 360 | 73 | 32 | 77 | 178 | – | – |

В данном учебном пособии рассмотрено общее содержание курса «Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения». Распределение материала для каждой дисциплины представлено в соответствующих учебно-методических комплексах.

1. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

1.1. Содержание курса

Тема 1. Назначение релейной защиты.

Основные определения и понятия: функции релейной защиты; основная и резервная защита; ближнее и дальнее резервирование; отказ срабатывания, излишнее срабатывание, ложное срабатывание. Свойства релейной защиты: селективность; быстрдействие защиты; устойчивость функционирования; надежность функционирования. Краткая история и перспективы развития защиты электрических сетей.

Тема 2. Принципы построения электрических сетей. Режимы нейтрали электрических сетей.

Основные типы электрических сетей: радиальные сети – простая радиальная линия, двойная радиальная линия, радиально-ступенчатые схемы; магистральные линии; разомкнутые и замкнутые петлевые схемы; схемы с резервными источниками питания. Области применения схем.

Влияние режима нейтрали на ток однофазного замыкания на землю. Пять способов заземления нейтрали сети: сеть с изолированной нейтралью; сеть с компенсированной нейтралью; заземление нейтрали через высокоомное активное сопротивление; сеть с глухозаземленной нейтралью; сеть с эффективно заземленной нейтралью. Критерии выбора режима нейтрали электрических сетей.

Тема 3. Токи короткого замыкания в системах электроснабжения.

Виды повреждений и ненормальные режимы работы электрических сетей. Характеристики токов короткого замыкания (КЗ). Влияние схем соединения обмоток силовых трансформаторов на токи КЗ на стороне высшего напряжения при различных видах КЗ на стороне низшего напряжения трансформатора.

Тема 4. Особенности расчета токов КЗ для определения параметров устройств релейной защиты.

Особенности расчета токов КЗ в электрических сетях напряжением выше 1 кВ и до 1 кВ; методики расчёта токов КЗ.

Тема 5. Источники оперативного тока.

Источники оперативного тока, используемые на подстанциях 35–110–220/6–10 кВ, в распределительных пунктах 6–10 кВ и трансформаторных подстанциях 6–10/0,4 кВ. Постоянный и переменный оперативный ток.

Тема 6. Трансформаторы тока (ТТ). Схемы соединения ТТ и цепей тока измерительных органов (ИО).

Характерные режимы работы ТТ. Погрешности; классы точности; влияние вторичной нагрузки и величины токов, протекающих в сети, на класс точности ТТ; предельная кратность первичного тока. Выбор ТТ и определение их допустимой нагрузки. Трёхфазный и однофазный фильтры токов нулевой последовательности. Датчики тока, катушка Роговского.

Типовые схемы соединения ТТ и ИО: понятие чувствительности релейной защиты; влияние схем соединения ТТ и ИО; влияние вида КЗ; влияние местоположения КЗ – в линии или за трансформатором; влияние схем соединения обмоток силовых трансформаторов. Анализ векторных диаграмм и соотношения токов по фазам со стороны ВН и НН силовых трансформаторов. Оценка чувствительности защиты линии электропередачи. Оценка чувствительности защиты силовых трансформаторов напряжением 110/10 и 10/0,4 кВ.

Тема 7. Трансформаторы напряжения (ТН).

Характерные режимы работы ТН. Погрешности, классы точности. Однофазные и трёхфазные ТН: НОМ, НОЛ, ЗНОЛ, НТМИ, НАМИ, НАМИТ; характеристики.

Тема 8. Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ плавкими предохранителями.

Виды токовых нагрузок на элементы СЭС. Принцип защиты от токовых перегрузок: соотношение время-токовых характеристик (ВТХ) – пропускных элементов СЭС, нагрузочных и защитных. ВТХ плавких предохранителей. Условия выбора плавких вставок; проверка селективности. Методика построения ВТХ плавких вставок по каталожным данным с учетом разброса повремени срабатывания. Основные типы и устройство предохранителей напряжением 380 В, 6–10 кВ. Понятие токоограничения плавкими предохранителями.

Тема 9. Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ автоматическими выключателями (АВ).

Понятие трёхступенчатой токовой защиты (максимальной токовой защиты) на примере автоматических выключателей: защита от перегруза, селективная токовая отсечка, мгновенная токовая отсечка. Типовые защитные ВТХ АВ. Выбор выключателей. Выбор уставок АВ для защиты электродвигателей; линий и шинных сборок; защиты сборных шин трансформаторной подстанции (ТП). Понятие токоограничения с помощью АВ. Защита от однофазных коротких замыканий на землю в электрической сети напряжением до 1 кВ. Понятие токоограничения АВ.

Тема 10. Обзор коммутационных и защитных аппаратов напряжением до 1 кВ.

Термины и основные определения, используемые в российской и зарубежной литературе для описания характеристик электрической сети и защитных аппаратов. Плавкие предохранители и их характеристики. Автоматические выключатели компании Schneider Electric: Acti9, Multi, Compact, Masterpact. АВ отечественного производства.

Тема 11. Организация защиты электрических сетей напряжением до 1 кВ.

Общая характеристика построения РЗ в электрических сетях напряжением до 1 кВ. Понятие «Организация защиты» при выборе и расчётах устройств РЗ элементов СЭС. Примеры расчёта релейной защиты с помощью предохранителей и АВ: двигателей; питающих линий; вводных и секционных АВ ТП; квартиры.

Тема 12. Требования нормативных документов к защите электрических сетей напряжением выше 1 кВ.

Тема 13. Принципы построения защиты электрических сетей напряжением выше 1 кВ.

Определение системы защиты; функции защит; алгоритм отключения защит с независимой и зависимой от тока выдержкой времени. Виды селективности: временная селективность; токовая селективность; логическая селективность; селективность с помощью направленной защиты; селективность с помощью дифференциальной защиты, продольная и поперечная дифференциальные защиты; селективность по току плюс временная селективность; логическая плюс временная селективность; временная селективность плюс селективность направленной защиты; логическая селективность плюс селективность направленной защиты; селективность дифференциальной защиты плюс временная селективность.

Тема 14. Электрооборудование компании Schneider Electric напряжением выше 1 кВ.

Спектр силового электрооборудования компании Schneider Electric напряжением выше 1 кВ.

Тема 15. Микропроцессорная релейная защита электрических сетей на основе устройств компании Schneider Electric.

Микропроцессорные устройства релейной защиты: реле VIP 30, VIP 35, VIP 300; устройства защиты Seram серий 10, 20, 40, 80; их возможности; виды применяемых защит. Аналитические методы расчёта устройств защиты Seram; методика расчёта обратно-зависимых время-токовых характеристик.

Тема 16. Защита силовых трансформаторов напряжением 6–10/0,4 кВ.

Виды повреждений силовых трансформаторов. Требования, предъявляемых к защитах трансформаторов напряжением 6–10/0,4 кВ. Организация защиты трансформаторов 6–10/0,4 кВ; расчет уставок их защиты; построение ВТХ защит. Особенности расчётов и согласования обратно-зависимых ВТХ устройств защиты Seram. Примеры расчёта релейной защиты трансформаторов напряжением 6–10/0,4 кВ.

Тема 17. Организация защиты электрических сетей напряжением 6–10 кВ.

Общие требования, предъявляемые к защитах электрических сетей. Диаграмма селективности времени срабатывания защиты. Организация защиты на разных ступенях электрических сетей напряжением 6–10 кВ. Расчет уставок защит: радиальной линии, питающей одну ТП; магистральной линии, питающей несколько ТП; радиальной линии, питающей РП; вводных и секционного выключателя РП; особенности построения и согласования ВТХ защит разных ступеней СЭС. Направления оптимизации параметров обратно-зависимых ВТХ устройств защиты Seram. Примеры расчёта электрических сетей напряжением 6–10 кВ.

Тема 18. Защита от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) в электрических сетях напряжением 6–10–35 кВ.

Распределение токов в контуре нулевой последовательности при ОЗЗ. Требования к защитах от ОЗЗ в электрических сетях напряжением 6–10–35 кВ. Устройство контроля изоляции сети 6–10–35 кВ. Ненаправленная токовая защита от ОЗЗ.

Принципы построения устройств защиты от ОЗЗ отечественного производства и компании Schneider Electric.

Тема 19. Защита силовых трансформаторов напряжением 35–110–220/6–10 кВ.

Виды повреждений и ненормальных режимов работы трансформаторов. Организация защиты трансформаторов напряжением 35–110–220/6–10 кВ. Дифференциальная токовая защита трансформаторов: принцип действия; расчетный ток небаланса; варианты построения защиты; дифференциальная защита Seram T87. Газовая и струйная защиты. Защита от перегрузок. Селективная токовая защита с независимой от тока выдержкой времени. Мгновенная токовая отсечка. Защиты, установленные на вводных и секционном выключателях на стороне НН ПС. Защита сборных шин напряжением 6–10 кВ ПС.

Тема 20. Защита радиальных линий напряжением 35–110–220 кВ, питающих ПС.

Защита от междуфазных КЗ. Защита от КЗ на землю. Методики расчёта.

Тема 21. Защита конденсаторных установок и силовых резонансных фильтров.

Повреждения и ненормальные режимы работы конденсаторов. Организация защиты конденсаторных установок и силовых резонансных фильтров. Расчет уставок защиты конденсаторных установок напряжением 10 кВ и напряжением 380 В.

Тема 22. Защита электродвигателей.

Ненормальные режимы работы и виды повреждений электродвигателей. Организация защиты асинхронных и синхронных двигателей напряжением выше 1 кВ и двигателей напряжением до 1 кВ. Методика расчета защиты электродвигателей.

Тема 23. Особенности защиты и автоматики трансформаторов электротермических установок.

Ненормальные режимы работы и виды повреждений. Организация защиты и методика её расчёта.

Тема 24. Особенности защиты и автоматики полупроводниковых преобразовательных агрегатов.

Ненормальные режимы работы и виды повреждений. Организация защиты и методика её расчёта.

Тема 25. Защита генераторов электроэнергии малой средней мощности потребителей.

Области применения и режимы работы генераторов малой и средней мощности. Особенности расчёта токов КЗ, обусловленных генераторами, и их соотношение с сетевыми токами КЗ. Особенности построения защиты и автоматики.

1.2. Семинарские занятия и самостоятельная работа

Семинар 1. Режимы нейтрали электрических сетей.

Критерии выбора режима нейтрали электрических сетей. Пять способов заземления нейтрали: сеть с изолированной нейтралью; сеть с компенсированной нейтралью; заземление нейтрали через высокоомное активное сопротивление; сеть с глухозаземленной нейтралью; сеть с эффективно заземленной нейтралью.

Литература

1. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 1: Токи короткого замыкания: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 168 с. – Раздел 2.2.

2. Петров, О.А. Режимы нейтрали электрических сетей систем электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие для студентов-заочников / О.А. Петров, А.М. Ершов. – Челябинск: ЧПИ, 1990. – 67 с. – Разделы 2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 2.8, 3, 4.1, 4.2.

Вопросы для подготовки к семинарскому занятию и контрольной работе.

1. Назовите основные виды повреждений электрических сетей напряжением 380 В, напряжением 6–10–35 кВ, напряжением 110 и 220 кВ.

2. Кратко охарактеризуйте режим работы сети с изолированной нейтралью. Для каких классов напряжения применяется этот режим?

3. Кратко охарактеризуйте режим работы сети с компенсированной нейтралью. Для каких классов напряжения применяется этот режим?

4. Кратко охарактеризуйте режим работы сети с нейтралью, заземленной через высокоомное сопротивление. Для каких классов напряжения применяется этот режим?

5. Кратко охарактеризуйте режим работы сети с глухозаземленной нейтралью. Для каких классов напряжения применяется этот режим?

6. Кратко охарактеризуйте режим работы сети с эффективно заземленной нейтралью. Для каких классов напряжения применяется этот режим?

7. Какие режимы нейтрали характеризуют термины «однофазное замыкание на землю» (ОЗЗ) и «однофазное короткое замыкание на землю» (ОКЗЗ)?

8. Какие кратности перенапряжений возникают в электрических сетях при различных режимах нейтрали? Какой уровень изоляции закладывается при выполнении электрической сети (на примере кабелей, электродвигателей)?

9. Какими факторами определяется величина тока однофазного повреждения изоляции на землю в электрической сети с изолированной нейтралью? Назовите порядок значений токов на землю (А – кА).

10. Какими факторами определяется величина тока однофазного повреждения изоляции на землю в электрической сети с компенсированной нейтралью? Назовите порядок значений токов на землю (А – кА).

11. Какими факторами определяется величина тока однофазного повреждения изоляции на землю в электрической сети с нейтралью, заземленной через высокоомное сопротивление? Назовите порядок значений токов на землю (А – кА).

12. Какими факторами определяется величина тока однофазного повреждения изоляции на землю в электрической сети с глухозаземленной нейтралью? Назовите порядок значений токов на землю (А – кА).

13. С какой целью в электрической сети напряжением 110 кВ разземляют часть нейтралей трансформаторов? Почему это не делается в электрической сети напряжением 220 кВ?

14. Для каких классов напряжения электрических сетей (380 В; 6, 10, 35, 110, 220 кВ) применяют те или иные режимы нейтрали?

Контрольная работа 1. Режимы нейтрали электрических сетей.

Примечание. Все контрольные работы проводятся в конце соответствующих семинарских занятий.

Самостоятельная работа 1. Принципы построения электрических сетей напряжением 0,38–6–10–35–110–220 кВ.

Обобщенная схема электроснабжения промышленного предприятия или электросетевого предприятия: питающие воздушные (ВЛ) и кабельные (КЛ) линии напряжением 35–110–220 кВ; подстанции (ПС) напряжением 35–110–220/35/6–10 кВ; распределительные сети напряжением 6–10 кВ с высоковольтными распределительными пунктами (РП); трансформаторные подстанции (ТП) напряжением 6–10/0,4 кВ; низковольтные распределительные сети напряжением 380 В.

Одинокная радиальная линия; двойная радиальная линия; одно- и двухступенчатые радиальные схемы; разомкнутые и замкнутые петлевые схемы; одиночные и двойные (двухлучевые) магистральные схемы; схемы с резервными источниками питания.

Обозначения элементов системы электроснабжения на схемах.

Литература

1. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 1: Токи короткого замыкания: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 168 с. – Раздел 2.1.

Вопросы для подготовки к контрольной работе.

1. Нарисовать схему простой радиальной линии напряжением 10 кВ: одиночной, двойной. Показать область применения. Дать технико-экономическую оценку применения схемы.

2. Нарисовать схему простой радиальной линии напряжением 380 В: одиночной, двойной. Показать область применения. Дать технико-экономическую оценку применения схемы.

3. Нарисовать схему двухступенчатой радиальной линии напряжением 10 кВ. Показать область применения. Дать технико-экономическую оценку применения схемы.

4. Нарисовать схему двухтрансформаторной подстанции 10/0,4 кВ, питающейся по радиальной линии. Показать область применения. Дать технико-экономическую оценку применения схемы.

5. Нарисовать схему одиночной магистральной линии напряжением 10 кВ. Показать область применения. Дать технико-экономическую оценку применения схемы.

6. Нарисовать схему двойной сквозной магистральной линии напряжением 10 кВ. Показать область применения. Дать технико-экономическую оценку применения схемы.

7. Нарисовать схему двухтрансформаторной подстанции 10/0,4 кВ, питающейся по двойной сквозной магистральной линии. Показать область применения. Дать технико-экономическую оценку применения схемы.

8. Нарисовать схему распределительного пункта напряжением 10 кВ. Обосновать необходимость создания в системе электроснабжения РП-10 кВ. Дать технико-экономическую оценку применения схемы.

9. Нарисовать схему низковольтного распределительного пункта (РПН) напряжением 380 В. Обосновать необходимость создания в системе электроснабжения РПН. Дать технико-экономическую оценку применения схемы.

10. Нарисовать схему вводного распределительного устройства (ВРУ) напряжением 380 В для электроснабжения жилого дома. Дать технико-экономическую оценку применения схемы.

Семинар 2. Токи короткого замыкания в системах электроснабжения.

Виды коротких замыканий в электрических сетях: трехфазное КЗ; двухфазное КЗ; однофазное КЗ на землю в электрической сети напряжением 110–220 кВ с глухозаземленной нейтралью; двойное КЗ на землю в электрической сети напряжением 6–10–35 кВ с изолированной или компенсированной нейтралью.

Короткие замыкания на выводах низшего (среднего) напряжения понижающего трансформатора. Группы соединения обмоток трансформаторов, используемых в электрических сетях разного класса напряжения.

Двухфазное КЗ за трансформатором со схемой соединения обмоток Y/Δ -11: построение векторных диаграмм токов и определение соотношений токов по фазам со стороны высшего и низшего напряжения трансформатора (ВН, НН).

Двухфазное КЗ за трансформатором со схемой соединения обмоток Δ/Y_N : построение векторных диаграмм токов и определение соотношений токов по фазам со стороны ВН и НН трансформатора.

Двухфазное КЗ за трансформатором со схемой соединения обмоток Y/Y_N : построение векторных диаграмм токов и определение соотношений токов со стороны ВН и НН трансформатора.

Однофазное КЗ за трансформатором со схемой соединения обмоток Y/Y_N : построение векторных диаграмм токов и определение соотношений токов со стороны ВН и НН трансформатора.

Однофазное КЗ за трансформатором со схемой соединения обмоток Δ/Y_N : построение векторных диаграмм токов и определение соотношений токов со стороны ВН и НН трансформатора.

Примечание. При рассмотрении различных видов токов за трансформатором провести анализ пофазно векторных диаграмм токов со стороны ВН и НН трансформатора. Обратить на соотношения токов.

Литература

1. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 1: Токи короткого замыкания: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 168 с. – Раздел 3.

Вопросы для подготовки к семинарскому занятию и контрольной работе.

1. Дайте характеристику трехфазного КЗ.
2. Дайте характеристику двухфазного КЗ. Как определяют этот ток для использования в расчетах релейной защиты?
3. Дайте характеристику однофазного КЗ на землю в электрических сетях напряжением 110 и 220 кВ. Сопоставьте различие этого тока для этих сетей.
4. Дайте характеристику двойного КЗ на землю в электрической сети напряжением 6–10–35 кВ с изолированной или компенсированной нейтралью. Что происходит в электрической сети, если релейной защитой отключается одна поврежденная линия?
5. Дайте характеристику однофазного замыкания на землю в электрической сети напряжением 6–10–35 кВ с изолированной нейтралью. Как однофазное замыкание на землю может перейти в двойное КЗ на землю?
6. Что такое группа соединения обмоток трансформаторов, используемых в электрических сетях разного класса напряжения. Сформулируйте правило определения группы соединения обмоток трехфазного трансформатора. Охарактеризуйте группы соединения обмоток $Y/\Delta-11$, Δ/Y_H-11 , Y/Y_H-0 , Y/Z_H-11 , $\Delta/\Delta-0$ с построением векторных диаграмм и определением соотношений токов со стороны ВН и НН. Для каких классов напряжения применяются данные трансформаторы?
7. Объясните, как изменяются токи на стороне ВН при двухфазном КЗ за трансформатором со схемой соединения обмоток $Y/\Delta-11$: построение векторных диаграмм токов и определение соотношений токов по фазам со стороны ВН и НН трансформатора.
8. Объясните, как изменяются токи на стороне ВН при двухфазном КЗ за трансформатором со схемой соединения обмоток Δ/Y_H : построение векторных диаграмм токов и определение соотношений токов по фазам со стороны ВН и НН трансформатора.
9. Объясните, как изменяются токи на стороне ВН при двухфазном КЗ за трансформатором со схемой соединения обмоток Y/Y_H : построение векторных диаграмм токов и определение соотношений токов со стороны ВН и НН трансформатора.
10. Объясните, как изменяются токи на стороне ВН при однофазном КЗ за трансформатором со схемой соединения обмоток Y/Y_H : построение векторных диаграмм токов и определение соотношений токов со стороны ВН и НН трансформатора.

11. Объясните, как изменяются токи на стороне ВН при однофазном КЗ за трансформатором со схемой соединения обмоток Δ/Y_H : построение векторных диаграмм токов и определение соотношений токов со стороны ВН и НН трансформатора.

12. С какой целью в электрической сети напряжением 110 кВ разземляют часть нейтралей трансформаторов? Почему это не делается в электрической сети напряжением 220 кВ? Какой класс изоляции имеют нейтрали обмоток трансформатора 110/10 кВ, какими факторами это вызвано?

Контрольная работа 2. Токи короткого замыкания в системах электропитания.

Самостоятельная работа 2. Трансформаторы тока (ТТ). Трансформаторы напряжения (ТН).

Принцип работы ТТ; правило включения ТТ; токовая, полная и угловая погрешности; кривая постоянства полной погрешности; классы точности ТТ, используемых для целей измерения и релейной защиты.

Трехтрансформаторный фильтр токов нулевой последовательности; однотрансформаторный фильтр токов нулевой последовательности.

Трансформаторы тока и датчики фазного тока компании Schneider Electric.

Понятия предельной кратности ТТ и её взаимосвязь с допустимой вторичной нагрузкой и 10-ти процентной погрешностью. Порядок выбора ТТ. Определение допустимой вторичной нагрузки ТТ в схемах релейной защиты. Выбор контрольного кабеля.

Принцип работы ТН; правило включения ТН; погрешность напряжения и угловая погрешность ТН; классы точности ТН, используемых для целей измерения и релейной защиты.

Виды ТН: схемы включения однофазных и трехфазных ТН; антирезонансные ТН. Технологические и защитные заземления обмоток трехфазного ТН и их назначения. Виды напряжений, измеряемых трехфазными ТН.

Литература

1. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 1: Токи короткого замыкания: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 168 с. – Разделы 6 и 7.

Семинар 3. Схемы соединения трансформаторов тока (ТТ) и цепей тока измерительных органов (ИО).

Понятие коэффициента схемы соединения трансформаторов тока и измерительных органов.

Схема соединения ТТ и ИО в полную звезду и ИО, включенным нулевой провод.

Схема соединения ТТ и ИО в неполную звезду и ИО, включенным в нулевой провод.

Схема соединения ТТ в треугольник, а ИО – в полную звезду.

Схема соединения ТТ в неполный треугольник с одним ИО – схема «восьмерки».

Работа схем соединения ТТ и ИО при двухфазных и однофазных КЗ за трансформаторами со схемами соединения обмоток Y/Δ , Δ/Y_H , Y/Y_H .

Примечание. Для каждого вида схем соединения ТТ и ИО рассмотреть коэффициент схемы при различных видах КЗ, происходящих в линии и за трансформаторами с различными группами соединения обмоток.

Понятие о коэффициенте чувствительности релейной защиты. Определение коэффициентов чувствительности для: защиты линии; защиты силовых трансформаторов напряжением 35–110–220/6–10 кВ и трансформаторов напряжением 6–10/0,4 кВ.

Литература

1. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 1: Токи короткого замыкания: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 168 с. – Раздел 3.2, 6.2, 6.3, 6.4.

Вопросы для подготовки к семинарскому занятию и контрольной работе.

1. Поясните принцип и особенности работы трансформатора тока. Для пояснения нарисуйте схему замещения ТТ и векторную диаграмму токов.

2. Объясните термины «токовая, полная и угловая погрешности ТТ». Для пояснения постройте и используйте векторную диаграмму токов. Какие виды погрешности используются при анализе работы устройств релейной защиты?

3. Какие классы точности имеют ТТ? С каким видом погрешности ТТ связан его класс точности? Какие классы точности используются в устройствах релейной защиты и системах учета электрической энергии?

4. Поясните правила включения трансформаторов тока. Как обозначаются выводы первичной и вторичной обмоток ТТ? Что такое коэффициент трансформации ТТ? Какие номинальные значения тока может иметь вторичная обмотка ТТ?

5. Какие требования предъявляются к сопротивлению нагрузки ТТ? Как это связано с классом точности ТТ? Какую опасность имеет режим работы ТТ с разомкнутой вторичной обмоткой?

6. Что такое датчик фазного тока? Чем он отличается от трансформатора тока? Что является выходной величиной датчика тока и почему именно эта выходная величина используется в микропроцессорных устройствах защиты и автоматики?

7. Поясните работу трехтрансформаторного фильтра токов нулевой последовательности. Нарисуйте схему соединения ТТ. Где применяется данный фильтр токов нулевой последовательности и почему?

8. Поясните работу одното трансформаторного фильтра токов нулевой последовательности (ТТНП). Нарисуйте схему включения. Каковы особенности заземления концевой муфты при использовании ТТНП? Где применяется данный вид ТТНП?

9. С какой целью проводят расчет нагрузки трансформаторов тока? С учетом каких критериев и как определяется допустимая вторичная нагрузка ТТ? К каким

последствиям может привести превышение допустимой вторичной нагрузки при работе релейной защиты?

10. Опишите в общем виде порядок выбора ТТ, определения его допустимой вторичной нагрузки и выбора контрольного кабеля. К каким последствиям может привести занижение сечения контрольного кабеля? Каковы значения минимальных сечений контрольного кабеля?

11. Охарактеризуйте понятие «коэффициент схемы ТТ и ИО». В каких расчетах релейной защиты используется коэффициент схемы? От каких факторов зависит коэффициент схемы – поясните схемой электрической сети?

12. Нарисуйте схему соединения трансформаторов тока и измерительных органов в полную звезду. Опишите основные характеристики. Какие виды повреждений позволяет выявлять данная схема?

13. Нарисуйте схему соединения трансформаторов тока и измерительных органов в неполную звезду. Опишите основные характеристики. Какие виды повреждений позволяет выявлять данная схема?

14. Нарисуйте схему соединения трансформаторов тока в полный треугольник, а измерительных органов в полную звезду. Опишите основные характеристики. Какие виды повреждений позволяет выявлять данная схема?

15. Нарисуйте схему соединения трансформаторов тока в неполный треугольник с одним измерительным органом. Опишите основные характеристики. Какие виды повреждений позволяет выявлять данная схема?

16. Дайте определение коэффициента чувствительности релейной защиты. Для каких условий производится определение коэффициента чувствительности релейной защиты?

17. Каковы особенности определения коэффициента чувствительности защиты линии электропередачи при различных вариантах соединения ТТ и ИО?

18. Каковы особенности определения коэффициента чувствительности защиты трансформатора со схемой соединения обмоток трансформатора $Y/\Delta-11$ для случая двухфазного КЗ за трансформатором при соединении трансформаторов тока на стороне ВН по схеме треугольника.

19. Каковы особенности определения коэффициента чувствительности защиты трансформатора со схемой соединения обмоток трансформатора $Y/\Delta-11$ для случая двухфазного КЗ за трансформатором при соединении трансформаторов тока на стороне ВН по схеме полной звезды.

20. Каковы особенности определения коэффициента чувствительности защиты трансформатора со схемой соединения обмоток трансформатора Δ/Y_H-11 для случаев однофазного КЗ на землю и двухфазного КЗ за трансформатором.

21. Каковы особенности определения коэффициента чувствительности защиты трансформатора со схемой соединения обмоток трансформатора Y/Y_H-11 для случаев однофазного КЗ на землю и двухфазного КЗ за трансформатором.

22. Поясните принцип и особенности работы трансформатора напряжения. Для пояснения нарисуйте схему замещения ТН и векторную диаграмму токов. Какие классы точности ТН используются для устройств релейной защиты и автоматики?

23. Поясните правила включения трансформаторов напряжения. Как обозначаются выводы первичной и вторичной обмоток ТН? Что такое коэффициент трансформации ТН? Какие номинальные значения напряжения может иметь вторичная обмотка ТН?

24. Охарактеризуйте области применения однофазных трансформаторов напряжения. Как с помощью двух однофазных трансформаторов можно измерить три линейных напряжения сети? Приведите схему.

25. Почему трехфазные трансформаторы напряжения 6–10–35 кВ имеют три группы обмоток? Какие напряжения позволяют измерять эти трансформаторы? Как отразится на работе такого трансформатора напряжения потеря связи нейтрали первичной обмотки с землей?

26. Поясните назначение вторичной обмотки трехфазного ТН, соединенной по схеме «открытого треугольника». Какие напряжения появляются на зажимах этой обмотки при нормальном режиме работы сети и при однофазном замыкании на землю?

27. Поясните назначение трех заземлений обмоток в трехфазных трансформаторах. Какие заземления являются технологическими, а какие – защитными? Объясните назначение каждого заземления конкретно.

Контрольная работа 3. ТТ и ТН в схемах релейной защиты.

Самостоятельная работа 3. Предохранители.

Конструктивное исполнение предохранителей напряжением до 1 кВ и выше 1 кВ отечественного производства: принцип работы; время-токовые характеристики; разброс срабатывания предохранителей.

Предохранители компании Schneider Electric, понятие ограничения предохранителем тока КЗ, токоограничивающие характеристики.

Литература

1. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 2: Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 168 с. – Раздел 8.

Семинар 4. Организация защиты электрических сетей напряжением до 1 кВ с помощью плавких предохранителей.

Принцип построения защиты электрических сетей: максимально допустимый ток элементов СЭС (кабеля, линии, трансформатора); максимальный ток нагрузки; токовые перегрузки; принцип защиты от токовых перегрузок с помощью защитных аппаратов (предохранителей и автоматических выключателей).

Защита плавкими предохранителями: время-токовые характеристики (ВТХ); условия выбора плавких вставок; проверка селективности. Методика построения время-токовых характеристик плавких вставок по каталожным данным с учетом разброса повремени срабатывания. Основные типы предохранителей, их конструкции, области применения.

Выбор плавкой вставки для защиты: линии; одного и группы электродвигателей; проверка селективности последовательно включенных предохранителей; проверка чувствительности плавких вставок.

Токоограничивающая способность плавких предохранителей. Конструктивное выполнение плавких предохранителей напряжением до 1 кВ и 6–10 кВ.

Литература

1. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 2: Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 168 с. – Разделы 8, 11.1–11.3.

Вопросы для подготовки к семинарскому занятию и контрольной работе.

1. Охарактеризуйте термины: максимально допустимый ток кабеля или трансформатора; максимальный ток нагрузки; токовые перегрузки – перегрузки и токи короткого замыкания. Приведите время-токовые характеристики указанных параметров.

2. В чем заключается принцип защиты от токовых перегрузок на примере предохранителя? Используя время-токовые характеристики, объясните принцип организации защиты.

3. В чем заключается принцип защиты от токовых перегрузок на примере автоматического выключателя? Используя время-токовые характеристики, объясните принцип организации защиты.

4. Приведите нагрузочные время-токовые характеристики для электродвигателя, для мощной лампы накаливания, печи сопротивления.

5. Охарактеризуйте защитные время-токовые характеристики плавкой вставки предохранителя (кривая минимального времени возникновения дуги, кривая разрыва дуги, зона разброса срабатывания предохранителя).

6. На примерах поясните понятия срабатывания и несрабатывания предохранителя при пуске двигателя. Приведите время-токовые характеристики.

7. На примерах поясните понятие срабатывания предохранителя при коротком замыкании в конце питающей линии. В каких случаях может происходить несрабатывания предохранителя при КЗ в конце линии.

8. Объясните причины возникновения зоны разброса срабатывания предохранителя. Какими факторами обусловлено возникновение зоны разброса.

9. Опишите последовательность срабатывания (перегорания плавкой вставки) предохранителя. Из каких составляющих складывается время срабатывания предохранителя? Назовите примерное собственное время срабатывания предохранителя.

10. Поясните, в чем заключается физический процесс ограничения тока КЗ предохранителем. Объясните зависимость ограниченного пикового тока от ожидаемого действующего значения тока КЗ.

11. Опишите конструкцию предохранителя напряжением до 1 кВ, раскройте понятия «предохранитель» и «плавкая вставка». Приведите примерный вид вре-

мя-токовой характеристики предохранителя с номинальным током плавкой вставки 100 А.

12. Опишите конструкцию предохранителя напряжением 10 кВ, раскройте понятия «предохранитель» и «плавкая вставка». Приведите примерный вид время-токовой характеристики предохранителя с номинальным током плавкой вставки 100 А.

13. Опишите на примере плавкой вставки с номинальным током 100 А порядок построения защитных время-токовых характеристик предохранителя при разбросе характеристик срабатывания $\pm 25\%$.

14. Дайте определение терминов предохранителя: номинальный ток предохранителя; номинальный ток плавкой вставки; предельно отключаемый ток КЗ предохранителя.

15. Поясните физический смысл коэффициента чувствительности. С какой целью производится его расчет? Какие требования предъявляют ПУЭ к коэффициенту чувствительности плавкого предохранителя?

16. Почему чувствительность защиты плавкого предохранителя напряжением до 1 кВ проверяется по минимальному току однофазного КЗ в конце защищаемой линии, а напряжением выше 1 кВ – по минимальному току двухфазного КЗ в конце линии?

17. Определите условия выбора плавкого предохранителя и расчета его коэффициента чувствительности для защиты линии. Приведите принципиальную электрическую схему и время-токовые характеристики с указанием на них нагрузочных и защитных характеристик, минимального тока КЗ перед двигателем.

18. Определите условия выбора плавкого предохранителя и расчета его коэффициента чувствительности для защиты электродвигателя с короткозамкнутым ротором. Приведите принципиальную электрическую схему и время-токовые характеристики с указанием на них нагрузочных и защитных характеристик, минимального тока КЗ перед двигателем.

19. Определите условия выбора плавкого предохранителя и расчета его коэффициента чувствительности для защиты линии, питающей группу электроприемников. Приведите принципиальную электрическую схему и время-токовые характеристики с указанием на них нагрузочных и защитных характеристик, минимального тока КЗ в конце линии.

20. Поясните понятие селективности на примере защиты плавкими предохранителями линии, питающей низковольтный распределительный пункт РПН. Поясните организацию защиты с использованием электрической схемы и время-токовых характеристик.

21. Определите условия выбора плавких предохранителей для защиты силового трансформатора со стороны НН и ВН. Приведите принципиальную электрическую схему и время-токовые характеристики с указанием на них нагрузочных и защитных характеристик.

22. Охарактеризуйте защиту трансформаторов с помощью плавких предохранителей. Для каких мощностей трансформаторов применяется защита трансформаторов с помощью плавких предохранителей на стороне ВН и НН.

23. Объясните, как производится сравнение на одном графике время-токовых характеристик двух плавких вставок предохранителей напряжением 380 в и 10 кВ (например, установленных на стороне ВН и НН силового трансформатора).

Контрольная работа 4. Защита электрических сетей с помощью предохранителей.

Самостоятельная работа 4. Коммутационные и защитные аппараты напряжением до 1 кВ отечественного производства и компании Schneider Electric.

Термины и основные определения, используемые в российской и зарубежной литературе для описания характеристик автоматических выключателей и других защит.

Структура системы электроснабжения. Основные функции и назначение низковольтной распределительной аппаратуры.

Автоматические выключатели компании Schneider Electric: три типогабарита АВ – Acti 9, Compact, Masterpact; основные характеристики АВ; токоограничение АВ. Микропроцессорные (цифровые) расцепители для выключателей Compact и Masterpact.

Автоматические выключатели (АВ) отечественного производства: тепловой расцепитель; электромагнитный расцепитель; независимый расцепитель; электронный расцепитель; обобщенные время-токовые характеристики; характеристики срабатывания В, С, D.

Дифференциальные выключатели.

Литература

1. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 2: Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 168 с. – Раздел 10.

Семинар 5. Организация защиты электрических сетей напряжением до 1 кВ автоматическими выключателями (АВ).

Типовые время-токовые характеристики отечественных АВ и компании Schneider Electric. Методика построения реальной время-токовой характеристики АВ отечественного и зарубежного производства. Микропроцессорные (цифровые) расцепители, устанавливаемые в автоматические выключатели.

Расчет защиты электродвигателя с помощью автоматических выключателей ВА47-29 и Compact .

Расчет защиты линии, питающей РПН, с помощью автоматического выключателя Compact .

Защита от однофазных замыканий на землю. Принципы построения защиты от однофазных замыканий на землю. Устройства защитного отключения.

Литература

1. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 2: Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 168 с. – Раздел 9, 11.1, 11.2, 11.4.

Семинар 6. Расчет защиты автоматическими выключателями трансформаторной подстанции напряжением 6–10/0,4 кВ.

Схемы распределительного устройства напряжением 0,4 кВ ТП. Организация защиты со стороны НН трансформаторной подстанции: основные условия выбора вводных и секционного выключателей; селективность по току и времени между защитными аппаратами отходящих линий и секционным и вводными выключателями; ограничения, накладываемые на выбор защитных характеристик АВ; расчет характеристик расцепителей вводных и секционного АВ.

Литература

1. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 2: Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 168 с. – Раздел 9, 11.5.

Вопросы для подготовки к семинарским занятиям 5, 6 и контрольной работе.

1. Охарактеризуйте и сопоставьте (преимущество и недостатки) зависимые и независимые от тока время-токовые характеристики автоматических выключателей. В каком виде защиты они применяются?

2. Охарактеризуйте трехступенчатую время-токовую защитную характеристику автоматического выключателя. Опишите назначение каждой ступени.

3. Каково назначение защиты от перегрузок АВ. Покажите на графике время-токовые характеристики этой защиты и нагрузочные и пусковые характеристики электродвигателя. В каких случаях защита от перегрузок может отключить электродвигатель?

4. Какие регулируемые параметры может иметь защита от перегрузок АВ и с какими характеристиками электродвигателей это связано? В каких случаях защита от перегрузок может отключить электродвигатель?

5. С какой целью проводится проверка защиты от перегрузки АВ на чувствительность к току однофазного КЗ в конце защищаемой линии? Ответ сопроводите принципиальной электрической схемой с нанесением на неё нагрузочных токов и токов КЗ.

6. Назначение мгновенной токовой отсечки АВ. От каких характеристик электродвигателей отстраивается мгновенная токовая отсечка? Приведите время-токовые нагрузочные характеристики ЭД и защитные АВ.

7. По каким критериям выбираются параметры защитных характеристик мгновенной токовой отсечки? От каких токов КЗ она отстраивается и на какие токи КЗ

она должна реагировать? Покажите время токовые характеристики защиты и токи КЗ.

8. Опишите организацию защиты ЭД с помощью АВ. Нарисуйте схему питания ЭД с нагрузочными токами и токами КЗ. Объясните построение время-токовых характеристик с нанесением всех указанных выше параметров.

9. По каким параметрам проверяется чувствительность защиты от перегруза и мгновенной токовой отсечки для АВ, обеспечивающего защиту электродвигателя. Пояснения сопроводите схемой питания ЭД и ВТХ автоматического выключателя.

10. Охарактеризуйте типовую защитную характеристику микропроцессорного расцепителя для защиты электродвигателя. Какие виды защит он имеет? Регулировку каких параметров позволяет осуществлять данный вид расцепителя?

11. Опишите организацию защиты линии с помощью микропроцессорного расцепителя АВ. Нарисуйте схему питания линии с нагрузочными токами и токами КЗ. Объясните построение нагрузочных и защитных время-токовых характеристик с нанесением всех указанных выше параметров.

12. Определите условия выбора уставок защиты от перегруза, селективной токовой отсечки и мгновенной токовой отсечки АВ, обеспечивающего защиту линии. Покажите время-токовые характеристики.

13. По каким параметрам проверяется чувствительность защит автоматического выключателя, обеспечивающего защиту линии. Пояснения сопроводите схемой питания линии и ВТХ автоматического выключателя.

14. Охарактеризуйте типовую защитную характеристику микропроцессорного расцепителя для защиты отходящих от ТП линий. Какие виды защит он имеет? Регулировку каких параметров позволяет осуществлять данный вид расцепителя?

15. Поясните назначение, устройство и работу теплового расцепителя АВ. Какие тип время-токовой характеристики он реализует (покажите на графике)? От каких видов перегрузок и токов КЗ защищает расцепитель?

16. Поясните назначение, устройство и работу электромагнитного расцепителя АВ. Какой тип время-токовой характеристики он реализует (покажите на графике)? От каких видов перегрузок и токов КЗ защищает расцепитель?

17. Поясните назначение, устройство и работу комбинированного расцепителя АВ. Какие время-токовые характеристики он реализует (покажите на графике)? От каких видов перегрузок и токов КЗ защищает расцепитель?

18. Поясните назначение, устройство и работу микропроцессорного расцепителя АВ. Какие время-токовые характеристики он реализует? Какие параметры защитных характеристик он может регулировать? Покажите на примере стилизованной ВТХ.

19. Поясните, в чем заключается физический процесс ограничения тока КЗ автоматическими выключателями. Что дает токоограничение АВ? Приведите график токоограничения и поясните правила пользования им.

20. Опишите организацию защиты трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ на стороне НН с двумя вводными и одним секционным АВ. По каким нагрузочным

токам определяются параметры АВ? Каковы условия выбора времени срабатывания селективной токовой отсечки АВ?

21. Опишите организацию защиты трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ на стороне НН с двумя вводными и двумя секционными АВ. По каким нагрузочным токам определяются параметры АВ? Каковы условия выбора времени срабатывания селективной токовой отсечки АВ?

22. Охарактеризуйте типовую защитную характеристику микропроцессорного расцепителя для организации защиты на вводных и секционном выключателях ТП. Какие виды защит он имеет? Какие параметры защит можно регулировать?

23. В чем состоит проблема защиты от пробоя изоляции или прикосновения человека к токоведущим частям в электрической сети напряжением 380 В?

24. Назовите три метода защиты от однофазных КЗ на землю в электрической сети напряжением 380 В.

25. Поясните принцип дифференциальной защиты от однофазных КЗ на землю в электрической сети напряжением 380 В. Устройство защитного отключения.

Контрольная работа 5. Защита электрических сетей с помощью автоматических выключателей.

Семинар 7. Источники оперативного тока.

Области применения источников оперативного тока на распределительных подстанциях: подстанции напряжением 35–110–220/10 кВ; распределительные пункты напряжением 6–10 кВ; трансформаторные подстанции напряжением 6–10/0,4 кВ.

Постоянный оперативный ток: аккумуляторные батареи; выпрямительные зарядно-подзарядные агрегаты (ВАЗП); схемы сети оперативного постоянного тока на подстанциях.

Переменный оперативный ток: схемы с дешунтированием электромагнитов управления; схемы с промежуточными насыщающимися трансформаторами; предварительно заряженные конденсаторы.

Схемы питания оперативных цепей на выпрямленном токе: блоки питания токовые (БПТ) с питанием от ТТ; блоки питания (БПН) с питанием от трансформаторов напряжения или трансформаторов собственных нужд подстанции; схемы подключения блоков.

Вопросы для подготовки к семинарскому занятию.

1. Охарактеризовать применение различных видов источников оперативного тока на подстанциях напряжением 35–110–220/6–10 кВ, в высоковольтных распределительных пунктах напряжением 6-10 кВ и трансформаторных подстанциях напряжением 6–10/0,4 кВ.

Литература

1. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 1: Токи короткого замыкания: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 168 с. – Раздел 5.

Самостоятельная работа 5. Требования Правил устройства электроустановок к защите электрических сетей напряжением выше 1 кВ.

Защита трансформатора напряжением 10/0,4 кВ.

Защита линий электропередачи напряжением 6–10 кВ.

Защита распределительных пунктов напряжением 6–10 кВ.

Защита силовых трансформаторов напряжением 110–220/6–10–35 кВ.

Защита сборных шин напряжением 35–110–220 кВ.

Защита воздушных и кабельных линий напряжением 35–110–220 кВ.

Защита конденсаторных установок.

Защита электродвигателей.

Защита трансформаторов электротермических установок.

Защита трансформаторов полупроводниковых преобразовательных установок.

Литература

1. Правила устройства электроустановок. Разд. 3, 4, 5. – 6-е изд. – М.: Главгосэнергонадзор России, 2003. – 607 с.

2. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 3: Защита электрических сетей напряжением 6–10 кВ: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 168 с. – Раздел 12.

Самостоятельная работа 6. Распределительные устройства, электрооборудование напряжением выше 1 кВ компании Schneider Electric и микропроцессорная защита электрических сетей, устанавливаемая в этих устройствах.

Спектр ячеек распределительных устройств компании Schneider Electric напряжением 6–10 кВ: моноблок RM6; ячейки SM6, NEXIMA, Mcset. Коммутационное и защитное оборудование, устанавливаемое в ячейках: выключатели нагрузки с предохранителями, вакуумные и элегазовые выключатели.

Литература

1. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 3: Защита электрических сетей напряжением 6–10 кВ: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 168 с. – Раздел 14 и 15.

Самостоятельная работа 7. Исполнение релейной защиты электрических сетей напряжением выше 1 кВ.

Защита трансформаторов плавкими предохранителями. Время токовые характеристики предохранителей.

Обзор существующих схем исполнения защит электрической сети напряжением 6–10 кВ: электромеханические и статические реле; защиты, получающие питание на постоянном и переменном оперативном токе.

Микропроцессорная защита на основе устройств компании Schneider Electric: реле VIP 30, VIP 35, VIP 300; виды защит, реализуемых в этих защитах; время-

токовые характеристики; устройства защиты Seram серий 10, 20, 40, 80, их характеристики, возможности, области применения.

Литература

1. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 3: Защита электрических сетей напряжением 6–10 кВ: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 168 с. – Раздел 14.

2. Харасов, Х.К., Стасяк, В.И. Полупроводниковые устройства в релейной защите: учебное пособие. – Челябинск: ЧГТУ, 1994. – 84 с.

3. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов / В.А. Андреев. – 4-е перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2006. – 639 с.

Семинар 8. Организация защиты силовых трансформаторов напряжением 6–10/0,4 кВ.

Виды повреждений и особые режимы работы: перегрузки; внутренние и внешние повреждения трансформаторов; включение трансформатора под напряжение.

Организация защиты трансформаторов напряжением 6–10/0,4 кВ: защита от перегрузки; селективная токовая отсечка; мгновенная токовая отсечка; оценка чувствительности рассматриваемых защит; согласование защит трансформатора, установленных на стороне ВН, с защитами, установленными на стороне НН; газовая защита; дифференциальная защита от токов однофазного КЗ на стороне НН; контроль температуры изоляции и токовая защита от перегрева.

Литература

1. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 3: Защита электрических сетей напряжением 6–10 кВ: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 168 с. – Раздел 16.

2. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 1: Токи короткого замыкания: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 168 с. – Раздел 6.

3. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 2: Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 168 с. – Раздел 9.6, 11.5.

Вопросы для подготовки к семинарскому занятию и контрольной работе.

1. Аналитические методы расчёта устройств защиты Seram; методика расчёта обратно-зависимых время-токовых характеристик. Особенности расчётов и согласования обратно-зависимых ВТХ устройств защиты Seram.

2. Какими причинами могут быть вызваны перегрузки силовых трансформаторов напряжением 6–10/0,4 кВ? Какие кратности перегрузок допускают силовые трансформаторы, установленные в одно- и двухтрансформаторных ТП?

3. Какие виды внутренних повреждений могут возникать внутри трансформаторов напряжением 6–10/0,4 кВ? Охарактеризуйте их.

4. Какие виды внешних повреждений могут возникать снаружи трансформаторов напряжением 6–10/0,4 кВ? Охарактеризуйте их.

5. Опишите процесс включения трансформатора под напряжение. Как он может влиять на работу релейной защиты трансформатора? Дайте количественные и качественные оценки возникающему процессу.

6. Опишите организацию защиты силового трансформатора напряжением 6–10/0,4 кВ со стороны ВН.

7. Используя время-токовые характеристики защиты трансформатора от перегрузки, опишите, от каких токов защита должна отстраиваться, а на какие токи должна реагировать. Каково назначение защиты от перегруза, что она защищает? Как определяется коэффициент чувствительности защиты от перегрузки?

8. Охарактеризуйте независимую от тока и зависимую от тока время-токовые характеристики защиты от перегрузки. Приведите указанные характеристики и дайте им сравнение – преимущества и недостатки.

9. По каким критериям выбирается величина уставки по времени срабатывания защиты от перегруза для независимой от тока и зависимой от тока время-токовых характеристик? Приведите эти характеристики.

10. Используя время-токовые характеристики селективной токовой отсечки, опишите от каких токов защита должна отстраиваться, а на какие токи должна реагировать. Каково назначение селективной токовой отсечки, что она защищает?

11. По каким критериям выбирается величина уставки по времени срабатывания селективной токовой отсечки, устанавливаемой на стороне ВН трансформатора? Приведите фрагмент схемы электрической сети и дайте пояснения.

12. К каким токам должна быть чувствительна селективная токовая отсечка, установленная на стороне ВН трансформатора 10/0,4 кВ? Каковы нормированные значения коэффициента чувствительности?

13. Поясните качественно, почему коэффициенты чувствительность селективной токовой отсечки зависят от схем соединения трансформаторов тока и измерительных органов, а также от группы соединения обмоток силового трансформатора?

14. Используя время-токовые характеристики мгновенной токовой отсечки, опишите, от каких токов защита должна отстраиваться, а на какие токи должна реагировать. Каково назначение мгновенной токовой отсечки, что она защищает?

15. Охарактеризуйте зону действия мгновенной токовой отсечки в релейной защите трансформатора на стороне ВН. Благодаря каким критериям выбора тока срабатывания обеспечивается глубина этой зоны?

16. Исходя, из каких критериев выбирается расчетный ток срабатывания мгновенной токовой отсечки? Покажите эти токи на время-токовых характеристике защиты.

17. К каким токам должна быть чувствительна мгновенная токовая отсечка, установленная на стороне ВН трансформатора 10/0,4 кВ?

18. Каково назначение газовой защиты, применяемой для силовых трансформаторов напряжением 6–10/0,4 кВ? Для трансформаторов какой мощности применяется газовая защита? С помощью каких устройств она выполняется для трансформаторов с различной конструкцией бака (ТМ, ТМГ, ТМЗ)?

19. Какие повреждения трансформатора связаны с состоянием трансформаторного масла? Как на изменение состояния масла (или охладителя) реагирует газовая защита?

20. С помощью, каких приборов выполняется газовая защита в силовых трансформаторах напряжением 6–10/0,4 кВ? Опишите действие этих приборов при различных видах повреждения трансформатора.

21. Что такое специальная токовая защита нулевой последовательности (на стороне НН трансформатора 6–10/0,4 кВ) – от однофазных КЗ на землю в сети НН? В каких случаях она применяется?

22. Поясните на примере схемы ТП как формируются уставки по времени срабатывания селективных токовых отсечек секционного и вводного автоматических выключателей и селективной токовой отсечки, установленной на стороне ВН силового трансформатора.

23. Поясните назначение контроля температуры изоляции обмоток и магнитопровода трансформатора. С помощью, каких измерительных элементов осуществляется данный контроль?

Контрольная работа 6. Организация защита силовых трансформаторов напряжением 6–10/0,4 кВ.

Семинар 9 и 10. Организация защиты электрических сетей напряжением 6–10 кВ.

Формирование диаграммы селективности времени срабатывания защиты на разных уровнях системы электроснабжения напряжением 0,38–6–10–35–110–220 кВ.

Защита линий, питающей трансформаторную подстанцию напряжением 6–10/0,4 кВ. Особенности построения защиты линии при отсутствии или наличии защиты перед трансформаторами ТП; особенности выполнения мгновенной токовой отсечки. Время-токовые характеристики двухступенчатой защиты линии, питающей ТП.

Защиты, выполняемые на высоковольтном распределительном пункте напряжением 6–10 кВ на секционном и вводных выключателях.

Защита радиальной линии, питающей высоковольтный распределительный пункт напряжением 6–10 кВ. Влияние высоковольтных электроприемников на выбор параметров защиты линии.

Защита электрических сетей с помощью устройств Sepam компании Schneider Electric.

Защита от однофазных замыканий на землю в электрических сетях напряжением 6–10–35 кВ: распределение токов в контуре нулевой последовательности электрической сети с различными режимами нейтрали; методика расчета токов

ОЗЗ; неселективная и селективная защита от ОЗЗ; трансформаторы напряжения и трансформаторы тока нулевой последовательности; устройство контроля изоляции электрических сетей напряжением 6–10–35 кВ; селективные защиты от однофазных замыканий на землю с действием на сигнал и на отключение поврежденной линии, области применения этих защит; действия персонала при определении присоединения с ОЗЗ.

Литература

1. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 3: Защита электрических сетей напряжением 6–10 кВ: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 168 с. – Разделы 17 и 18.

2. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 1: Токи короткого замыкания: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 168 с. – Разделы 5 и 6.

Вопросы для подготовки к семинарскому занятию и контрольной работе.

1. Аналитические методы расчёта устройств защиты Seram; методика расчёта обратно-зависимых время-токовых характеристик. Особенности расчётов и согласования обратно-зависимых ВТХ устройств защиты Seram.

2. Требования ПУЭ к защитам воздушных и кабельных линий электрических сетей напряжением 6–10 кВ.

3. Общий принцип формирования диаграммы селективности времени срабатывания защиты на разных уровнях системы электроснабжения напряжением 0,38–6–10–35–110–220 кВ.

4. Значения ступени селективности по времени от вида защиты и элементной базы: автоматические выключатели, электромеханические и статические реле, микропроцессорные защиты отечественного и зарубежного производства.

5. Формирование диаграммы селективности времени срабатывания защиты на стороне низшего напряжения ТП. Рассмотреть характерные примеры.

6. Формирование диаграммы селективности времени срабатывания защиты в начале линии напряжением 6–10 кВ, питающей ТП. Рассмотреть характерные примеры.

7. Формирование диаграммы селективности времени срабатывания защит, устанавливаемых в высоковольтных РП и на подстанции напряжением 110/10 кВ. Влияние высоковольтных электроприемников и установок.

8. Используя время-токовые характеристики селективной защиты с зависимой от тока выдержкой времени, установленной в начале линии, питающей ТП без защиты на стороне ВН, опишите от каких токов защита должна отстраиваться, а на какие токи должна реагировать.

9. Используя время-токовые характеристики селективной защиты с зависимой от тока выдержкой времени, установленной в начале линии, питающей ТП с защитой на стороне ВН, опишите от каких токов защита должна отстраиваться, а на какие токи должна реагировать.

10. Охарактеризуйте условия согласования (по току и времени срабатывания) селективной защиты, устанавливаемой в начале линии, с токовыми защитами, устанавливаемыми на стороне ВН и НН ТП.

11. Раскройте понятия, характеризующие селективную защиту, установленной в начале линии, питающей ТП: функция основной защиты и функция резервной защиты; по каким критериям определяются соответствующие коэффициенты чувствительности, количественные значения этих коэффициентов.

12. Используя время-токовые характеристики мгновенной токовой отсечки, установленной в начале линии, питающей ТП с защитой на стороне ВН, опишите от каких токов защита должна отстраиваться, а на какие токи должна реагировать.

13. Используя время-токовые характеристики мгновенной токовой отсечки, установленной в начале линии, питающей ТП без защиты на стороне ВН, опишите от каких токов защита должна отстраиваться, а на какие токи должна реагировать.

14. Охарактеризуйте особенности применения мгновенной токовой отсечки, устанавливаемой в начале линии и используемой только её защиты. Какова причина ограничения применения мгновенной токовой отсечки для защиты линии?

15. Каковы особенности защиты магистральной линии напряжением 10 кВ, питающей несколько ТП?

16. Дайте оценку области применения мгновенной токовой отсечки для защиты линий и распределительных пунктов напряжением 6–10 кВ на секционном и вводных выключателях.

17. Используя время-токовые характеристики селективной защиты, установленной в начале линии, отходящей от РП, опишите от каких токов защита должна отстраиваться, а на какие токи должна реагировать. Дайте оценку влияния высоковольтных электроприемников на расчет тока срабатывания отсечки.

18. Раскройте понятия, характеризующие селективную защиту, установленную в начале линии, отходящей от РП: функция основной защиты и функция резервной защиты; по каким критериям определяются соответствующие коэффициенты чувствительности, количественные значения этих коэффициентов.

19. Охарактеризуйте назначение и достоинства защиты, установленной в конце линии, питающей РП.

20. Охарактеризуйте организацию защит, выполняемых на вводных и секционном выключателях высоковольтного распределительного пункта. Исходя из каких критериев, рассчитываются токи и время срабатывания защит.

21. Опишите организацию и порядок работы дифференциальной защиты сборных шин высоковольтного РП.

22. Опишите общую организацию защиты высоковольтного распределительного пункта напряжением 6–10 кВ.

23. Обоснуйте необходимость установки защиты на вводном выключателе высоковольтного РП.

24. Что такое неселективная сигнализация от однофазных замыканий на землю, применяемая в электрических сетях напряжением 6–10–35 кВ? Нарисуйте схему.

25. Как и с помощью каких элементов выполняется селективная сигнализация от однофазных замыканий на землю? Нарисуйте схему. Методика расчёта защиты и проверка её чувствительности.

26. Опишите методику расчёта тока однофазного замыкания на землю.

27. Каковы особенности исполнения и работы трансформатора тока нулевой последовательности, используемого для защиты кабельной линии? Нарисуйте схему.

Контрольная работа 7. Организация защиты электрических сетей напряжением 6–10 кВ.

Семинар 11. Защита силового трансформатора напряжением 110/10 кВ.

Виды повреждений и ненормальные режимы работы трансформаторов: перегрузки; короткие замыкания (на внешних выводах первичной обмотки, повреждения внутри бака трансформатора, внешние или сквозные КЗ); повреждения изоляции магнитопровода; понижения уровня масла; включение трансформатора под напряжение; повышение напряжения питающей сети.

Организация защиты трансформаторов напряжением 110/10 кВ.

Дифференциальная защита трансформаторов: принцип действия продольной дифференциальной защиты; особенности выполнения дифференциальной защиты трансформаторов; расчетный ток небаланса.

Принципы построения дифференциальной защиты трансформатора: дифференциальная токовая отсечка; дифференциальная токовая защита с промежуточными быстронасыщающимися трансформаторами тока; дифференциальная токовая защита с магнитным торможением.

Методика расчета уставок дифференциальной защиты трансформаторов с помощью устройства Seram T87.

Газовая и струйная защита трансформатора.

Защита от перегрузки, селективная токовая отсечка, мгновенная токовая отсечка: назначение; особенности применения; методики расчёта и проверки чувствительности.

Защиты, устанавливаемые на вводных и секционном выключателях на стороне НН трансформатора.

Защита сборных шин подстанции напряжением 110–220 кВ.

Литература

1. 4. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 4: Защита электрических сетей и электроустановок напряжением 6–10–110 кВ: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 168 с. – Раздел 19.

Вопросы для подготовки к семинарскому занятию и контрольной работе.

1. Поясните «физику» возникновения броска тока намагничивания при включении трансформатора под напряжение. Пояснения сопроводите соответствующими рисунками.
2. Объясните принцип действия продольной дифференциальной токовой защиты на примере защиты линии. Пояснения сопроводите соответствующими рисунками.
3. Перечислите (без объяснения) особенности выполнения дифференциальной защиты трансформатора.
4. Поясните особенности выполнения дифференциальной защиты трансформатора, связанные трансформаторами тока.
5. Поясните особенности выполнения дифференциальной защиты трансформатора, связанные с регулированием коэффициента трансформации защищаемого трансформатора.
6. Поясните особенности выполнения дифференциальной защиты трансформатора, связанные со схемами соединения обмоток защищаемого трансформатора.
7. Объясните (без приведения формул) из чего складывается расчетный ток небаланса.
8. Какая особенность выполнения дифференциальной защиты устраняется с помощью схемного решения трансформаторов тока. Пояснения сопроводите схемами и векторными диаграммами.
9. Поясните суть дифференциальной токовой отсечки трансформатора. Каковы её достоинства и недостатки?
10. Поясните суть дифференциальной токовой защиты с промежуточными быстронасыщающимися трансформаторами тока. Каковы её достоинства и недостатки?
11. Поясните суть дифференциальной токовой защиты с торможением. Что дает торможение?
12. Перечислите (без объяснения) на какие повреждения и как реагирует газовая защита трансформатора. Какие требования предъявляются к установке трансформатора для обеспечения нормального действия газовой защиты?
13. Охарактеризуйте действие газовой защиты при разных повреждениях трансформатора.
14. Что такое струйная защита трансформатора? От каких повреждений она защищает трансформатор? Особенности выполнения струйной защиты.
15. Каково назначение защиты от перегрузки? Каковы критерии выбора уставок по току и времени этой защиты? Оценка чувствительности.
16. Каково назначение селективной защиты трансформатора, устанавливаемой на стороне ВН? Поясните суть ближнего и дальнего резервирования этой защиты.
17. Каковы критерии выбора уставок по току и времени селективной токовой отсечки на стороне ВН и НН трансформатора? Оценка чувствительности.
18. Поясните назначение мгновенной токовой отсечки трансформатора на стороне ВН. От каких повреждений она защищает трансформатор, а от каких отстраивается? Каковы достоинства токовой отсечки? Оценка чувствительности.

19. Поясните суть дифференциальной защиты сборных шин напряжением 110–220 кВ подстанции. Пояснения сопроводите рисунками.

20. Какие защиты секционного выключателя напряжением 10 кВ подстанции 110/10 кВ определены ПУЭ и какие защиты устанавливаются на нем?

21. Перечислите защиты, устанавливаемые на вводных выключателях напряжением 10 кВ подстанции 110/10 кВ? Объясните их назначение.

22. Какие защиты, устанавливаемые на вводных выключателях напряжением 10 кВ подстанции 110/10 кВ, защищают трансформатор (от каких повреждений), а какие защищают сборные шины и питаемую сеть 10 кВ (от каких повреждений)?

Контрольная работа 8. Защита силового трансформатора напряжением 110/10 кВ.

Семинар 12. Защита линий напряжением 35–110–220 кВ.

Литература

1. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 4: Защита электрических сетей и электроустановок напряжением 6–10–110 кВ: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 168 с. – Раздел 20.

Самостоятельная работа № 8. Защита конденсаторных батарей и электродвигателей напряжением выше 1 кВ, электротехнологических установок и полупроводниковых преобразователей, генераторов напряжением 0,38–6–10 кВ мощностью 0,1–10 МВА (автономных источников питания).

Литература

1. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 4: Защита электрических сетей и электроустановок напряжением 6–10–110 кВ: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 168 с. – Разделы 21, 22, 23, 24, 25.

Вопросы для подготовки к семинарскому занятию и контрольной работе.

1. Перечислите основные повреждения, возникающие в конденсаторных установках напряжением 10 кВ? Какова основная причина возникновения перегруза по току конденсаторных батарей? Какова величина допустимой перегрузки по току?

2. Какие виды защит применяют для конденсаторных батарей напряжением выше 1 кВ?

3. Как защищают конденсаторные батареи напряжением до 1 кВ?

4. Охарактеризуйте повреждения электродвигателей, связанные с ненормальными режимами их работы?

5. Охарактеризуйте внутренние повреждения электродвигателей.

6. Перечислите виды защит, применяемых для электродвигателей напряжением выше 1 кВ?

7. По каким критериям выбираются уставки по току и времени защиты электродвигателя от перегрузок? По какому критерию выбирается ток уставки мгновенной токовой защиты электродвигателя?

8. Поясните суть продольной дифференциальной токовой защиты электродвигателя. Для электродвигателей какой мощности она применяется?

9. Для чего нужна для электродвигателя напряжением 10 кВ защита минимального напряжения и защита от однофазных замыканий на землю?

10. Приведите и объясните время-токовые нагрузочные и защитные характеристики для электродвигателя напряжением 10 кВ.

11. Каковы особенности нагрузочных характеристик дуговой сталеплавильной печи? Какие виды КЗ могут возникать при работе ДСП? Поясните суть.

12. Какие защиты применяют для дуговых сталеплавильных печей? Приведите и объясните время-токовые нагрузочные и защитные характеристики.

13. По каким критериям выбирается уставка по току мгновенной токовой отсечки ДСП: от каких токов отстраивается, а какие токи должна чувствовать?

14. Каковы особенности нагрузочных характеристик полупроводниковых преобразовательных агрегатов? Какие виды электроприемников они могут питать? Какие виды повреждений могут возникать при работе ППА? Поясните суть.

15. Какие защиты применяют для полупроводниковых преобразовательных агрегатов на стороне ВН (напряжение 6–10 кВ)? Приведите и объясните время-токовые нагрузочные и защитные характеристики.

Контрольная работа 9. Защита конденсаторных батарей и электродвигателей напряжением выше 1 кВ, электротехнологических установок и полупроводниковых преобразователей.

1.3. Объем и график выполнения домашнего практического задания

Для закрепления теоретического материала, изучаемого на лекциях и семинарских занятиях, выполняется домашнее практическое задание.

Домашнее задание фактически является началом выполнения курсовой работы, которая по программе предусмотрена в 8-м семестре, и составляет около 30 % его объёма.

Задание на курсовой проект представлено в разделе 2.5 данного пособия. Там же даны методические указания и требования к выполнению домашнего задания и курсового проекта.

На рис. 1.1 приведена схема трансформаторной подстанции напряжением 6–10/0,4 кВ. В домашнем задании в соответствии с вариантом курсовой работы следует произвести выбор и расчёт защитных время-токовых характеристик следующих коммутационных аппаратов:

- плавких предохранителей F1 и F4;
- автоматических выключателей QF4, QF3, QF1.

Исходными данными для расчёта параметров плавкого предохранителя F4 и автоматического выключателя QF4 являются нагрузочные характеристики элек-

5. Выбор и расчёт плавких предохранителей – 9 неделя.
6. Выбор и расчёт автоматических выключателей – 11 неделя.
7. Анализ действия защиты электрической сети с помощью плавких предохранителей и автоматических выключателей – 12 неделя.
8. Защита домашнего практического задания – 13 неделя.

1.4. Рефераты

1.4.1. Темы рефератов

1. Защита силового трансформатора ТМ-1000, ТМГ-1000, ТМЗ-1000, ТСЗ-1000 напряжением 6–10/0,4 кВ с помощью устройств Seram.
2. Защита кабельной линии напряжением 10 кВ, питающей трансформаторную подстанцию напряжением 10/0,4 кВ, с помощью устройств Seram.
3. Релейная защита автономных источников питания СЭС напряжением 380 В, мощностью 100–800 кВт: схемы подключения к сети; расчет токов КЗ; применяемые устройства Seram для защиты автономных источников; расчет релейной защиты.
4. Защита и управление электродвигателями напряжением до 1 кВ с помощью магнитных пускателей. Описание работы МП, характеристики. Элементы, обеспечивающие защиту ЭД.
5. Устройства защиты электродвигателей напряжением до 1 кВ отечественного производства: современное состояние; принципы построения защит; типы защит.
6. Устройства защиты электродвигателей напряжением до 1 кВ компании Schneider Electric: принципы построения защит; типы защит.
7. Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ с помощью автоматических выключателей серии ВА с номинальным током до 63 А. Характеристики выключателей и факторы, влияющие на эти характеристики (температура окружающей среды, число установленных рядом АВ и др.); виды защит, устанавливаемых в АВ; токоограничение; время-токовые характеристики.
8. Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ с помощью автоматических выключателей серии ВА с номинальным током 100–630 А. Характеристики выключателей и факторы, влияющие на эти характеристики (температура окружающей среды, число установленных рядом АВ и др.); виды защит, устанавливаемых в АВ; токоограничение; время-токовые характеристики.
9. Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ с помощью автоматических выключателей серии ВА с номинальным током 1000–6300 А. Характеристики выключателей и факторы, влияющие на эти характеристики (температура окружающей среды, число установленных рядом АВ и др.); виды защит, устанавливаемых в АВ; токоограничение; время-токовые характеристики.
10. Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ с помощью автоматических выключателей (кроме серии ВА) с номинальным током до 1000–6300 А. Характеристики выключателей и факторы, влияющие на эти характеристики (темпе-

ратура окружающей среды, число установленных рядом АВ и др.); виды защит, устанавливаемых в АВ; токоограничение; время-токовые характеристики.

11. Предохранители напряжением до 1 кВ отечественного производства (современное состояние): виды; конструкции; токоограничение; время-токовые характеристики.

12. Предохранители напряжением выше 1 кВ отечественного производства (современное состояние): виды; конструкции; токоограничение; время-токовые характеристики.

13. Устройства защитного отключения: назначение; принципы работы; область применения. Особенности построения схем УЗО, используемых при различных режимах нейтрали.

14. Выключатели дифференциальные для защиты электрических сетей напряжением до 1 кВ: принцип работы, схемы включения и область применения; типы; характеристики; время-токовые характеристики.

15. Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ от однофазных коротких замыканий на землю: суть проблемы; принципы построения защиты; устройства защиты отечественные и компании Schneider Electric.

16. Источники оперативного тока, построенные с использованием переменного оперативного тока и применяемые на подстанциях напряжением 110–220 кВ, распределительных пунктах напряжением 10 кВ, трансформаторных подстанциях 10/0,4 кВ (современное состояние). Характеристики, область применения.

17. Собственные нужды подстанций 110/10 кВ, построенные с использованием постоянного оперативного тока (кроме схем с использованием аккумуляторных батарей). Схемы исполнения.

18. Аккумуляторные батареи, применяемые в схемах оперативного тока подстанций напряжением 110–220 кВ: современные типы отечественного и зарубежного производства; характеристики; режимы работы (разряд-заряд).

19. Трансформаторы напряжения 6 и 10 кВ. Принципы работы, типы, конструктивное исполнение. Трёхфазные и однофазные.

20. Антирезонансные трансформаторы напряжения 6–10–35 кВ. Проблемы, вызвавшие их разработку. Типы исполнения, особенности работы. Сопоставление с обычными типами ТН.

21. Трансформаторы напряжения 35 кВ. Принципы работы, типы, конструктивное исполнение. Трёхфазные и однофазные.

22. Трансформаторы напряжения 110 кВ. Принципы работы, типы, конструктивное исполнение. Трёхфазные и однофазные.

23. Трансформаторы тока напряжением до 1 кВ. Принципы работы, типы, конструктивное исполнение.

24. Трансформаторы тока напряжением 6–10–35 кВ. Принципы работы, типы, конструктивное исполнение. Классы точности. Отдельно стоящие и встроенные в выключатели и трансформаторы.

25. Трансформаторы тока напряжением 110 кВ. Принципы работы, типы, конструктивное исполнение. Классы точности. Отдельно стоящие и встроенные в выключатели и трансформаторы.

26. Трансформатор (пояс) Роговского. Принцип работы, конструктивное исполнение, области применения.

27. Трансформаторы тока нулевой последовательности для электрических сетей напряжением 6–10 кВ. Принцип работы, конструктивное исполнение, области применения.

28. Интеллектуальные электрические сети Smart Grid.

1.4.2. Требование к оформлению рефератов

1. Содержание реферата должно являться развитием лекционного материала и не должно повторять его. При написании реферата необходимо строго придерживаться «своей» темы, не перекрывая содержания других рефератов.

2. Исходными источниками информации для написания реферата является прилагаемая к теме реферата литература. Основной же является специальная техническая литература (научные монографии, статьи в научно-технических журналах «Электрические станции», «Промышленная энергетика», «Энергетик» и др., справочники, каталоги на оборудование, рекламная информация предприятий и фирм производителей) и Интернет.

3. Реферат должен показывать современное состояние рассматриваемой темы - исходная литература описывает тему по состоянию на 20–30 лет назад. Для этого нужно поискать свежую информацию в Интернете, названных научно-технических журналах за последние 5–10 лет, в рекламной информации фирм-производителей соответствующей техники (отечественные фирмы ИЦ Бреслер, Механотроника и др., зарубежные фирмы ABB, Siemens, Schneider Electric).

4. В исходной литературе рассматриваются системы автоматики, построенные, как правило, с использованием электромеханических и полупроводниковых элементов. В реферате следует рассмотреть указанные системы, а также построенные с использованием микропроцессорной техники. Следует обращать внимание на обобщенные структурные схемы систем автоматики.

5. При рассмотрении темы реферата, каких-то положений, описании какой-либо системы автоматики необходимо выполнять ссылки на используемый источник информации, который в последующем включается в библиографический список.

6. Реферат выполняется в Microsoft Office 2003 в электронном виде и оформляется в соответствии с требованиями СТО ЮУрГУ 17–2008. Схемы рисуются в соответствии с действующими стандартами на обозначение в одном из редакторов CorelDRAW, AutoCAD, Компас-3D и др. В конце реферата приводится библиографический список использованной литературы, в том числе ссылки на источники Интернета (электронные адреса). Окончательно реферат представляется на бу-

маге и в электронном виде (передается преподавателю во время экзаменационной сессии).

7. Минимальный объем реферата 25–30 страниц.

1.5. Курсовая работа «Релейная защита и автоматика в СЭС»

В курсовой работе «Релейная защита и автоматика в СЭС» рассматриваются вопросы проектирования устройств релейной защиты, предназначенных для обеспечения нормальной работы системы электроснабжения проектируемого объекта (промышленного предприятия, городского микрорайона, электротехнологической установки и пр.) и повышения надежности электроустановок потребителей.

1.5.1. Задание на курсовую работу

Общая схема электроснабжения, для разных ступеней которой проводится выбор и расчёт устройств релейной защиты, показана на рис. 1.2.

Исходные данные для конкретного варианта формируются из четырех частей:

– Табл. 1.1. Параметры схемы внешнего электроснабжения, начиная с воздушной или кабельной линии напряжением 35–110–220 кВ с понижающими трансформаторами напряжением 35–110–220/6–10 кВ, кабельных линий, питающих распределительный пункт РП напряжением 6–10 кВ.

– Табл. 1.2. Параметры оборудования электрической сети напряжением 6–10 кВ, начинающейся от РП, и электрической сети напряжением 380 В, питающейся от понижающих трансформаторов напряжением 6–10/0,4 кВ, до низковольтных распределительных пунктов РПН.

– Табл. 1.3. Вариант из этой таблицы определяет фрагмент электрической сети, для которого необходимо рассмотреть организацию релейной защиты и провести соответствующие расчеты.

– Табл. 1.4-1.9. Согласно задаваемому варианту рассматривается и рассчитывается релейная защита одного из объектов электрической сети.

Вариант задания состоит из двух цифр:

– вариант для табл. 1.1;

– вариант для табл. 1.2 и 1.3.

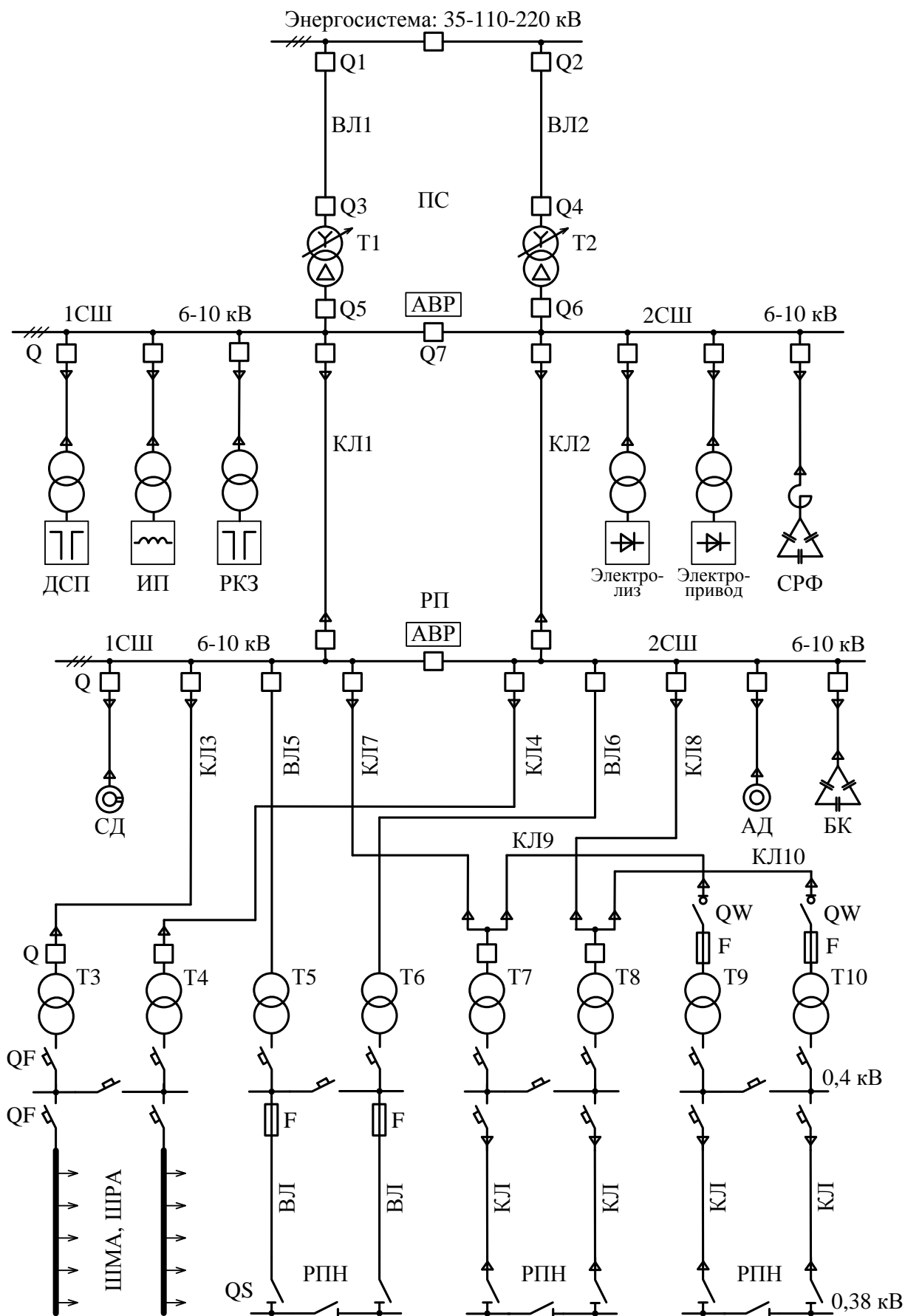


Таблица 1.1

| № варианта | U _с , кВ | S _{к.макс} , МВА | S _{к.мин} , МВА | Воздушная или кабельная линия | | Трансформаторы Т1 и Т2 | Кабельные линии КЛ1 и КЛ2* | | |
|------------|---------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------|--------------|
| | | | | L, км | Марка провода или кабеля | | Тип трансформатора | L, м | Марка кабеля |
| 1 | 35 | 1500 | 1300 | 7,5 | АС-70 | ТМН-6300/35/11 | 400 | А-3х150 | 2 |
| 2 | 35 | 1450 | 1250 | 7,0 | АС-95 | ТДНС-10000/35/11 | 500 | М-3х150 | 2 |
| 3 | 35 | 1400 | 1150 | 8,5 | АС-120 | ТДНС-16000/35/11 | 300 | А-3х185 | 2 |
| 4 | 35 | 1350 | 1200 | 9,5 | АС-150 | ТРДНС-25000/35/11/11 | 600 | М-3х185 | 2 |
| 5 | 35 | 1350 | 1100 | 6,0 | АС-70 | ТМН-6300/35/6,6 | 700 | А-3х240 | 2 |
| 6 | 35 | 1400 | 1250 | 7,0 | АС-95 | ТДНС-10000/35/6,6 | 500 | М-3х240 | 2 |
| 7 | 35 | 1450 | 1200 | 7,5 | АС-120 | ТДНС-16000/35/6,6 | 400 | М-3х150 | 2 |
| 8 | 35 | 1500 | 1250 | 8,5 | АС-150 | ТРДН-25000/35/6,6 | 500 | А-3х185 | 2 |
| 9 | 110 | 4500 | 3500 | 7,5 | АС-70 | ТМН-6300/110/10 | 300 | М-3х185 | 2 |
| 10 | 110 | 4750 | 3600 | 7,0 | АС-95 | ТДН-10000/110/11 | 600 | А-3х240 | 2 |
| 11 | 110 | 5000 | 3700 | 8,5 | АС-120 | ТДН-16000/110/11 | 400 | А-3х185 | 2 |
| 12 | 110 | 5250 | 3750 | 9,5 | АС-150 | ТРДН-25000/110/10,5/10,5 | 500 | М-3х185 | 2 |
| 13 | 110 | 5500 | 4000 | 6,0 | АС-150 | ТРДН-32000/110/10,5/10,5 | 300 | А-3х240 | 2 |
| 14 | 110 | 5750 | 4250 | 7,0 | АС-185 | ТРДН-40000/110/10/10 | 600 | А-3х150 | 2 |
| 15 | 110 | 6000 | 4750 | 7,5 | АС-240 | ТРДН-63000/110/10/10 | 700 | М-3х150 | 2 |
| 16 | 110 | 4500 | 3500 | 8,5 | АС-70 | ТМН-6300/110/6,6 | 500 | А-3х185 | 2 |
| 17 | 110 | 4750 | 3600 | 7,0 | АС-95 | ТДН-10000/110/6,6 | 400 | М-3х240 | 2 |
| 18 | 110 | 5000 | 3700 | 7,5 | АС-120 | ТДН-16000/110/6,6 | 500 | М-3х150 | 2 |
| 19 | 110 | 5250 | 3750 | 8,5 | АС-150 | ТРДН-25000/110/6,3/6,3 | 300 | А-3х185 | 2 |
| 20 | 110 | 5500 | 4000 | 7,5 | АС-150 | ТРДН-32000/110/6,3/6,3 | 600 | М-3х185 | 2 |
| 21 | 110 | 5750 | 4250 | 7,0 | АС-185 | ТРДН-40000/110/6,3/6,3 | 300 | А-3х240 | 2 |
| 22 | 110 | 6000 | 4750 | 8,5 | АС-240 | ТРДН-63000/110/6,3/6,3 | 600 | А-3х185 | 2 |
| 23 | 220 | 7000 | 5500 | 9,5 | АС-240 | ТРДН-32000/220/11/11 | 700 | М-3х185 | 2 |
| 24 | 220 | 7500 | 5750 | 7,0 | АС-240 | ТРДНС-40000/220/11/11 | 500 | А-3х240 | 2 |
| 25 | 220 | 8000 | 5800 | 8,5 | АС-240 | ТРДНС-63000/220/11/11 | 400 | А-3х150 | 2 |
| 26 | 220 | 6000 | 5000 | 9,5 | АС-240 | ТРДН-32000/220/6,6/6,6 | 500 | М-3х150 | 2 |
| 27 | 220 | 7000 | 5250 | 6,0 | АС-240 | ТРДНС-40000/220/6,6/6,6 | 300 | А-3х185 | 2 |
| 28 | 220 | 8000 | 6500 | 7,0 | АС-240 | ТРДНС-63000/220/6,6/6,6 | 600 | М-3х240 | 2 |

Примечания:

* - Максимальный рабочий ток нагрузки $I_{РАБ.МАКС}$ кабельных линий КЛ1 и КЛ2 принять равным длительно допустимому току $I_{ДЛ.ДОП}$ одного кабеля (считаем, что в послеаварийном режиме при выводе из работы одного из двух параллельно включенных кабелей линии КЛ1 или КЛ2 оставшийся в работе один кабель сможет пропускать максимальный рабочий ток $I_{РАБ.МАКС}$ без перегрузки).

Таблица 1.2

| № варианта | Кабельная или воздушная линия | | | Трансформаторы 6-10/0,4 кВ | | | | Линия между ТП и РПН (ВРУ), ШМ, ШР | | | | | |
|------------|-------------------------------|----------|----------------------|-----------------------------|---------|---------|--------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|
| | № КЛ ВЛ | Длина, м | Тип * провода/кабеля | Коммутац. аппарат перед Т** | № Т | Тип | Схема соединения обмоток | Вид аппарата в начале линии*** | Тип * провода/кабеля/шинопровода | Длина, м | Г _{РАБ..МАКС.} , А | Г _{пуск.} , А | Г _{РАБ..МАКС.} , А |
| 1 | 3,4 | 300 | А-3х70 | Гл | Т3, Т4 | ТМ-400 | Y/Y _H | АВ | ШРА, 250 А | 150 | 140 | 300 | 210 |
| 2 | 3,4 | 350 | А-3х95 | ВНП | Т3, Т4 | ТМ-630 | Y/Y _H | АВ | ШРА, 400 А | 200 | 110 | 400 | 190 |
| 3 | 3,4 | 400 | А-3х120 | ВВ | Т3, Т4 | ТМ-1000 | Y/Y _H | АВ | ШМА, 1250 А | 100 | 400 | 1100 | 600 |
| 4 | 3,4 | 250 | А-3х150 | ВВ | Т3, Т4 | ТМ-1600 | Y/Y _H | АВ | ШМА, 1600А | 100 | 500 | 1500 | 800 |
| 5 | 3,4 | 450 | А-3х70 | ВНП | Т3, Т4 | ТМ-400 | Δ/Y _H | АВ | ШРА, 400 А | 200 | 180 | 850 | 350 |
| 6 | 3,4 | 500 | А-3х95 | ВНП | Т3, Т4 | ТМ-630 | Δ/Y _H | АВ | ШРА, 630 А | 130 | 250 | 1400 | 500 |
| 7 | 3,4 | 550 | А-3х120 | ВВ | Т3, Т4 | ТМ-1000 | Δ/Y _H | АВ | ШМА, 1250 А | 150 | 400 | 2500 | 900 |
| 8 | 3,4 | 600 | А-3х150 | ВВ | Т3, Т4 | ТМ-1600 | Δ/Y _H | АВ | ШМА, 1600 А | 300 | 600 | 4000 | 1400 |
| 9 | 5,6 | 400 | АС-3х35 | Гл | Т5, Т6 | ТМ-400 | Y/Y _H | П | АС-3х50+1х35 | 300 | 30 | 160 | 70 |
| 10 | 5,6 | 250 | АС-3х35 | ВНП | Т5, Т6 | ТМ-630 | Y/Y _H | АВ | АС-3х70+1х50 | 350 | 55 | 300 | 95 |
| 11 | 5,6 | 450 | АС-3х50 | Гл | Т5, Т6 | ТМ-1000 | Y/Y _H | П | АС-3х95+1х70 | 400 | 90 | 180 | 110 |
| 12 | 5,6 | 500 | АС-3х50 | ВВ | Т5, Т6 | ТМ-1600 | Y/Y _H | АВ | АС-3х70+1х35 | 450 | 50 | 200 | 80 |
| 13 | 5,6 | 450 | АС-3х35 | ВНП | Т5, Т6 | ТМ-400 | Δ/Y _H | АВ | АС-3х70+1х50 | 500 | 55 | 190 | 90 |
| 14 | 5,6 | 500 | АС-3х35 | ВВ | Т5, Т6 | ТМ-630 | Δ/Y _H | П | АС-3х95+1х70 | 600 | 90 | 210 | 130 |
| 15 | 5,6 | 550 | АС-3х50 | ВВ | Т5, Т6 | ТМ-1000 | Δ/Y _H | АВ | АС-3х70+1х50 | 650 | 50 | 280 | 100 |
| 16 | 5,6 | 600 | АС-3х50 | ВВ | Т5, Т6 | ТМ-1600 | Δ/Y _H | АВ | АС-3х95+1х50 | 350 | 60 | 400 | 140 |
| 17 | 7,8 | 400 | А-3х95 | ВНП | Т7, Т8 | ТМ-400 | Y/Y _H | П | А-4х95 | 200 | 80 | 290 | 145 |
| 18 | 7,8 | 250 | А-3х120 | ВНП | Т7, Т8 | ТМ-630 | Y/Y _H | АВ | М-4х70 | 250 | 60 | 320 | 125 |
| 19 | 7,8 | 450 | А-3х150 | ВВ | Т7, Т8 | ТМ-1000 | Y/Y _H | АВ | А-3х120+1х70 | 300 | 90 | 450 | 180 |
| 20 | 7,8 | 500 | А-3х70 | ВВ | Т7, Т8 | ТМ-1600 | Y/Y _H | АВ | М-3х120+1х70 | 350 | 90 | 550 | 200 |
| 21 | 7,8 | 450 | А-3х95 | ВНП | Т7, Т8 | ТМ-400 | Δ/Y _H | П | А-3х95+1х70 | 250 | 105 | 350 | 175 |
| 22 | 7,8 | 500 | А-3х120 | ВНП | Т7, Т8 | ТМ-630 | Δ/Y _H | АВ | А-3х120+1х 70 | 300 | 120 | 600 | 240 |
| 23 | 7,8 | 550 | А-3х150 | ВВ | Т7, Т8 | ТМ-1000 | Δ/Y _H | АВ | М-4х95 | 400 | 70 | 200 | 120 |
| 24 | 7,8 | 600 | А-3х185 | ВВ | Т7, Т8 | ТМ-1600 | Δ/Y _H | АВ | М-4х120 | 500 | 110 | 300 | 160 |
| 25 | 9,10 | 400 | А-3х70 | ВНП | Т9, Т10 | ТМ-400 | Y/Y _H | АВ | А-3х120+1х70 | 350 | 100 | 400 | 180 |
| 26 | 9,10 | 250 | А-3х95 | ВНП | Т9, Т10 | ТМ-630 | Y/Y _H | П | М-3х120+1х70 | 250 | 130 | 350 | 200 |
| 27 | 9,10 | 450 | А-3х120 | ВВ | Т9, Т10 | ТМ-1000 | Y/Y _H | АВ | А-3х95+1х70 | 150 | 100 | 320 | 160 |
| 28 | 9,10 | 500 | А-3х150 | ВВ | Т9, Т10 | ТМ-1600 | Y/Y _H | П | А-3х120+1х 70 | 450 | 140 | 350 | 210 |
| 29 | 9,10 | 500 | А-3х70 | ВНП | Т9, Т10 | ТМ-400 | Δ/Y _H | АВ | А-4х95 | 400 | 70 | 400 | 140 |
| 30 | 9,10 | 550 | А-3х95 | ВНП | Т9, Т10 | ТМ-630 | Δ/Y _H | П | М-4х70 | 500 | 80 | 220 | 110 |
| 31 | 9,10 | 600 | А-3х120 | ВВ | Т9, Т10 | ТМ-1000 | Δ/Y _H | АВ | А-3х120+1х70 | 550 | 100 | 400 | 180 |
| 32 | 9,10 | 400 | А-3х150 | ВВ | Т9, Т10 | ТМ-1600 | Δ/Y _H | АВ | М-3х120+1х70 | 350 | 110 | 450 | 190 |
| 33 | 5,6 | 300 | И-3х35 | ВНП | Т5, Т6 | ТМ-100 | Δ/Y _H | П | ИП-3х35+50 | 150 | 55 | 160 | 85 |
| 34 | 5,6 | 350 | И-3-35 | ВНП | Т5, Т6 | ТМ-160 | Δ/Y _H | АВ | ИП-3х50+70 | 200 | 65 | 290 | 110 |
| 35 | 5,6 | 400 | И-3х70 | ВНП | Т5, Т6 | ТМ-250 | Δ/Y _H | П | ИП-3х35+50 | 250 | 50 | 130 | 75 |
| 36 | 5,6 | 250 | И-3х70 | ВВ | Т5, Т6 | ТМ-400 | Δ/Y _H | АВ | ИП-3х50+70 | 350 | 60 | 300 | 120 |
| 37 | 5,6 | 450 | И-3х70 | ВВ | Т5, Т6 | ТМ-630 | Δ/Y _H | АВ | ИП-3х70+95 | 350 | 65 | 350 | 130 |
| 38 | 5,6 | 600 | И-3х120 | ВВ | Т5, Т6 | ТМ-1000 | Δ/Y _H | АВ | ИП-3х120+95 | 400 | 70 | 510 | 170 |

Примечания:

* - Буквы А и М обозначают материал проводника кабеля, буквы АС – тип провода воздушной линии, буквы И и ИП – изолированные провода соответственно «Саха» и «Амка». Расчетную нагрузку (А) кабельных и воздушных линий рассчитать, исходя из их 70 %-й загрузки.

** - Обозначение аппарата перед трансформатором: Гл – глухое присоединение; ВНП – выключатель нагрузки с предохранителем; ВВ- вакуумный выключатель.

*** - Обозначение аппарата: П – предохранитель, АВ – автоматический выключатель. Вводные и секционный аппараты на стороне низшего напряжения всех ТП выполнены автоматическими выключателями.

Таблица 1.3

| Номер варианта, 2-я цифра | Расчет релейной защиты элемента СЭС | | Выбор трансформатора тока, установленного (дополнительные данные получить у преподавателя) | Объем расчета релейной защиты по СЭС (снизу вверх) | |
|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--|--|--|
| | Номер таблицы | Вариант из этой таблицы | | | |
| 1 | 1.4 | 1 | В начале ВЛ 35-220 кВ | От РПН до первого коммутационного аппарата на стороне ВН трансформатора 10/0,4 кВ, включая этот коммутационный аппарат | |
| 6 | 1.5 | 2 | Перед тр-ром ГПП | | |
| 11 | 1.6 | 3 | Вв. вык-ль 10 кВ ГПП | | |
| 16 | 1.7 | 4 | Секц. вык-ль 10 кВ ГПП | | |
| 21 | 1.8 | 5 | В начале КЛ1 | | |
| 26 | 1.9 | 6 | Секц. вык-ль 10 кВ РП | | |
| 31 | 1.4 | 7 | В начале КЛ3 | | |
| 36 | 1.5 | 1 | В начале ВЛ1 | | |
| 2 | 1.6 | 2 | В начале КЛ7 | | От вводного автоматического выключателя 0,4 кВ ТП до выключателя отходящей от РП линии 10 кВ, включая выключатель отходящей линии (до шин 10 кВ РП) |
| 7 | 1.7 | 3 | В начале КЛ – ДСП | | |
| 12 | 1.8 | 4 | В начале КЛ – ИП | | |
| 17 | 1.9 | 5 | В начале КЛ – СРФ | | |
| 22 | 1.4 | 6 | В начале КЛ – СД | | |
| 27 | 1.5 | 7 | В начале КЛ – АД | | |
| 32 | 1.6 | 1 | В начале КЛ - БК | | |
| 37 | 1.7 | 2 | В начале ВЛ 35-220 кВ | | |
| 3 | 1.8 | 3 | Перед тр-ром ГПП | От выключателя отходящей от РП линии 10 кВ до выключателя питающей РП линии, включая этот выключатель (до шин 10 кВ ГПП) | |
| 8 | 1.9 | 4 | Вв. вык-ль 10 кВ ГПП | | |
| 13 | 1.4 | 5 | Секц. вык-ль 10 кВ ГПП | | |
| 18 | 1.5 | 6 | В начале КЛ1 | | |
| 23 | 1.6 | 7 | Секц. вык-ль 10 кВ РП | | |
| 28 | 1.7 | 1 | В начале КЛ3 | | |
| 33 | 1.8 | 2 | В начале ВЛ1 | | |
| 38 | 1.9 | 3 | В начале КЛ7 | | |
| 4 | 1.4 | 4 | В начале КЛ – ДСП | | Выключатель отходящей от ГПП линии 10 кВ, секционный и вводной выключатели 10 кВ ГПП до выключателя на стороне ВН, включая его (без расчета ДЗ трансформатора) |
| 9 | 1.5 | 5 | В начале КЛ – ИП | | |
| 14 | 1.6 | 6 | В начале КЛ – СРФ | | |
| 19 | 1.7 | 4 | В начале КЛ – СД | | |
| 24 | 1.8 | 1 | В начале КЛ – АД | | |
| 29 | 1.9 | 2 | В начале КЛ - БК | | |
| 34 | 1.4 | 3 | В начале ВЛ 35-220 кВ | | |
| 5 | 1.5 | 4 | Перед тр-ром ГПП | От вводного выключателя 10 кВ трансформатора ГПП до выключателя в начале ВЛ (расчет РЗ ВЛ и трансформатора ГПП) | |
| 10 | 1.6 | 5 | Вв. вык-ль 10 кВ ГПП | | |
| 15 | 1.7 | 1 | Секц. вык-ль 10 кВ ГПП | | |
| 20 | 1.8 | 7 | В начале КЛ1 | | |
| 25 | 1.9 | 1 | Секц. вык-ль 10 кВ РП | | |
| 30 | 1.4 | 2 | В начале КЛ3 | | |
| 35 | 1.5 | 3 | В начале ВЛ1 | | |

Таблица 1.4

Параметры асинхронных двигателей напряжением 380 В

| № варианта | Тип двигателя | P_H , кВт | $K_{ПУСК}$ | $\cos\varphi_H$ | η_H | КЛ, м |
|------------|---------------|-------------|------------|-----------------|----------|-------|
| 1 | 4А180М2У3 | 30 | 7,5 | 0,9 | 0,905 | 45 |
| 2 | 4А225М2У3 | 55 | 7,5 | 0,92 | 0,91 | 50 |
| 3 | 4А180S4У3 | 22 | 7 | 0,9 | 0,9 | 35 |
| 4 | 4А200L4У3 | 45 | 7 | 0,9 | 0,92 | 40 |
| 5 | 4А180М6У3 | 18,5 | 6 | 0,87 | 0,88 | 60 |
| 6 | 4А250S8У3 | 37 | 6 | 0,83 | 0,9 | 65 |
| 7 | 4А250S10У3 | 30 | 6 | 0,81 | 0,88 | 55 |

Таблица 1.5

Параметры асинхронных двигателей напряжением 6-10 кВ

| № варианта | Тип двигателя | P_H , кВт | $K_{ПУСК}$ | $\cos\varphi_H$ | η_H | КЛ, м |
|------------|---------------|-------------|------------|-----------------|----------|-------|
| 1 | АТД4 | 500 | 5,1 | 0,89 | 0,957 | 55 |
| 2 | АТД4 | 800 | 5,3 | 0,89 | 0,96 | 50 |
| 3 | АТД4 | 1000 | 5,3 | 0,89 | 0,961 | 35 |
| 4 | АТД4 | 1600 | 5,2 | 0,89 | 0,966 | 40 |
| 5 | АТД4 | 2000 | 4,7 | 0,88 | 0,967 | 60 |
| 6 | АТД4 | 3150 | 5,3 | 0,9 | 0,972 | 65 |
| 7 | АТД4 | 4000 | 5,7 | 0,89 | 0,973 | 55 |

Таблица 1.6

Параметры синхронных двигателей напряжением 6-10 кВ

| № варианта | Тип двигателя | P_H , кВт | $K_{ПУСК}$ | КЛ, м |
|------------|----------------|-------------|------------|-------|
| 1 | СД2-85/29-12 | 200 | 5,0 | 70 |
| 2 | СД2-85/40-10 | 315 | 5,3 | 80 |
| 3 | СД2-85/47-8 | 500 | 5,5 | 95 |
| 4 | СД2-85/43-4 | 800 | 6,0 | 100 |
| 5 | СДН32-19-39-16 | 1600 | 6,5 | 90 |
| 6 | СДН2-18-64-12 | 2500 | 6,5 | 110 |
| 7 | СДН2-17-71-6 | 3150 | 6,6 | 50 |
| 8 | СДН2-17-89-6 | 4000 | 7,0 | 60 |

Таблица 1.7

Параметры преобразовательных агрегатов

| Номер варианта | Тип | Напряжение сети, кВ | Назначение | Выпрямленное напряжение, В | Выпрямленный ток, А | КЛ, м |
|----------------|----------------|---------------------|------------------|----------------------------|---------------------|-------|
| 1 | ВАКВ2-2500/300 | 6-10 | Электролиз | 300 | 12500 | 150 |
| 2 | ВАКВ2-2500/500 | 6-10 | Электролиз | 500 | 12500 | 120 |
| 3 | ВАКВ2-12500/24 | 6-10 | Гальванопластика | 24 | 12500 | 110 |
| 4 | ВАКВ2-25000/48 | 6-10 | Гальванопластика | 48 | 25000 | 90 |

Таблица 1.8

Электротехнологические установки

| Номер варианта | Тип установки | Тип печного трансформатора | Напряжение сети, кВ | КЛ, м | Назначение Установки |
|----------------|---------------|----------------------------|---------------------|-------|--------------------------------|
| 1 | ДСП-0,5 | ЭТМПК-630/10 | 6-10 | 150 | Сталеплавильные печи |
| 2 | ДСП-1,5 | ЭТМПК-1250/10 | 6-10 | 135 | |
| 3 | ДСП-3,0 | ЭТМПК-2000/10 | 6-10 | 170 | |
| 4 | ИЛТ-1М1 | ЭТМН-1000/10 | 6-10 | 210 | Индукционные для плавки меди |
| 5 | ИЛТ-2,5М1 | ЭТМН-1500/10 | 6-10 | 100 | Индукционные для плавки чугуна |
| 6 | ИЧТ-10/2,5 | ЭТДЦН-2500/10 | 6-10 | 110 | |
| 7 | ИЧТ-10/4,5 | ЭТДЦН-4000/10 | 6-10 | 180 | Рудно-термические печи |
| 8 | РКЗ-1,2К | ЭТМПК-1200/10 | 6-10 | 160 | |
| 9 | РКЗ-5,0 | ЭТМПК-5000/10 | 6-10 | 90 | |

Таблица 1.9

Конденсаторные установки и силовые резонансные фильтры

| Номер варианта | Тип | Напряжение, кВ | Мощность, квар | КЛ, м |
|----------------|-----------------|----------------|----------------|-------|
| 1 | УКЛ-...-450 У3 | 6-10 | 450 | 25 |
| 2 | УКЛ-...-900 У3 | 6-10 | 900 | 30 |
| 3 | УКЛ-...-1350 У3 | 6-10 | 1350 | 40 |
| 4 | УКЛ-...-1800 У3 | 6-10 | 1800 | 45 |
| 5 | Ф5-...-2412 У3 | 6-10 | 2412 | 55 |
| 6 | Ф7-...-2412 У3 | 6-10 | 2412 | 60 |
| 7 | Ф11-...-2412 У3 | 6-10 | 2412 | 70 |
| 8 | Ф13-...-2412 У3 | 6-10 | 2412 | 75 |

Согласно требованиям стандарта организации СТО ЮУрГУ 04-2008 в пояснительной записке после титульного листа должно располагаться задание на курсовое проектирование, которое начинается с двух листов по форме 1.1. Далее в виде «выборки» из табл. 1.1–1.9 с соответствующими «шапками таблиц» располагаются исходные данные варианта.

Министерство образования и науки Российской Федерации
ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»

Факультет «Энергетический»
Кафедра «Системы электроснабжения»
Специальность «Электроснабжение»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой СЭС

_____ Ю.И. Хохлов
11 февраля 2013 г.

ЗАДАНИЕ
на курсовую работу студента

Группа _____
Вариант _____

- 1 Дисциплина «Релейная защита в системах электроснабжения»
- 2 Тема работы «Релейная защита в системах электроснабжения»
- 3 Срок сдачи студентом законченной работы – 24.04.2013 г.
- 4 Перечень вопросов, подлежащих разработке:
 - 1 Расчет токов короткого замыкания.
 - 1.1 Расчет токов короткого замыкания в электрической сети напряжением выше 1 кВ.
 - 1.2 Расчет токов короткого замыкания в электрической сети напряжением до 1 кВ.
 - 2 Расчет релейной защиты для рассматриваемого фрагмента электрической сети.
 - 2.1 Организация релейной защиты.

- 2.2. Выбор оборудования для выполнения релейной защиты.
- 2.3 Расчет уставок.
- 2.4 Построение карты селективности выбранных защит.
- 2.5 Составление принципиальной схемы релейной защиты и спецификации на выбранное оборудование.

3 Расчет релейной защиты объекта СЭС.

3.1 Организация релейной защиты.

3.2 Выбор оборудования для выполнения релейной защиты.

3.3 Расчет уставок.

3.4 Построение карты селективности выбранных защит.

3.5 Составление принципиальной схемы релейной защиты и спецификации на выбранное оборудование.

4 Выбор трансформатора тока и расчет его нагрузки.

Графическая часть (принципиальные схемы, схемы замещения, время-токовые характеристики, рисунки блоков защиты и прочее) выполняется на листах формата А4, при необходимости – на листах формата А3, и располагается по тексту пояснительной записки.

5 Календарный план

| Номера разделов курсовой работы | Срок выполнения разделов работы | Отметка руководителя о выполнении |
|--|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1.1 | 7-й семестр | |
| 1.2 | 7-й семестр | |
| 2.1 | 20.02.2012 г. – 1-я неделя | |
| 2.2 – 2.5 | 06.03.2013 г. – 3-я неделя | |
| 3.1 – 3.4 | 20.03.2013 г. – 5-я неделя | |
| 4 | 27.03.2013 г. – 6-я неделя | |
| Оформление и доработка пояснительной записки | 10.04.2013 г. – 8-я неделя | |
| Защита курсовой работы | 24.04.2013 г. – 9-я неделя | |

Дата выдачи задания _____

Руководитель работы _____ А.М. Ершов (И.П.Титов)

Студент _____ / _____ /

1.5.2. Методические указания и требования к оформлению курсовой работы

Курсовая работа выполняется и оформляется в соответствии с требованиями стандарта ЮУрГУ – СТО ЮУрГУ 04-2008 [41].

1. Составление принципиальной электрической схемы – показывается только та часть схемы электроснабжения, которая соответствует *заданному варианту с заданными коммутационными и защитными аппаратами*.

1.1. При составлении своей схемы электроснабжения следует использовать условные обозначения элементов, соответствующие действующим стандартам. На рис. 1.3 приведены условные обозначения элементов на электрических схемах, установленные ГОСТ 2.723-68, ГОСТ 2.755-74, ГОСТ 2.745.68, ГОСТ 2.727-68, ГОСТ 2.710-81 и действующие по настоящее время:

1 и 2 – силовой двухобмоточный трансформатор и трансформатор с расщепленной обмоткой напряжением 35–110–220/6–10 кВ; 3 – силовой трёхобмоточный трансформатор напряжением 110–220/35/6–10 кВ; 4, 5, 6 – силовые трансформаторы напряжением 6–10/0,4 кВ со схемами соединения обмоток «треугольник – звезда с нулём», «звезда – звезда с нулём», «звезда – зигзаг с нулём»; 7, 8 – кабельная и воздушная линии электропередачи; 9, 10 – выключатель, разъединитель напряжением более 1 кВ; 11 – выключатель нагрузки; 12 – предохранитель; 13 – ограничитель перенапряжений нелинейный; 14, 15, 16 – выключатель, автоматический выключатель, рубильник напряжением до 1 кВ; 17 – трёхфазный трансформатор напряжения; 18, 19, 20 – фазный трансформатор тока; 21 – трансформатор тока нулевой последовательности; 22 – схемы соединения обмоток «звезда», «звезда с нулём», «треугольник», «зигзаг с нулём», «открытый треугольник»; 23 – конденсаторная батарея; 24 – токоограничивающий реактор; 25 – дугогасящий реактор; 26 – силовой резонансный фильтр или конденсаторная батарея с защитным реактором; 27, 28, 29 – сталеплавильная и индукционная печи, преобразовательная установка; 30, 31 – синхронный и асинхронный двигатели; 32, 33 – энергосистема; 34 – источник тока; 35 и 36 – индуктивное и активное сопротивления; 37, 38, 39 – короткое замыкание; 40 – нормально разомкнутый контакт; 41 – нормально замкнутый контакт; 42 и 43 – контакты с выдержкой времени на включение или на отключение; 44 – блок-контакт (контакт, связанный с силовыми контактами выключателя); 45 – кнопка управления; 46 – сигнальная лампа; 47 – устройство защиты, управления...; 48, 49, 50, 51 – реле тока, напряжения, времени, промежуточное; 52, 53 – электромагниты включения и отключения; 54 – переключатель (буквами О, Н, В соответственно обозначено «отключить», «нейтральное положение», «включить»).

Примечание. При составлении схемы электроснабжения допускается изменять размеры элементов, но при этом сохраняя соответствующие пропорции. Образцы исполнения схем электроснабжения приведены в разделах 2 и 4 учебного пособия [2].

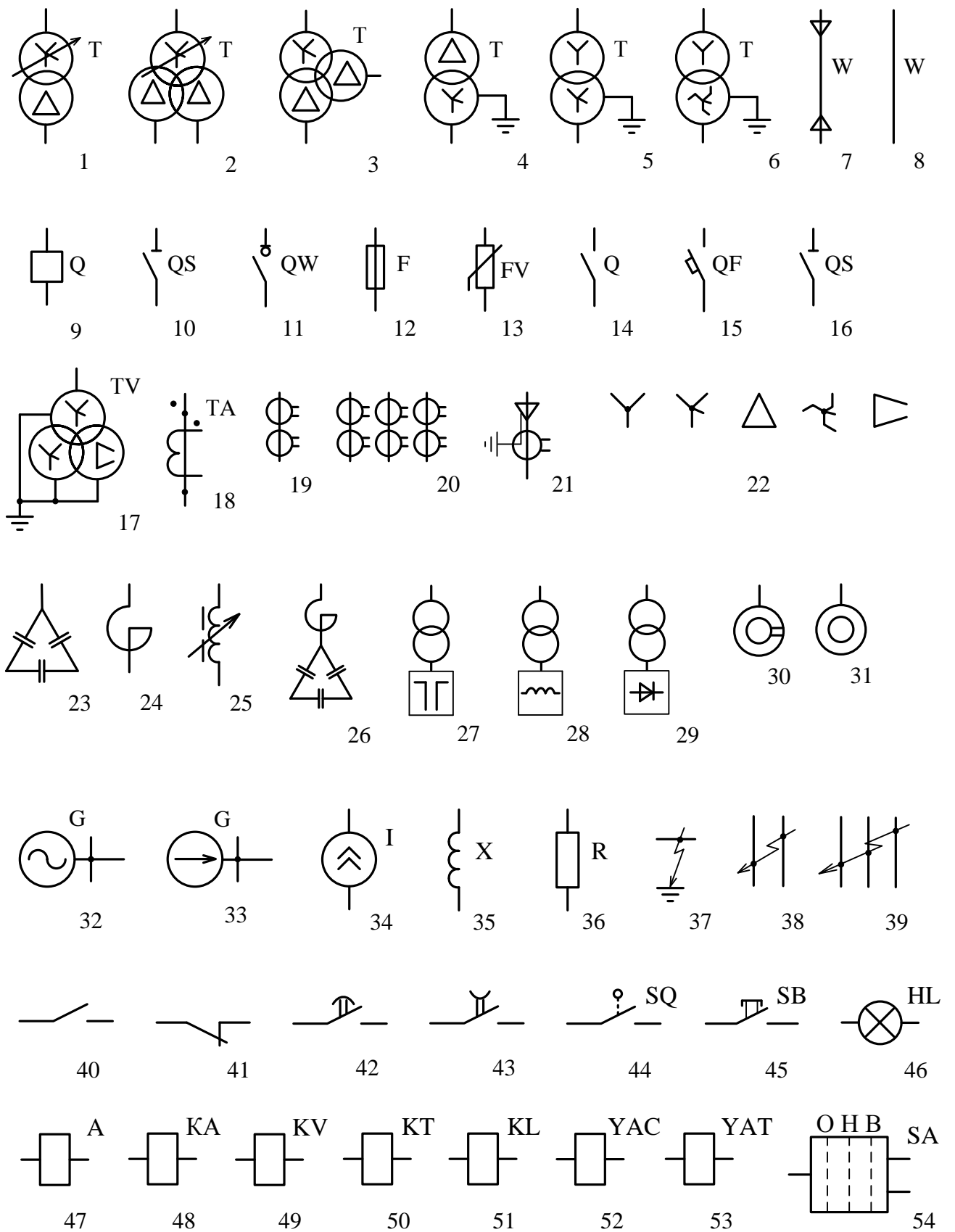


Рис. 1.3. Условные обозначения

1.2. При составлении электрической схемы фрагмента сети, для которого проводится расчет защиты, необходимо расставить трансформаторы тока, чтобы при рассмотрении организации защит показать зоны их действия. На этой же схеме следует условными обозначениями показать расстановку защит элементов сети в соответствии с требованиями ПУЭ.

1.3. Перед началом проведения расчетов защит следует составить диаграмму селективности срабатывания селективной защиты, начиная с электрической сети напряжением 380 В. Диаграмму селективности нанести на рис. 1.2.

2.1. Расчет токов короткого замыкания. Проводится для характерных точек СЭС:

- в начале и конце питающей ВЛ напряжением 35–110–220 кВ;
- на сборных шинах напряжением 6–10 кВ подстанции;
- на сборных шинах РП;
- на стороне высшего напряжения трансформатора 6-10/0,4 кВ, который рассматривается в проекте;
- на стороне низшего напряжения трансформатора 6-10/0,4 кВ: на выводах трансформатора; на сборных шинах 0,4 кВ ТП; на сборных шинах РПН;
- в конце линии, питающей объект СЭС.

Расчет проводится для максимального и минимального режимов работы СЭС. Рассчитываются токи $I_{К.МАКС}^{(3)}$, $I_{К.МИН}^{(3)}$, $I_{К.МИН}^{(2)}$, $I_{К.МИН}^{(1)}$.

Для расчета токов короткого замыкания составляются две схемы [2, раздел4]:

- для расчета трехфазного тока - схема замещения в максимальном и минимальном режиме. На рисунке справа от схемы замещения указываются параметры максимального режима, слева - минимального;
- для расчета однофазного тока – схема замещения сети напряжением 380 В, начиная с понижающего трансформатора.

3. Организация релейной защиты. Для рассматриваемого фрагмента СЭС составляется принципиальная схема электроснабжения, на которую наносятся необходимые данные для проведения расчета РЗА:

- расчетные I_p , рабочие максимальные $I_{РАБ.МАКС}$ и пиковые токи $I_{ПИК}$, протекающие по рассматриваемым элементам СЭС в нормальном режиме ее работы;
- токи трехфазного ($I_{К.МАКС}^{(3)}$ и $I_{К.МИН}^{(3)}$), двухфазного $I_{К.МИН}^{(2)}$ и однофазного $I_{К.МИН}^{(1)}$ короткого замыкания.

Проводится обоснование необходимого набора видов релейной защиты рассматриваемых элементов СЭС со ссылкой на нормативные документы и, в первую очередь на «Правила устройства электроустановок», - указываются номера пунктов и наименование нормативного документа. Условными обозначениями показываются типы выбираемых защит.

Дается концепция построения защиты, краткое описание действия выбранных видов защиты. Указывается от каких видов токов и напряжений защищается элемент СЭС и от каких токов и напряжений отстраиваются защиты. Указывается форма воздействия защиты на СЭС – работа на отключение или на сигнал. При

необходимости приводятся дополнительные поясняющие диаграммы, схемы и рисунки.

4. Расчет релейной защиты. Состоит из следующих этапов:

Выбор первичного оборудования (трансформаторов тока и напряжения), обоснование и выбор оперативного тока, выбор устройств релейной защиты.

Последовательно снизу вверх производится расчет защит: уставок срабатывания (по току, напряжению, времени) релейной защиты, проверка чувствительности, проверка селективности по току и времени. Полученные результаты расчетов сводятся в итоговые таблицы определенной формы.

Строятся карты селективности с нанесением рассчитанных время-токовых характеристик рассмотренных защит.

Приводятся принципиальные схемы устройств РЗ с соответствующими спецификациями.

5. Выбор трансформатора тока и расчет его нагрузки. Для заданного трансформатора тока, установленного в определенной точке системы электроснабжения, производится расчет нагрузочных характеристик и с учетом кривых предельных кратностей ТТ выбирается сечение кабелей, соединяющих ТТ и устройства защиты.

6. Графическая часть (принципиальные схемы, схемы замещения, карты селективности, рисунки блоков защиты и прочее) выполняется на листах формата А4, при необходимости – на листах формата А3, и располагается по тексту пояснительной записки по мере их упоминания, а не в приложении.

Библиографический список

а) Основной.

1. Правила устройства электроустановок. Разд. 3, 4, 5. – 6-е изд. – М.: Главгосэнергонадзор России, 2003. – 607 с.

2. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 1: Токи короткого замыкания: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 168 с.

3. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 2: Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 168 с.

4. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 3: Защита электрических сетей напряжением 6–10 кВ: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 168 с.

5. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 4: Защита электрических сетей и электроустановок напряжением 6–10–110 кВ: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 168 с. (электронный вариант).

6. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 5: Автоматизация систем электроснабжения: учебное пособие / А.М. Ер-

шов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 105 с. (электронный вариант).

7. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика: учебное пособие к изучению курса / А.М. Ершов. – 2012. – 80 с.

8. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов. – 4-е изд. перераб. и доп. / В.А. Андреев. – М.: Высшая школа, 2006. – 639 с.

9. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем. Учебное пособие для вузов / А.Ф. Дьяков, Н.И. Овчаренко. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 336 с.

10. Поляков, В.Е. Теоретические основы построения логической части релейной защиты и автоматики энергосистем / В.Е. Поляков, С.Ф. Жуков, Г.М. Проскурин и др.; под ред В.Е. Полякова. – М.: 1979, – 237 с.

11. Басс, Э.И. Релейная защита электроэнергетических систем. Учебное пособие для вузов / Э.И. Басс, В.Г. Дорогунцев; Под ред. А.Ф. Дьякова. – 2-е изд. стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 296 с.

12. Гельфанд, Я.С. Релейная защита распределительных сетей / Я.С. Гельфанд. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.

13. Шабад, М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей / М.А. Шабад. – СПб.; ПЭИПК, 2010. – 350 с.

14. Шабад, М.А. Защита трансформаторов распределительных сетей / М.А. Шабад. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1981. – 136 с.

15. Шабад, М.А. Защита трансформаторов 10 кВ / М.А. Шабад. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 144 с.

16. Шабад, М.А. Максимальная токовая защита / М.А. Шабад. – Ленинград Энергоатомиздат, 1991. – 96 с.

17. Беляев, А.В. Выбор аппаратуры, защит и кабелей в сетях 0,4 кВ / А.В. Беляев. – СПб.; ПЭИПК, 2008. – 230 с.

18. Чернобровов, В.Г. Релейная защита энергетических систем. Учеб. для техникумов / В.Г. Чернобровов, Н.И. Семенов. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 800 с.

19. Федосеев, А.М. Релейная защита электроэнергетических систем / А.М. Федосеев, М.А. Федосеев. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 528 с.

20. Беркович, М.А. Основы техники релейной защиты / М.А. Беркович, В.В. Молчанов, В.А. Семёнов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 376 с.

21. Беркович, М.А. Автоматика электроэнергетики / М.А. Беркович, В.Л. Гладышев, В.А. Семенов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 240 с.

22. Соскин, Э.А. Автоматизация управления промышленным электроснабжением / Э.А. Соскин, Э.А. Киреева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 384 с.

23. Окин, А.А. Противоаварийная автоматика энергосистем / А.А. Окин. – М.: Изд-во МЭИ, 1995. – 212 с.

24. Окин, А.А. Противоаварийное управление в ЕЭС России / А.А. Окин, В.А. Семенов; Под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Изд-во МЭИ, 1996. – 153 с.

25. Кривенков, В.В. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебное пособие для вузов / В.В. Кривенков, В.Н. Новелла. – М.: Энергоиздат, 1981. – 328 с.

26. Корогодский, В.И. Релейная защита электрических двигателей напряжением выше 1 кВ / В.И. Корогодский, С.Л. Кужеков, Л.Б. Паперно. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 248 с.

27. Свенчанский, А.Д. Электроснабжение и автоматизация электротермических установок / А.Д. Свенчанский, З.Л. Трейзон, Л.А. Мнухин. – М.: Энергоатомиздат, 1980. – 319 с.

28. Электрооборудование и автоматика электротермических установок: Справочник / Под ред. А.П. Альтгаузена, М.Д. Бершицкого, М.Я. Смелянского и В.М. Эдемского. – М.: Энергия, 1978. – 304 с.

29. Королев, Е.П. Расчеты допустимых нагрузок в токовых цепях релейной защиты / Е.П. Королев, Э.М. Либерзон. – М.: Энергия, 1980. – 208 с.

30. Харасов, Х.К. Защита полупроводниковых преобразователей: Учебное пособие для студентов / Х.К. Харасов. – Челябинск: ЧПИ, 1988. – 80 с.

31. Харасов, Х.К. Полупроводниковые устройства в релейной защите: Учебное пособие / Х.К. Харасов, В.И. Стасяк. – Челябинск: ЧГТУ, 1994. – 84 с.

б) Дополнительный.

32. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. Т.1 Электроснабжение / Под общей ред. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 568 с.

33. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: Т.2. Электрооборудование / Под общ. ред. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 592 с.

34. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Электрооборудование и автоматизация / Под ред. А.А. Федорова и Г.В. Сербиновского – М.: Энергоиздат, 1981. – 624 с.

35. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.

36. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 464 с.

37. Электротехнический справочник: В 4 т. Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. А.И. Попов). – 8-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 964 с.

38. Блок, В.М. Электрические сети и системы: Учебное пособие для вузов / В.М. Блок. – М.: Высшая школа, 1986. – 430 с.

39. Ершов, А.М. Релейная защита в системах электроснабжения: учебное пособие к лабораторным работам / А.М. Ершов, А.Н. Садовников, А.Н. Андреев. – 2013. – 56 с.

40. Релейная защита и автоматика электроустановок: Методические указания по дипломному проектированию / Составители: Вахрамеев А.Л., Гаген А.Ф., Ко-

миссаров Г.А., Пеклер В.Н., Чечушков Г.А. Под ред. Г.А. Комисарова. – Челябинск: ЧПИ, 1980. – 49 с.

41. СТО ЮУрГУ 04-2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

в) Литература по релейной защите и автоматике компании Schneider Electric.

42. Руководство по устройству электроустановок: Технические решения «Шнейдер Электрик». – Schneider Electric: 2009. – 469 с.

43. Оборудование низкого напряжения: Acti 9. Эффективность, достойная Вас: Каталог. – Schneider Electric, 2010. – 310 с.

44. Оборудование для распределительных сетей низкого напряжения на токи от 0,5 до 125 А: Multi 9: Каталог. – Schneider Electric, 2007. – 134 с.

45. Автоматические выключатели и выключатели нагрузки Compact NS 80–1600 А: Каталог. – Schneider Electric, 2006. – 292 с.

46. Автоматические выключатели и выключатели-разъединители низкого напряжения Compact NSX 100–630 А. Измерение и передача данных: Каталог. – Schneider Electric, 2008. – 262 с.

47. Автоматические выключатели и выключатели нагрузки на большие токи Masterpact NT и NW: Каталог. – Schneider Electric, 2007. – 188 с.

48. Автоматические выключатели и выключатели нагрузки для передачи мощности в сетях низкого напряжения Masterpact NT и NW: Каталог. – Schneider Electric, 2009. – 192 с.

49. Проектирование электроустановок квартир с улучшенной планировкой и коттеджей (на базе электрооборудования компании Shneider Electric). Техническая коллекция: Выпуск 11. – TECHCOL11RU Schneider Electric, 2007. – 240 с.

50. Электрооборудование для распределительных сетей. Серия RM6. Компактное распределительное устройство 6, 10, 20 кВ. – Schneider Electric: 2005. – 28 с.

51. Распределение электроэнергии. Распределительные ячейки. Серия SM6. – Schneider Electric: 2007. – 53 с.

52. Ячейки комплектного распределительного устройства. Nexima Merlin Gerin 6-10 кВ. – Schneider Electric: 2004. – 19 с.

53. Распределение электроэнергии. MCset 1-2-3. Ячейки КРУ 6, 10 кВ. – Schneider Electric: 2006. – 59 с.

54. Защита электрических сетей. Руководство по защитах / Техническая коллекция Schneider Electric. Вып. 1. – Shneider Electric: 2006. – 69 с.

55. Соловьев А.Л. Методика расчета уставок защит Sepam / А.Л.Соловьев. – Техническая коллекция Shneider Electric, вып.3. – Shneider Electric, 2006. – 68 с.

56. Защита электрических сетей: Sepam 10: Руководство пользователя. – Schneider Electric: 2008. – 258 с.

57. Защита электрических сетей. Каталог Sepam 1000+ серии 20, 40. – Schneider Electric: 2002. – 37 с.
58. Защита электрических сетей. Каталог Sepam серии 20, 40. – Schneider Electric: 2005. – 43 с.
59. Защита электрических сетей. Sepam 1000+ серии 20. Руководство по установке и применению. – Schneider Electric: 2006. – 156 с.
60. Защита электрических сетей. Каталог Sepam серии 20, 40, 80. – Schneider Electric: 2008. – 188 с.
61. Защита электрических сетей. Sepam 1000+ серии 40. Руководство по установке и применению. – Schneider Electric: 2006. – 194 с.
62. Защита электрических сетей. Каталог Sepam серии 80. – Schneider Electric: 2005. – 119 с.
63. Защита электрических сетей. Sepam серии 80. Руководство по эксплуатации. Измерения, защита, управление и контроль. – Schneider Electric: 2004. – 175 с.
64. Защита электрических сетей. Sepam серии 80. Руководство по эксплуатации. Установка, применение, ввод в эксплуатацию и обслуживание. – Schneider Electric: 2006. – 124 с.
65. Защита электрических сетей. Sepam серии 20. Сеть связи Modbus. Руководство по эксплуатации. – Schneider Electric: 2006. – 31 с.
66. Защита электрических сетей. Sepam серии 40. Сеть связи Modbus. Руководство по эксплуатации. – Schneider Electric: 2006. – 37 с.
67. Защита электрических сетей. Sepam серии 80. Сеть связи Modbus. Руководство по эксплуатации. – Schneider Electric: 2006. – 59 с.

2. АВТОМАТИЗАЦИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

2.1. Общие положения

Курс «Автоматизация в системах электроснабжения» (АСЭС) является продолжением курса «Релейная защита в СЭС». Если, вы в течение 4-х лет, да и сейчас на 5-м курсе изучали и будете изучать предметы, которые позволяют описывать или проектировать системы электроснабжения, условно говоря, в состоянии покоя, то курсы «Релейная защита и автоматика СЭС» рассматривают СЭС как живой организм, который функционирует в нормальных условиях, при возникновении каких-либо аварийных ситуаций и в послеаварийных режимах, когда происходит восстановление электроснабжения потребителей. Эта особенность данных курсов требует применения знаний, которые вы получили на предыдущих стадиях обучения в ВУЗе.

Особенности изучения курса «Автоматизация СЭС». Цель курса – это изучение системы электроснабжения в динамике, как живого организма, а не статическом состоянии. Поэтому важно понимание:

1. Какие аварийные или ненормальные ситуации могут возникать в системе электроснабжения.

2. Как система электроснабжения реагирует на эти аварийные ситуации. Например, почему

– при КЗ протекают большие токи и резко снижается напряжение у потребителя;

– или при дефиците активной мощности падает частота в сети;

– или при дефиците реактивной мощности снижается напряжение на шинах, питающих потребителя;

– прочие ситуации.

3. Какие параметры, например напряжение, ток, частота, направление мощности или что-то еще другое могут быть использованы для распознавания возникшей аварийной ситуации.

4. Какие параметры мы должны в виде определенных сигналов подать на вход автоматического устройства, чтобы устройство распознало ситуацию и четким, определенным образом произвело воздействие на электрическую сеть, чтобы ликвидировать возникшую аварийную или ненормальную ситуацию. Например:

– при КЗ в линии сначала отключить линию, а потом после бестоковой паузы подать в линию напряжение – автоматическое повторное включение;

– или при дефиците активной мощности и понижении частоты ниже допустимых уровней произвести разгрузку сети, т.е. отключить часть потребителей – это автоматическая частотная разгрузка. А после восстановления частоты снова произвести подключение потребителей;

– или при дефиците реактивной мощности и снижении напряжения подключить к сети дополнительные устройства компенсации реактивной мощности –

конденсаторные батареи или увеличить возбуждение синхронных двигателей, чтобы последние увеличили генерацию реактивной мощности.

Подытожим сказанное. Основная задача курса – это получить понимание протекающих в системе электроснабжения различных процессов. Мы не будем изучать внутреннее построение автоматических устройств. *Наша конечная цель – определить качественно и количественно какие сигналы мы должны сформировать для конкретного автоматического устройства, чтобы оно правильно определило аварийную или ненормальную ситуацию и затем соответствующим образом произвело воздействие на систему электроснабжения.*

Для каждого вида автоматического устройства будем рассматривать алгоритм его функционирования, т.е. рассматривать последовательность:

- как возникает та или иная ситуация,
- какие параметры СЭС изменяются при этом,
- какие исходные данные мы должны сформировать на входе автоматического устройства,
- как оно распознаёт ситуацию,
- как и на какие элементы и параметры СЭС воздействует,
- что происходит в СЭС в результате этих воздействий,
- как изменяется ситуация в СЭС.

Мы будем рассматривать автоматические устройства как некие «черные ящики», для которых мы должны сформировать соответствующую информацию. Правда, для простых ситуаций мы познакомимся с устройством и работой некоторых устройств.

К сожалению, вся техническая литература направлена на описание внутреннего построения автоматических устройств и их действия, т.е. из каких функциональных блоков состоят устройства, как формируются внутренние сигналы, как «щелкают» реле и т.д. Это необходимо узким специалистам, занимающимся проектированием, построением и эксплуатацией этих устройств. Кто будет этим заниматься – тот освоит соответствующий материал.

Раздаточная литература. В аудитории 526 на 2-й ЭВМ справа расположена информация: на диске D \ Students \ Ершов \ Автоматизация СЭС:

- Программа курса.
- Автоматизация СЭС – 2013 г. Курс лекций, 105 стр.
- СТО ЮУрГУ 17-2008.

2.2. Содержание курса

Тема 1. Общие положения.

Организация управления системой электроснабжения. Назначение релейной защиты и автоматики. Классификация систем автоматики, применяемых в системах электроснабжения: автоматика нормальных режимов и противоаварийная автоматика. Экономическая эффективность систем автоматики.

Тема 2. Автоматическое повторное включение (АПВ).

Понятие АПВ. Понятие «пусковых органов или пусковой информации», приводящих в действие устройства автоматики СЭС. АПВ линий. АПВ трансформаторов. АПВ сборных шин. АПВ асинхронных и синхронных электродвигателей напряжением выше 1 кВ. АПВ электродвигателей напряжением до 1 кВ. Алгоритмы действия рассмотренных устройств АПВ.

Тема 3. Автоматическое включение резерва (АВР).

Понятие АВР. АВР резервной линии. АВР резервного трансформатора. АВР на секционном выключателе ГПП и цеховой ТП. АВР на секционном выключателе ГПП при наличии высоковольтных электродвигателей. АВР в сетях напряжением до 1 кВ. АВР электродвигателей. Алгоритмы действия рассмотренных устройств АВР.

Тема 4. Автоматическая частотная разгрузка (АЧР).

Процессы, протекающие в энергосистеме и вызывающие снижение частоты; «лавина частоты» и «лавина напряжения». Мероприятия, обеспечивающие восстановление частоты; понятие АЧР. Частотное АПВ (ЧАПВ) после АЧР. Согласование действия устройств АПВ, АВР, АЧР. Алгоритмы действия устройств АЧР и ЧАПВ.

Тема 5. Автоматическая разгрузка по току (АРТ).

Понятие АРТ. АРТ трансформаторов и его алгоритм действия. АРТ воздушных и кабельных линий и их алгоритмы действия.

Тема 6. Автоматическое регулирование напряжения (АРН).

Причины, вызывающие возникновение отклонения напряжения и колебаний напряжения. Влияние отклонения напряжения на работу электроприемников. Технические средства регулирования напряжения. Автоматическое регулирование переключения ответвлений трансформатора под нагрузкой. Регулирование напряжения с помощью вольтодобавочных трансформаторов. Алгоритм действия устройства АРН.

Тема 7. Автоматическое регулирование реактивной мощности (АРРМ).

Компенсация реактивной мощности и регулирование напряжения сети. Принципы регулирования мощности БК. Статические источники реактивной мощности. Снижение колебаний напряжения с помощью быстродействующих источников реактивной мощности.

Тема 8. Автоматическое регулирование возбуждения синхронных двигателей и синхронных компенсаторов (АРСМ).

Особенности исполнения и режимы работы СД и СК (недовозбуждение и перевозбуждение). Использование СК и СД для автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности электрической сети. Алгоритмы действия устройств АРСМ.

Тема 9. Управление режимами нейтрали электрических сетей.

Характерные режимы работы компенсированной сети и его характеристики, используемые для автоматической настройки дугогасящих реакторов. Автомати-

ческая настройка дугогасящих реакторов с использованием фазовых характеристик сети. Алгоритм действия фазового регулятора.

Тема 10. Управление оборудованием подстанций напряжением 110–220 кВ и распределительными сетями напряжением 10 кВ.

Организация управления системой электроснабжения электросетевого предприятия. Управление подстанциями напряжением 110-220 кВ, распределительными пунктами напряжением 10 кВ и трансформаторными подстанциями напряжением 10/0,4 кВ распределительных сетей. Автоматизированные системы управления системы электроснабжения. Диспетчерский пункт, линии связи, контролируемый объект (подстанция). Функции системы телемеханики: телесигнализация (сигнализация положения, предупредительная, аварийная, индивидуальная, участковая, центральная сигнализации), телеизмерение, телеуправление, телерегулирование. Назначение АСУ системой электроснабжения. Принципы построения и структура АСУ СЭС. Пример построения АСУ СЭС на основе устройств компании Schneider Electric.

Регистраторы аварийных ситуаций. Микропроцессорные регистраторы аварийных ситуаций: регистрация аварийных токов и напряжений сети. Анализ развития аварийных ситуаций с использованием информации, получаемой регистраторами

Тема 11. Прочие системы автоматики. Автоматическое включение и отключение трансформаторов двухтрансформаторной подстанции для уменьшения потерь электроэнергии.

2.3. Семинарские занятия

2.3.1. Организация семинарских занятий

1. Первое семинарское занятие (семинар 1) состоится через две недели. Далее по графику. К этому семинарскому занятию необходимо подготовить рефераты и доклады с презентациями.

2. Всего 7 семинарских занятий.

3. 5 контрольных работ в конце соответствующего семинарского занятия.

4. Каждый студент в течение семестра делает доклад с презентацией на тему по соответствующему семинарскому занятию. Предварительно к докладу должен быть подготовлен реферат

5. Перечень тем, название рефератов и их содержание совпадают с темами, перечисленными в содержании каждого семинара (см. ниже).

2.3.2. Требование к оформлению реферата и докладу

1. Реферат является материалом для выступления студента на семинарском занятии с использованием видеопроектора.

2. Содержание реферата должно являться развитием лекционного материала и не должно повторять его. При написании реферата необходимо строго придерживаться «своей» темы, не перекрывая содержания других рефератов. При подготовке реферата обратите внимание на текст лекций и вопросы для подготовки к соответствующим семинарским занятиям и контрольным работам.

3. Исходными источниками информации для написания реферата является прилагаемая к теме реферата литература (см. перечень общей и специальной литературы). Основной же является специальная техническая литература (научные монографии, статьи в научно-технических журналах «Электрические станции», «Промышленная энергетика», «Энергетик» и др., справочники, каталоги на оборудование, рекламная информация предприятий и фирм производителей) и Интернет.

4. Реферат должен показывать современное состояние рассматриваемой темы – исходная литература описывает тему по состоянию на 20–30 лет назад. Для этого нужно поискать свежую информацию в Интернете, названных научно-технических журналах за последние 5–10 лет, в рекламной информации фирм-производителей соответствующей техники (отечественные фирмы ИЦ Бреслер, Механотроника и др., зарубежные фирмы ABB, Alston, Schneider Electric, Siemens и др.).

5. В исходной литературе рассматриваются системы автоматики, построенные, как правило, с использованием электромеханических и полупроводниковых элементов. В реферате следует рассмотреть указанные системы, а также построенные с использованием микропроцессорной техники. Следует обращать внимание на обобщенные структурные схемы систем автоматики, алгоритмы их действия

6. Составить алгоритм действия соответствующих автоматических устройств и описать их функционирование.

7. При рассмотрении темы реферата, каких-то положений, описании какой-либо системы автоматики необходимо выполнять ссылки на используемый источник информации, который в последующем включается в библиографический список.

8. Реферат выполняется в **Microsoft Office 2003** в электронном виде и оформляется в соответствии с требованиями стандарта ЮУрГУ **СТО ЮУрГУ 17-2008**. Схемы рисуются в соответствии с действующими стандартами на обозначение в одном из редакторов CorelDRAW, AutoCAD, Компас-3D и др., которые затем вставляются в текст реферата в формате **Microsoft Word 2003**. В конце реферата приводится библиографический список использованной литературы, в том числе ссылки на источники Интернета (электронные адреса). Окончательно реферат представляется на бумаге и в электронном виде (используется при выступлении на семинарском занятии). Минимальный объем реферата 20–25 страниц.

9. Срок сдачи реферата 15 октября. При неудовлетворительном содержании реферата после его просмотра он должен быть доработан в срок до 30 октября.

10. Доклад делается в течение 15–20 минут. Для доклада необходимо подготовить презентацию, представляющую основные тезисы по теме реферата и содер-

жащую схемы и рисунки, алгоритмы действия автоматических устройств, которые будут комментироваться во время доклада.

Излагаемый материал реферата должен быть понятен и должен представлять интерес для участников семинарских занятий. Не рекомендуется читать текст доклада и, тем более текст реферата.

2.3.3. Темы семинарских занятий

Семинар 1. Автоматическое повторное включение.

Тема 1. АПВ линий напряжением 110 кВ и трансформаторов напряжением 110/10 кВ. Согласование АПВ различных уровней СЭС. Схемы исполнения АПВ с использованием микропроцессорной техники. Алгоритм действия АПВ линий и АПВ трансформаторов [1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 1.13, 1.15, 1.16, 1.17, 1.18].

Тема 2. АПВ сборных шин. Схемы исполнения АПВ с использованием микропроцессорной техники. Алгоритм действия АПВ шин [1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 1.13, 1.15, 1.16, 1.17, 1.18].

Тема 3. АПВ асинхронных и синхронных электродвигателей напряжением выше 1 кВ. Различие АПВ при отсутствии и наличии ЭД. Схемы исполнения АПВ с использованием микропроцессорной техники. Алгоритмы действия АПВ АД и СД [1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 1.13, 1.15, 1.16, 1.17, 1.18].

Тема 4. АПВ электродвигателей напряжением до 1 кВ. Различие АПВ при отсутствии и наличии ЭД. Схемы исполнения АПВ с использованием микропроцессорной техники. Алгоритм действия АПВ ЭД [1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 1.13, 1.15, 1.16, 1.17, 1.18].

Вопросы для подготовки к семинарскому занятию и контрольной работе 1.

1. Поясните на примерах понятия «устойчивое» и «неустойчивое» повреждения элемента электрической сети. Для описания каких устройств автоматики используются эти понятия?

2. Назовите характерные неустойчивые повреждения, возникающие на ВЛ-110 кВ?

3. Назовите характерные неустойчивые повреждения, возникающие на подстанции напряжением 110/10 кВ?

4. Назовите характерные неустойчивые повреждения, возникающие на трансформаторной подстанции напряжением 10/0,4 кВ, а также питающих их воздушных и кабельных линий?

5. Какими факторами определяется выдержка времени между отключением релейной защитой линии или трансформатора и действием АПВ?

5. Что является пусковым органом для начала работы АПВ ВЛ и трансформаторов? Обоснуйте причины выбора пусковых органов.

6. Что такое «несоответствие» положения силовых контактов выключателя и ключа управления им? В каких случаях применяется данный признак и почему?

7. Для чего необходимо ускорение действия РЗ после неуспешного АПВ?

8. Нарисуйте алгоритм действия релейной защиты и АПВ при неустойчивом и устойчивом повреждениях линии напряжением 110 кВ.

9. Чем определяется выдержка времени между отключением линии и срабатыванием АПВ при неустойчивом повреждении?

10. При каких повреждениях силовых трансформаторов разрешается действие АПВ, а при каких запрещается? Какими видами релейной защиты обеспечивается этот запрет?

11. Почему при срабатывании газовой или дифференциальной защиты трансформатора формируется запрет на действие АПВ трансформатора?

12. Нарисуйте алгоритм действия релейной защиты и АПВ при неустойчивом повреждении трансформатора напряжением 110/10 кВ.

13. Для чего нужно АПВ электродвигателей?

14. Каковы особенности АПВ СД напряжением 10 кВ? Что используется в качестве пусковой информации АПВ?

15. Каковы особенности АПВ СД? Почему пусковым органом является реле частоты или реле направления мощности?

16. Нарисуйте алгоритм действия релейной защиты и АПВ при неустойчивом повреждении синхронного двигателя напряжением 10 кВ.

17. Почему при АПВ вводят деление ЭД на основные и неосновные?

17. Почему блокируется АПВ электродвигателей при срабатывании мгновенной токовой отсечки (1-й ступени максимальной токовой защиты)?

18. Какие процессы протекают в электрической сети при подаче напряжения действием АПВ? Почему применяют АПВ основных двигателей, а для прочих нет? Нарисуйте алгоритм действия АПВ двигателей.

19. Поясните процессы, возникающие при самозапуске ЭД после АПВ.

20. Объясните причины ввода запрета на действие АПВ трансформатора при срабатывании газовой или дифференциальной защиты трансформатора.

19. Почему АПВ экономически выгодно? Показать на примере.

20. Что такое магнитный пускатель? Каковы особенности его работы? При каком напряжении происходит отключение пускателя?

Контрольная работа 1. Автоматическое повторное включение.

Примечание. Все контрольные работы проводятся в конце соответствующих семинарских занятий.

Семинар 2. Автоматический ввод резерва.

Тема 5. АВР резервной линии напряжением 110 и 10 кВ. Алгоритм действия АВР линии. Схемы исполнения АВР с использованием микропроцессорной техники [1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 1.13, 1.15, 1.16, 1.17, 1.18].

Тема 6. АВР резервного трансформатора. Алгоритм действия АВР трансформатора. Схемы исполнения АВР с использованием микропроцессорной техники [1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 1.13, 1.15, 1.16, 1.17, 1.18].

Тема 7. АВР на секционном выключателе 10 кВ ГПП и секционном выключателе 0,38 кВ цеховой ТП. Алгоритм действия АВР секционного выключателя

ГПП. Особенности исполнения АВР ГПП при наличии высоковольтных двигателей. Алгоритм действия АВР секционного выключателя ТП [1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 1.13, 1.15, 1.16, 1.17, 1.18].

Тема 8. АВР в сетях напряжением до 1 кВ (на автоматических выключателях, магнитных пускателях и микропроцессорной технике). Алгоритм действия АВР [1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 1.13, 1.15, 1.16, 1.17, 1.18].

Вопросы для подготовки к семинарскому занятию и контрольной работе 2.

1. Для электроприемников каких категорий по надежности электроснабжения выполняется АВР?

2. Поясните особенности организации АВР для электроприемников 1-й категории и особой группы 1-й категории по надежности электроснабжения. Описать порядок работы схем.

3. Поясните назначение, организацию и алгоритм действия АВР на секционном выключателе на стороне НН подстанции 110/10 кВ при наличии электродвигателей напряжением 10 кВ (рассмотреть отдельно для синхронных и асинхронных двигателей) при повреждении питающей линии 110 кВ.

4. Какие процессы протекают в электрической сети напряжением 10 кВ, от которой питаются электродвигатели, после АВР секционного выключателя ПС 110/10 кВ? Какие технические мероприятия могут быть применены для устойчивой работы электрической сети? Нарисуйте алгоритм действия.

5. Каковы особенности АВР в схемах с синхронными двигателями напряжением 10 кВ? Каковы особенности работы (отключения и включения) СД на выбеге при потере питания? Тоже самое рассмотреть для асинхронных двигателей.

6. Каковы особенности АПВ линии напряжением 110 кВ двухтрансформаторной ПС 110/10 кВ при наличии на стороне НН АВР секционного выключателя?

7. Описать особенности и область применения следующих видов информации, используемой для пуска АВР:

- напряжение сети;
- несоответствие положений выключателя ключа его управления;
- изменение частоты напряжения в отключившейся сети;
- направления активной или реактивной мощности;
- угла между фазами напряжений двух секций сборных шин.

8. В каких случаях в качестве пусковой информации для начала действия АВР используется понижение частоты? Пояснить суть.

9. В каких случаях в качестве пусковой информации для начала действия АВР используется направление активной мощности? Пояснить суть.

10. В каких случаях в качестве пусковой информации для начала действия АВР используется разность углов между векторами напряжений на двух секциях сборных шин? Пояснить суть.

11. Поясните назначение АВР секционного выключателя на стороне НН трансформаторной подстанции напряжением 10/0,4 кВ.

12. Поясните назначение, организацию и алгоритм действия АВР на секционной выключателе на стороне НН трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ при повреждении питающей линии 10 кВ.

13. Какие процессы протекают в электрической сети, от которой питаются электродвигатели, после действия АВР секционного выключателя ТП 10/0,4 кВ? Нарисуйте алгоритм действия АВР.

14. Для чего и как выполняется согласование АВР на ПС 110/10 кВ и АВР на ТП? ТП? Какие последствия может вызвать отсутствие такого согласования?

15. Что такое АВР одностороннего и двухстороннего действия? В каких случаях используется тот или иной вид АВР? Приведите конкретные примеры и схемы. Нарисуйте алгоритм действия таких АВР.

16. Что такое «холодный» и «горячий» резерв, используемые при АВР на подстанциях? С использованием схем, рассмотрите конкретные примеры.

17. Проведите технико-экономическое сопоставление холодного и горячего резерва при АВР трансформаторов. Покажите область их применения.

18. Поясните принципы организации АВР в распределительных сетях напряжением 380 В, например на РПН, от которого питаются потребители разных категорий по надежности электроснабжения. Нарисуйте алгоритм действия АВР.

19. Опишите конструктивное исполнение, характеристики и работу магнитного пускателя.

20. При каком напряжении происходит включение и отключение магнитного пускателя? Как эти свойства используются при АВР сети напряжением 380В?

21. Опишите алгоритм действия АВР, выполненной на магнитных пускателях, в электрической сети напряжением 380 В:

– для одной секции сборных шин, которая может получать питание от двух источников;

– для двух секций сборных шин с двумя источниками питания.

22. Поясните на примерах, используя схемы, разницу между АПВ и АВР воздушных линий. Сопоставьте алгоритмы действия АПВ и АВР линий.

23. Поясните на примерах, используя схемы, разницу между АПВ и АВР трансформаторов. Сопоставьте алгоритмы действия АПВ и АВР трансформаторов.

24. Поясните на примерах, используя схемы, разницу между АПВ и АВР электродвигателей. Сопоставьте алгоритмы действия АПА и АВР двигателей.

Контрольная работа 2. Автоматический ввод резерва.

Семинар 3. Автоматическая частотная разгрузка. Автоматическая разгрузка по току.

Тема 9. Автоматическая частотная разгрузка. Частотное АПВ после АЧР. Алгоритмы действия устройств АЧР и ЧАПВ. Согласование действия устройств АПВ, АВР, АЧР [1.4, 1.5, 1.6, 1.10, 1.11, 1.15, 1.16, 1.17, 2.1–2.5].

Тема 10. АРТ трансформаторов напряжением 110/10 кВ, в том числе на основе устройств компании Schneider Electric или других компаний. Алгоритм действия устройств АРТ трансформаторов [1.4, 1.5, 1.6, 1.10, 1.11, 1.15, 1.16, 1.17, 2.1–2.5].

Тема 11. АРТ кабельных и воздушных линий, в том числе на основе устройств компании Schneider Electric или других компаний. Алгоритм действия устройств АРТ линий [1.4, 1.5, 1.6, 1.10, 1.11, 1.15, 1.16, 1.17, 2.1–2.5].

Вопросы для подготовки к семинарскому занятию и контрольной работе 3.

1. Баланс генерируемой и потребляемой активной мощности в энергосистеме и его влияние на частоту переменного тока. «Лавина частоты» и «лавина напряжения» – качественная и количественная оценка развивающихся процессов. Причины возникновения дефицита активной мощности. Опишите алгоритмы развития процессов «лавина частоты» и «лавина напряжения».

2. Требования ГОСТ 13109 к частоте электрической сети.

3. Автоматическая частотная разгрузка: назначение; организация; категории разгрузки. Количественная и качественные характеристики категорий АЧР1, АЧР2. Категории электроприемников по надежности электроснабжения, отключаемые АЧР разных очередей. Алгоритм действия устройств АЧР.

4. Частотное автоматическое повторное включение: назначение, организация. Алгоритм действия устройств АЧР и ЧАПВ.

5. Согласование действия устройств АПВ, АВР с действием устройств АЧР: технический смысл указанного согласования.

6. При каких частотах начинают действовать АЧР1 и АЧР2? Какие уставки по частоте и времени имеют АЧР1 и АЧР2?

7. Каково назначение действия АЧР1 и каково назначение действия АЧР2?

8. С какой мощности предприятия (или подстанции) начинает применяться АЧР?

9. Поясните суть частотного автоматического повторного включения и порядок его действия.

10. Аварийные и послеаварийные перегрузки силовых трансформаторов напряжением 110/10 и 10/0,4 кВ: возможные ситуации возникновения перегрузок; допустимые перегрузки и влияние допустимого токового перегруза на нагрев обмоток трансформатора (с охлаждением маслом, негорючей жидкостью или сухим) и трансформаторного масла (согласно требованиям нормативных документов); тепловая модель трансформатора. Виды защит и устройства автоматики, обеспечивающие автоматическую разгрузку по току (АРТ) силовых трансформаторов: общие принципы построения и работа.

11. Какие перегрузки допускают трансформаторов с масляным и воздушным охлаждением?

12. К каким последствиям приводят перегрузки трансформаторов, кабельных и воздушных линий?

13. Что такое «тепловая» модель трансформатора (кабеля), используемая при автоматической разгрузке по току? Пояснить на примере функции 49RMS устройства защиты Seram. Алгоритм действия устройства.

14. Аварийные и послеаварийные перегрузки кабельных и воздушных линий: возможные ситуации возникновения перегрузок; допустимые токовые перегрузки и их влияние на нагрев кабелей с различными видами (бумажной, полихлорвиниловой и из сшитого полиэтилена) фазной и междуфазной изоляции (согласно требованиям нормативных документов); допустимые перегрузки и их влияние на нагрев проводов воздушных линий, последствия. Виды защит и устройства автоматики, обеспечивающие автоматическую разгрузку по току (АРТ) кабельных и воздушных линий: общие принципы построения и работа. Алгоритм действия устройств АРТ кабельных линий.

Контрольная работа 3. Автоматическая частотная разгрузка. Автоматическая разгрузка по току.

Семинар 4. Автоматическое регулирование напряжения.

Тема 12. Причины, вызывающие возникновение отклонения напряжения и колебаний напряжения. Влияние отклонения напряжения на работу электроприемников. Направления регулирования напряжения [1.4, 1.5, 1.6, 1.10, 1.11, 1.15, 1.16, 1.17, 3.1–3.5].

Тема 13. Регулирование напряжения электрической сети с помощью силовых трансформаторов напряжением 110/10 и 10/0,4 кВ. РПН фирм АВВ, Siemens и др. [1.4, 1.5, 1.6, 1.10, 1.11, 1.15, 1.16, 1.17, 3.1–3.5].

Тема 14. Схемы исполнения автоматических регуляторов напряжения с использованием микропроцессорной техники. Алгоритм действия устройства АРН [1.4, 1.5, 1.6, 1.10, 1.11, 1.15, 1.16, 1.17, 3.1–3.5].

Вопросы для подготовки к семинарскому занятию и контрольной работе 4.

1. Какие причины могут вызывать отклонения напряжения? С какими видами электроприемников или производств связаны отклонения напряжения? Количественная оценка отклонения напряжения, как показателя качества электроэнергетики.

2. Какие причины могут вызывать колебания напряжения? С какими видами электроприемников или производств связаны колебания напряжения? Количественная оценка колебаний напряжения, как показателя качества электроэнергетики.

3. Охарактеризовать влияние активной и реактивной мощности на отклонения и колебания напряжения в электрической сети. Падение напряжения и потеря напряжения в электрической сети.

4. Зависимость напряжения в конце питающей линии от величины передаваемой по питающей линии реактивной мощности; статические характеристики. Пояснения дать с использованием электрической схемы, соответствующих уравнений и векторной диаграммы.

5. Зависимости напряжения от величины мощности источников реактивной мощности, подключаемых в конце питающей линии; статические характеристики. Пояснения дать с использованием электрической схемы и векторной диаграммы.

6. Влияние отклонения напряжения на работу асинхронных двигателей. Зависимость вращающего момента АД от питающего напряжения. Опасность повышенного напряжения на работу и надежность АД.

7. Влияние отклонения напряжения на работу следующих электроприемников ЭЭ: электротермических установок, электросварочных установок, освещения.

8. Регулирование напряжения в системах электроснабжения с помощью силовых трансформаторов напряжением 110/10 кВ. Алгоритм действия регулирования напряжения.

9. Регулирование напряжения в системах электроснабжения с помощью силовых трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ. Алгоритм действия регулирования напряжения.

10. Регулирование напряжения в системах электроснабжения с помощью вольтодобавочных трансформаторов. Алгоритм действия регулирования напряжения.

11. Регулирование напряжения в системах электроснабжения с помощью статических конденсаторов, синхронных двигателей и компенсаторов. Области применения указанных источников реактивной мощности.

12. Силовые трансформаторы с регулируемым коэффициентом трансформации под нагрузкой (РПН): особенности построения и работы переключающих устройств, использующих активные и индуктивные гасительные элементы.

13. Принципы автоматического регулирования напряжения под нагрузкой; общее построение системы регулирования напряжения; используемая информация; объяснение работы системы с использованием осциллограммы напряжения. Для чего в АРН перед переключением РПН ответвления трансформатора вводится выдержка времени. Алгоритм действия регулирования напряжения с помощью устройства АРН.

Семинар 5. Автоматическое регулирование реактивной мощности.

Тема 15. Взаимосвязь компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения сети. Технические средства компенсации реактивной мощности, обеспечивающие регулирование напряжения [1.4, 1.5, 1.6, 1.10, 1.11, 1.15, 1.16, 1.17, 3.1–3.5].

Тема 16. Принципы регулирования мощности БК. Алгоритмы действия устройств, реализующих разные принципы. Схемы исполнения регуляторов с использованием микропроцессорной техники [1.4, 1.5, 1.6, 1.10, 1.11, 1.15, 1.16, 1.17, 3.1–3.5].

Тема 17. Использование синхронных компенсаторов и синхронных двигателей для автоматического регулирования напряжения и автоматического регулирования компенсации реактивной мощности. Алгоритмы действия автоматических устройств, обеспечивающих регулирование напряжения и реактивной мощности с помощью СК и СД [1.4, 1.5, 1.6, 1.10, 1.11, 1.15, 1.16, 1.17, 3.1–3.5].

Тема 18. Использование быстродействующих источников реактивной мощности для устранения колебаний напряжения, например в системах электроснабжения прокатных станов, дуговых сталеплавильных печей. Алгоритмы действия автоматических устройств, обеспечивающих регулирование напряжения реактивной мощности с помощью ИРМ [1.4, 1.5, 1.6, 1.10, 1.11, 1.15, 1.16, 1.17, 3.1–3.5].

Вопросы для подготовки к семинарскому занятию и контрольной работе № 4.

14. Годовые приведенные затраты на компенсацию реактивной мощности. Экономическая эффективность компенсации реактивной мощности: снижение потерь активной мощности; снижение потерь напряжения; увеличение пропускной способности.

15. Способы компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторных установок: централизованная, групповая, индивидуальная. Пояснения дать с использованием схем замещения и аналитических соотношений.

16. Способы автоматического регулирования мощности конденсаторных батарей (общие принципы и оценка эффективности): в функции напряжения; по току нагрузки; по времени суток – суточному графику. Алгоритмы действия автоматических устройств, реализующих разные принципы.

17. Способы автоматического регулирования мощности конденсаторных батарей (общие принципы и оценка эффективности): по углу между напряжением сети и током нагрузки; комбинированные методы. Алгоритмы действия автоматических устройств, реализующих разные принципы.

18. Автоматические регуляторы реактивной мощности: общее построение системы регулирования; реализуемые принципы регулирования, используемая информация; объяснение работы.

19. Почему при регулировании мощности конденсаторных батарей используется соотношение мощностей отдельных групп конденсаторов 1:2:4, а не соотношение 1:1:1?

20. Использование СД и СК для компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения. Алгоритмы действия автоматических устройств, обеспечивающих регулирование напряжения и реактивной мощности с помощью СК и СД. Конструктивные особенности СД и СК, характерные режимы работы, количественные показатели регулирования реактивной мощности.

21. Использование быстродействующих источников РМ для компенсации колебаний напряжения: характерные графики нагрузок, вызывающих колебания напряжения; количественная характеристика изменения потребляемой РМ и колебаний напряжения. Алгоритмы действия автоматических устройств, обеспечивающих регулирование напряжения реактивной мощности с помощью ИРМ.

22. Статические источники реактивной мощности прямого действия: принципы построения и характеристики, оценка влияния на электрическую сеть (реактивная мощность, колебания напряжения), области применения (назвать виды производств).

23. Статические источники реактивной мощности косвенного действия: принципы построения и характеристики, оценка влияния на электрическую сеть (реактивная мощность, колебания напряжения), области применения (назвать виды производств).

24. Приведите сопоставление источников реактивной мощности, используемых для компенсации отклонений и колебаний напряжения. Приведите характеристики изменения мощности потребителей и ИРМ.

Контрольная работа 4. Автоматическое регулирование напряжения. Автоматическое регулирование реактивной мощности.

Семинар 6. Управление системой электроснабжения электросетевого предприятия (СЭС ЭСП).

Тема 19. Автоматическое управление системой электроснабжения электросетевого предприятия (промышленного предприятия): основные цели; управление коммутационными аппаратами СЭС; регулирование электропотребления; управление электротехнологическими процессами [1.4, 1.5, 1.12, 1.13, 1.16].

Тема 20. Автоматическое управление системой электроснабжения электросетевого предприятия: управление подстанцией напряжением 110–220 кВ, распределительными пунктами напряжением 10 кВ и трансформаторными подстанциями 6–10/0,4 кВ распределительных сетей. Диспетчерский пункт управление системой электроснабжения [1.4, 1.5, 1.12, 1.13, 1.16].

Тема 21. Микропроцессорные регистраторы аварийных ситуаций: регистрация аварийных токов и напряжений сети. Анализ развития аварийных ситуаций с использованием информации, получаемой регистраторами. Системы диагностики состояния оборудования СЭС: цели, задачи, функции [интернет: зарубежные и отечественные разработки].

Вопросы для подготовки к семинарскому занятию и контрольной работе 5.

1. Раскройте понятие «Система электроснабжения электросетевого предприятия»; факторы, влияющие на нормальное функционирование СЭС; в чем заключается необходимость управления СЭС.

2. Что такое телемеханика? Какие устройства входят в состав телемеханики, какие основные функции они выполняют?

3. Что представляет собой диспетчерский пункт электросетевого предприятия? Его назначение и функции.

4. Раскройте понятия: система телесигнализации, система телеизмерения. Каково назначение указанных систем и какие функции они выполняют? Привести характерные примеры.

5. Раскройте понятия: система телеуправления, система телерегулирования. Каково назначение указанных систем и какие функции они выполняют? Привести характерные примеры.

6. Раскройте понятия: сигнализация положения, предупредительная сигнализация, аварийная сигнализация, индивидуальная сигнализация, участковая сигнализация, централизованная сигнализация.

7. Что понимается под управлением подстанциями напряжением 110/10 кВ? Раскройте понятия автоматического и оперативного управления оборудованием подстанций с приведением примеров.

8. Что понимается под управлением распределительными сетями напряжением 0,38–6–10 кВ (РП-10 кВ, ТП 6–10/0,4 кВ)? Раскройте понятия автоматического и оперативного управления оборудованием подстанций с приведением примеров.

9. С использованием каких технических средств (какими способами) могут быть выполнены каналы связи между диспетчерским пунктом электросетевого предприятия и подстанциями напряжением 110/10 кВ? Привести характерные примеры.

10. Поясните назначение автоматизированной системы управления системой электроснабжения (АСУ СЭС) электросетевого предприятия. Какие функции выполняет АСУ СЭС электросетевого предприятия? Раскройте их.

11. Какова структура построения АСУ СЭС электросетевого предприятия? Раскройте понятие иерархии АСУ СЭС (пять уровней иерархии).

12. Охарактеризуйте первые два нижних уровня иерархии АСУ СЭС. Какие технические системы и устройства относятся к этим уровням. Какие функции они выполняют?

13. Охарактеризуйте третий и четвертый уровни иерархии АСУ СЭС. Какие технические системы и устройства относятся к этим уровням, какие функции они выполняют?

14. Охарактеризуйте пятый высший уровень иерархии АСУ СЭС. Какие технические системы и устройства относятся к этому уровню, какие функции они выполняют?

15. На примере устройств компании Schneider Electric в общем виде охарактеризуйте построение АСУ распределительных сетей напряжением 0,38–10 кВ (РП, ТП). Какие функции эта АСУ выполняет?

16. На примере устройств компании Schneider Electric в общем виде охарактеризуйте построение АСУ подстанциями напряжением 110/10 кВ. Какие функции эта АСУ выполняет?

17. Каково назначение регистраторов аварийных ситуаций? Покажите на конкретном примере как проводится анализ (разбор) возникшей аварийной ситуации.

18. Как работают регистраторы аварийных ситуаций, какие параметры они могут фиксировать? Приведите характерные примеры.

19. Дайте понятие общей структуры иерархической системы передачи аварийной информации с нижних уровней на высшие (с ПС на ДП ЭСП, далее в МРСК и ФСК «ЕЭС»).

Контрольная работа 5. Управление системой электроснабжения электросетевого предприятия.

Семинар 7. Управление режимами нейтрали электрических сетей.

Тема 22. Режимы нейтрали электрических сетей напряжением 0,38–6–10–35–110 кВ [1; 1.4, 1.5, 4.1, 4.2].

Тема 23. Характерные режимы работы компенсированной сети и его характеристики, используемые для автоматической настройки дугогасящих реакторов. Типы дугогасящих реакторов [1; 1.4, 1.5, 4.1, 4.2].

Тема 24. Автоматическая настройка дугогасящих реакторов с использованием фазовых и экстремальных характеристик компенсированной сети. Алгоритмы

действия устройств автоматической настройки ДР. Способы создания искусственной несимметрии [1; 1.4, 1.5, 4.1, 4.2].

Тема 25. Резистивное заземление нейтрали. Режимы работы электрической сети с резистивным заземлением нейтрали при ОЗЗ, характеристики. Виды резисторов и их характеристики. Особенности построения защиты от ОЗЗ при данном режиме нейтрали [1; 1.4, 1.5, 4.1, 4.2].

Вопросы для подготовки к семинарскому занятию № 7 и контрольной работе № 6.

1. Охарактеризуйте режим нейтрали электрической сети напряжением 380 В. Какие устройства ликвидируют однофазные короткие замыкания и какие восстанавливают нормальный режим работы сети? Достоинства и недостатки рассмотренного режима нейтрали.

2. Охарактеризуйте режим изолированной нейтрали электрической сети напряжением 6–10 кВ. Какие устройства реагируют на однофазные замыкания на землю и каким образом ликвидируется ненормальная состояние сети? Достоинства и недостатки рассмотренного режима нейтрали.

3. Охарактеризуйте режим резистивно заземлённой нейтрали электрической сети напряжением 6–10 кВ. Какие устройства реагируют на однофазные замыкания на землю и каким образом ликвидируется ненормальная состояние сети? Достоинства и недостатки рассмотренного режима нейтрали.

4. Охарактеризуйте неселективную и селективную сигнализацию однофазных замыканий на землю в электрической сети с изолированной нейтралью напряжением 6-10 кВ. Какие устройства и как реагируют на однофазные замыкания на землю?

5. Охарактеризуйте режим резистивно заземлённой нейтрали электрической сети напряжением 6–10 кВ. Какие два вида резисторов применяются для заземления нейтрали и каким образом ликвидируется ненормальная состояние сети? Достоинства и недостатки рассмотренного режима нейтрали.

6. Охарактеризуйте нормальный режим работы электрической сети с компенсированной нейтралью напряжением 6–10 кВ. Какие устройства реагируют на однофазные замыкания на землю и каким образом они выявляются? Достоинства и недостатки рассмотренного режима нейтрали.

7. Охарактеризуйте режим однофазного замыкания на землю электрической сети с компенсированной нейтралью напряжением 6–10 кВ. Какие устройства реагируют на однофазные замыкания на землю и каким образом они выявляются? Достоинства и недостатки рассмотренного режима нейтрали.

8. Охарактеризуйте нормальный режим работы электрической сети с компенсированной нейтралью напряжением 6–10 кВ. Какие характеристики компенсированной сети могут быть использованы для настройки дугогасящих реакторов?

9. Опишите фазовые характеристики компенсированной сети, используемые для автоматической настройки дугогасящих реакторов.

10. Опишите алгоритм автоматической настройки дугогасящего реактора с подмагничиванием в резонанс с ёмкостью сети с использованием фазовых характеристик.

11. Опишите алгоритм автоматической настройки плунжерного дугогасящего реактора в резонанс с ёмкостью сети с использованием фазовых характеристик.

12. Опишите и нарисуйте конструкцию дугогасящего реактора с подмагничиванием. Изменением каких параметров реактора обеспечивается регулирование его индуктивности? Нарисуйте регулировочную характеристику.

13. Опишите и нарисуйте конструкцию плунжерного дугогасящего реактора. Изменением каких параметров реактора обеспечивается регулирование его индуктивности? Нарисуйте регулировочную характеристику.

14. Охарактеризуйте электрическую сеть с компенсированной нейтралью. Опишите характерные режимы работы. Дайте достоинства и недостатки рассмотренного режима нейтрали.

15. Охарактеризуйте режим нейтрали электрической сети напряжением 110 кВ. Какие устройства ликвидируют однофазные короткие замыкания и какие восстанавливают нормальный режим работы сети? Достоинства и недостатки рассмотренного режима нейтрали.

Контрольная работа 6. Управление режимами нейтрали электрических сетей.

2.3.4. Темы дополнительных рефератов

1. Причины возникновения аварии в энергосистеме, питающей г. Москва, 25.05.2005 г.

2. Причины возникновения аварии в энергосистеме, питающей г. Санкт-Петербург, 20.08.2010 г.

3. Крупнейшие аварии в энергосистемах за рубежом и причины их возникновения.

4. Современная нормативная база и её изложение по автоматическому повторному включению.

5. Современная нормативная база и её изложение по автоматической частотной разгрузке.

6. Современная нормативная база и её изложение по автоматическому вводу резерва.

7. Современная нормативная база и её изложение по автоматическому регулированию напряжения.

8. Современная нормативная база и её изложение по компенсации реактивной мощности.

9. Современная нормативная база и её изложение по управлению системами электроснабжения.

10. Процессы, протекающие в энергосистеме и вызывающие снижение частоты; «лавина частоты». Мероприятия, обеспечивающие восстановление частоты; понятие АЧР.

11. Причины, вызывающие возникновение отклонения напряжения и колебаний напряжения. Влияние отклонения напряжения на работу электроприемников. Направления регулирования напряжения.

12. Современные устройства автоматического регулирования напряжения под нагрузкой.

13. Современные устройства РПН силовых трансформаторов, в частности, выпускаемые зарубежными фирмами.

14. Использование быстродействующих источников реактивной мощности для устранения колебаний напряжения, например в системах электроснабжения прокатных станов, дуговых сталеплавильных печей.

15. Системы автоматического регулирования возбуждения для синхронных двигателей и синхронных компенсаторов.

16. Современные синхронные компенсаторы, как устройства для компенсации колебаний напряжения электрической сети (мощность, скорость изменения реактивной мощности и др. параметры); области применения.

17. Современные устройства регулирования высоковольтных конденсаторных батарей напряжением 6–10 кВ и автоматическое управление ими.

18. Современные статические источники реактивной мощности, используемые для компенсации колебаний напряжения электрической сети (мощность, скорость изменения реактивной мощности и др. параметры); области применения.

19. Характерные режимы работы компенсированной сети и его характеристики, используемые для автоматической настройки дугогасящих реакторов.

20. Современные дугогасящие реакторы и автоматические регуляторы, выпускаемые отечественной промышленностью.

21. Автоматическая настройка дугогасящих реакторов с использованием фазовых характеристик сети.

22. Резистивное заземление нейтрали. Суть, достоинства и недостатки. Области применения. Используемые резисторы. Автоматическое управление режимом работы сети с резистивным заземлением нейтрали при возникновении ОЗЗ.

23. Организация управления подстанциями напряжением 110–220 кВ и распределительными сетями напряжением 10 кВ. Диспетчерский пункт, линии связи, контролируемый объект (подстанция).

24. Автоматизированные системы управления системой электроснабжения в нормальном режиме её работы.

25. Функции системы телемеханики: телесигнализация (сигнализация положения, предупредительная, аварийная, индивидуальная, участковая, центральная сигнализации), телеизмерение, телеуправление, телерегулирование.

26. Автономные источники питания и использование их для АВР.

27. Организация управления подстанциями напряжением 110–220/10 кВ.

28. Автоматизированные системы управления системами электроснабжения

29. Телемеханика систем электроснабжения.
30. Возможности современных микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики – объединение в одном устройстве функций РЗ, ПА, управления СЭС, измерения, учёта электроэнергии и др.
31. Умные электрически сети.

Библиографический список

1. Общая литература.

- 1.1. Правила устройства электроустановок. 7-е издание, переработанное и дополненное, с изменениями. – М.: БЮРО ДИЗАЙН, 2003. – 726 с.
- 1.2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации / Минэнерго России. – М.: СПО ОРГРЭС, 2003. – 320 с.
- 1.3. Правила эксплуатации электроустановок потребителей. 5-е изд. – М.: Главгосэнергонадзор России, 2003. – 286 с.
- 1.4. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 5: Автоматизация систем электроснабжения: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 105 с. (электронный вариант).
- 1.5. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов. 4-е изд. перераб. и доп. / В.А. Андреев. – М.: Высшая школа, 2006. – 639 с.
- 1.6. Овчаренко Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: Учебник для вузов / Под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. – 504 с.
- 1.7. Овчаренко, Н.И. Элементы автоматических устройств энергосистем: Учебник для вузов. В 2-х кн. / Н.И. Овчаренко. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 256 с.
- 1.8. Автоматизация энергосистем. Учебник для вузов / Н.И. Овчаренко; под ред. А.Ф. Дьякова. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 476 с.
- 1.9. Дьяков, А.Ф. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. Учебное пособие для вузов / А.Ф. Дьяков, Н.И. Овчаренко. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 336 с.
- 1.10. Беркович, М.А. Автоматика электроэнергетики / М.А. Беркович, В.Л. Гладышев, В.А. Семенов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 240 с.
- 1.11. Соскин, Э.А. Автоматизация управления промышленным электроснабжением / Э.А. Соскин, Э.А. Киреева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 384 с.
- 1.12. Окин, А.А. Противоаварийная автоматика энергосистем / А.А. Окин. – М.: Изд-во МЭИ, 1995. – 212 с.
- 1.13. Окин, А.А. Противоаварийное управление в ЕЭС России / А.А. Окин, В.А. Семенов Под. ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Изд-во МЭИ, 1996. – 153 с.

1.14. Кривенков, В.В. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебное пособие для вузов / В.В. Кривенков, В.Н. Новелла. – М.: Энергоиздат, 1981. – 328 с.

1.15. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. Т.1 Электроснабжение / Под общей ред. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 568 с.

1.16. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.

1.17. Электротехнический справочник: В 4 т. Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. А.И. Попов). – 8-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 964 с.

1.18. Шабад, М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей / М.А. Шабад. – СПб.: ПЭИПК, 2010. – 350 с.

1.19. СТО ЮУрГУ 17-2008 Стандарт организации. Учебные рефераты. Общие требования к построению, содержанию и оформлению. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 40 с.

2. Автоматическая частотная разгрузка. Автоматическая разгрузка по току.

2.1. Александров, В.Ф. Частотная разгрузка в энергосистемах. Ч.1: Алгоритмы и устройства / В.Ф. Александров, В.Г. Езерский, О.Г. Захаров, В.С. Малышев. – М.: НТФ Энергопрогресс, 2007. – 100 с.

2.2. Александров, В. Ф. Частотная разгрузка в энергосистемах. Ч.2: Аварийные режимы и уставки / В.Ф. Александров, В.Г. Езерский, О.Г. Захаров, В.С. Малышев. – М.: НТФ Энергопрогресс, 2007. – 76 с.

2.3. Павлов, Г.М. Аварийная частотная разгрузка энергосистем: Учебное пособие / Г.М. Павлов, А.Г. Меркурьев – С. Петербург: Северо-Западный филиал АО «ГВЦ Энергетики» РАО «ЕЭС России», 1998. – 52 с.

2.4. Технические правила организации в ЕЭС России автоматического ограничения снижения частоты при аварийном дефиците активной мощности (автоматическая частотная разгрузка) / Стандарт ОАО "СО-ЦДУ ЕЭС", 2004.

3. Автоматическое регулирование напряжения. Автоматическое регулирование реактивной мощности.

3.1. Карташов, И.И. Управление качеством электроэнергии / И.И. Карташов, В.Н. Тульский, Р.Г. Шаламов, А.Ю. Воробьев; Под ред. Ю.В. Шарова. – М.: Изд-во МЭИ, 2006. – 319 с.

3.2. Хохлов, Ю.И. Энергосберегающая энергетическая электроника в системах электроснабжения. Часть 1: Устройства с нулевой кратностью преобразования частоты / Ю.И. Хохлов. – Челябинск: ЮУрГУ, 2006. – 230 с.

3.3. Зиновьев, Г.С. Основы силовой электроники: Учеб. пособие. – Изд. 3-е испр. и доп. / Г.С. Зиновьев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – 672 с.

3.4. Статические компенсаторы для регулирования реактивной мощности / Под ред. Р.М. Магура: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат 1987. – 160 с.

3.5. Карташев, И.П. Статические компенсаторы активной мощности в энергосистемах / И.П. Карташев, В.И. Чехов. – М.: Изд-во МЭИ, 1990. – 68 с.

4. Автоматическое управление режимами нейтрали электрических сетей напряжением 6–10–35 кВ.

4.1. Петров, О.А. Режимы нейтрали электрических сетей систем электроснабжения промышленных предприятий: Учебное пособие для студентов-заочников / О.А. Петров, А.М. Ершов. – Челябинск: ЧПИ, 1990. – 67 с.

4.2. Петров, О.А. Автоматизация систем электроснабжения. Ч.2: Учебное пособие для студентов специальности 0303 / О.А. Петров. – Челябинск: ЧПИ. 1982. – 49 с.

5. Автоматизация электротермических установок.

5.1. Свенчанский, А.Д. Электроснабжение и автоматизация электротермических установок / А.Д. Свенчанский, З.Л. Трейзон, Л.А. Мнухин. – М.: Энергоатомиздат, 1980. – 319 с.

5.2. Кручинин, А.М. Автоматическое управление электротермическими установками: Учебник для вузов / А.М. Кручинин, К.М. Махмудов, Ю.М. Миронов, В.П. Рубцов; Под ред. А.Д. Свенчанского. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 416 с.

5.3. Электрооборудование и автоматика электротермических установок: Справочник / Под ред. А.П. Альтгаузена, М.Д. Бершицкого, М.Я. Смелянского и В.М. Эдемского. – М.: Энергия, 1978. – 304 с.