Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Начальник УРОПСП

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
ФГБОУ ВО «КГТУ»
СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП
Сертификат:
01ff058c007bae2c8149e7712c28ce8469
Владелец: Мельникова Виктория Александровна
Действителен: с 18.04.2022 по 18.04.2023

Фонд оценочных средств
(приложение к рабочей программе модуля)

«РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

основной профессиональной образовательной программы бакалавриата
по направлению подготовки

13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ИНСТИТУТ	Морских технологий, энергетики и строительства
РАЗРАБОТЧИК	Кафедра энергетики

1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
ПКС-4 Способен определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности	ПКС-4.4 Понимает, как определять параметры оборудования релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем	*Знать:* - виды повреждений и ненормальных режимов объектов энергосистемы на уровне их математического описания; - особенности процесса производства, передачи и распределения электроэнергии; - проблемы обеспечения статической устойчивости параллельной работы электрических станций в установившимся нормальном и послеаварийном режимах и необходимости сохранения динамической устойчивости при электромагнитных и электромеханических переходных процессов в аварийном режиме; - историю развития, область применения и инновационные тенденции совершенствования средств релейной защиты и противоаварийной автоматики электрических станций и подстанций; современные методы научных исследований в области релейной защиты и противоаварийной автоматики; - принципы построения релейной защиты и противоаварийной автоматики электрических станций и подстанций;

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
			- физические явления в аппаратах релейной защиты и автоматики и основы теории их функционирования; - элементную базу, характеристики, эксплуатационные требования и регулировочные свойства современных средств релейной защиты и противоаварийной автоматики электрических станций и подстанций; - структурные и упрощённые принципиальные схемы основных типов систем релейной защиты и противоаварийной автоматики электрических станций и подстанций; - принципы построения и функционирования устройств: автоматического пуска и включения на параллельную работу синхронных генераторов, автоматического регулирования частоты и активной мощности синхронных генераторов (АРЧМ, ГРАМ), автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности синхронных генераторов и в электрических сетях (АРВ, АРН, ГРАРМ), определения мест повреждения ЛЭП (ОМП), автоматики предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ), автоматики ликвидации асинхронного режима (АЛАР); - принципы ближнего и дальнего резервирования, а

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
			также устройства резервирования отказа выключателя (УРОВ); - эксплуатационную эффективность устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики; - основные существующие прикладные программные средства, применяемые для расчета параметров и выбора устройств электротехнического и электроэнергетического оборудования; - основные нормативные документы, применяемые при комплексном проектировании подсистем релейной защиты и противоаварийной автоматики электроэнергетических систем; - основные требования на составление технических заданий на разработку комплексов релейной защиты и противоаварийной автоматики; *Уметь:* - применять электромеханические, электронные и микропроцессорные средства релейной защиты и автоматики для контроля значений электрических величин с целью защиты электроэнергетических объектов; - использовать современные информационные и телекоммуникационные технологии при

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
			проектировании и технологической подготовки производства комплексов релейной защиты и противоаварийной автоматики для повышения надёжности, чувствительности и селективности средств релейной защиты и автоматики; - выбирать и реализовывать эффективные режимы работы средств релейной защиты и автоматики по заданным методикам; - правильно эксплуатировать средства релейной защиты и автоматики энергетических объектов; осуществлять оперативные изменения схем и основных параметров (установок) средств релейной защиты и автоматики в соответствии с требованиями нормативных документов; - выбрать и рассчитать устройства защиты и автоматики для отдельных элементов энергосистемы; - анализировать поведение устройств защиты и автоматики при возникновении аварийной ситуации в энергосистеме; - обосновывать принятые технические решения на основе анализа их технологических, экономических и экологических последствий; - оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемых новых

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
			технологий, электроэнергетических объектов и электротехнических изделий; - представлять результаты исследований в виде отчетов, рефератов, научных публикаций и на публичных обсуждениях; - проводить поиск по источникам патентной информации, определять патентную чистоту разрабатываемых объектов техники; *Владеть:* - методами расчёта параметров и характеристик средств релейной защиты и противоаварийной автоматики; - навыками применения современных компьютерных технологий для получения информации в сфере релейной защиты и автоматизации систем электроснабжения; - методиками проектирования средств релейной защиты и противоаварийной автоматики; - навыками работы со справочной литературой и нормативно-техническими материалами; - навыками проведения стандартных испытаний и регулировки средств релейной защиты и противоаварийной автоматики; - навыками практического составления технических заданий на проектирование комплексов релейной защиты

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
			и противоаварийной автоматики электрических станций и подстанций

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания;
- контрольные вопросы по темам лабораторных работ (для студентов очной формы обучения);
- задания по контрольной работе (для студентов заочной формы обучения);
- задания по темам практических занятий.

2.3 Промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета (зачета с оценкой) проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости.

3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

3.1 Тестовые задания используются для оценки освоения тем дисциплины студентами. Тестирование обучающихся проводится на занятиях после изучения на лекциях соответствующих разделов. В приложении № 1 приведены типовые тестовые задания. По итогам выполнения тестовых заданий оценка выставляется по пятибалльной шкале в соответствии с критериями, представленными в таблице 2.

3.2 В приложении № 2 приведены контрольные вопросы по темам лабораторных работ (для студентов очной формы обучения). Целью лабораторного практикума является закрепление знаний и умений, полученных на лекционных и практических занятиях. Оценка результатов выполнения задания по каждой лабораторной работе производится при представлении студентом отчета по лабораторной работе и на основании ответов студента на

вопросы по тематике лабораторной работы. Студент должен продемонстрировать знания, умения и навыки в предметной области дисциплины, в области техники проведения экспериментов и обработки результатов исследований. Результаты выполнения лабораторных работ оцениваются по системе «зачтено / не зачтено» в соответствии с критериями, представленными в таблице 2.

3.3 Задание по контрольной работе (для студентов заочной формы обучения) приведено в приложении № 3. Защита контрольной работы проводится по содержанию работы. В ходе защиты оценивается степень владения студента предметной областью и соответствующим методологическим аппаратом. По итогам выполнения и защиты контрольной работы оценка выставляется по пятибалльной шкале в соответствии с критериями, представленными в таблице 2.

3.4 В приложении № 4 приведены задания по темам практических занятий. Результаты выполнения практических заданий оцениваются по системе «зачтено / не зачтено» в соответствии с критериями, представленными в таблице 2.

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1 Промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета (зачета с оценкой) проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. Контрольные вопросы по дисциплине, которые при необходимости (в случае не прохождения обучающимся всех видов текущего контроля) могут быть использованы для промежуточной аттестации, приведены в приложении № 4. Оценка выставляется по пятибалльной шкале в соответствии с критериями, представленными в таблице 2.

Таблица 2 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок / Критерий	**2**	**3**	**4**	**5**
	0-40%	**41-60%**	**61-80 %**	**81-100 %**
	«неудовлетворительно»	**«удовлетворительно»**	**«хорошо»**	**«отлично»**
	«не зачтено»	**«зачтено»**		
1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект

Система оценок / Критерий	**2**	**3**	**4**	**5**
	0-40%	**41-60%**	**61-80 %**	**81-100 %**
	«неудовлетворительно»	**«удовлетворительно»**	**«хорошо»**	**«отлично»**
	«не зачтено»	**«зачтено»**		
	которых может связывать между собой)			
2 Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3.Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

5 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры энергетики (протокол № 4 от 29.03.2022 г.)

Заведующий кафедрой _____ В.Ф. Белей

Приложение № 1

ТИПОВЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Вариант № 1

1. Назначение релейной защиты и автоматики - это:	
1. Включение резервного оборудования при отказе рабочего	2. Снижение потерь мощности и энергии в электрической сети
3. Повышение качества электроэнергии в электрической сети	4. Повышение надежности электроснабжения потребителей

2. Под устройством релейной защиты подразумевается:	
1. Совокупность устройств, действующих при возникновении аварии или перегрузки оборудования на его отключение или на сигнал	2. Совокупность устройств, осуществляющих регулирование напряжения в электрической сети
3. Совокупность устройств, обеспечивающих устойчивость электроэнергетических систем	4. Совокупность устройств, действующих измерения режимных параметров оборудования электрических сетей

3. Однофазные КЗ происходят в сетях:	
1. С изолированной нейтралью	2. С нейтралью, заземленной через катушку индуктивности
3. С эффективно заземленной нейтралью	4. В сетях 6-35 кВ

4. Ввод дискретных сигналов в цифровые устройства защиты осуществляется с помощью:	
1. Делителей напряжения	2. Преобразователей на основе оптронов
3. Промежуточных трансформаторов	4. Промежуточных контактов

5. Собственное время срабатывания цифровых реле:	
1. Стремится к нулю	2. Такое же, как у их электромеханических аналогов
3. Меньше, чем у их электромеханических аналогов	4. Больше, чем у их электромеханических аналогов

6. Надёжность цифровых устройств релейной защиты:	
1. Такая же, как у их электромеханических аналогов	2. Выше, чем у их электромеханических аналогов
3. Ниже, чем у их электромеханических аналогов	4. Намного выше, чем у их электромеханических аналогов

7. Цифровые устройства обеспечивают:

1. Более высокий коэффициент возврата измерительных органов, чем их электромеханические аналоги	2. Такой же коэффициент возврата измерительных органов, как у их электромеханических аналогов
3. Меньший коэффициент возврата измерительных органов, чем у их электромеханических аналогов	4. Единичный коэффициент возврата измерительных органов

8. Погрешность измерения тока в цифровых реле при насыщении трансформатора тока:	
1. Не зависит от насыщения трансформаторов тока	2. Такая же, как у их электромеханических аналогов
3. Существенно меньше, чем у их электромеханических аналогов	4. Существенно выше, чем у их электромеханических аналогов

9. Реализовать самоконтроль и диагностику цифровых устройств релейной защиты:	
1. Значительно проще, чем у их электромеханических аналогов	2. Значительно труднее, чем у их электромеханических аналогов
3. Цифровые устройства релейной защиты абсолютно надёжны и не нуждаются в самоконтроле и диагностике	4. Сложность реализации самоконтроля и диагностики примерно такая же, как у их электромеханических аналогов

10. Помехозащищённость цифровых защит:	
1. Не зависит от внешних факторов	2. Ниже, чем у их электромеханических аналогов
3. Обеспечивается только при комплексном решении ряда вопросов	4. Обеспечивается за счёт применения специализированных микропроцессоров и АЦП

11. Регулирование напряжения трансформатора:	
1. Повышает чувствительность дифзащиты	2. Снижает чувствительность дифзащиты
3. Заставляет вводить выдержку времени в дифзащиту	4. Не влияет на чувствительность дифзащиты
12. Для трансформатора ток срабатывания дифзащиты с торможением:	
1. Есть величина постоянная	2. Есть величина переменная
3. Определяется параметрами МТЗ трансформатора	4. Зависит от выдержки времени МТЗ трансформатора

13. Погрешность трансформаторов тока:	
1. Растет с увеличением тока	2. Уменьшается с увеличением тока
3. Не изменяется при изменении тока	4. Не имеет значения для релейной защиты

14. Газовая защита трансформатора обычно применяется:	
1. На трансформаторах типа ТМГ	2. На сухих трансформаторах
3. На трансформаторах без расширителя	4. На трансформаторах с расширителем

15. Дифзащита применяется на электродвигателях, начиная с мощности:	
1. 1000 кВт	2. 4000 кВт
3. 4500 кВт	4. 5000 кВт

Вариант № 2

1. Релейная характеристика имеет вид:	
1. Скачкообразный	2. Плавной кривой
3. Синусоидальной кривой	4. Пилообразной кривой

2. В сети с изолированной нейтралью устанавливаются:	
1. Только защиты от междуфазных КЗ	2. Только защиты от однофазных КЗ
3. Защиты от междуфазных и однофазных КЗ	4. Защиты от междуфазных КЗ и однофазных простых замыканий на землю

3. В распределительной сети КЗ:	
1. Грозит нарушением устойчивости	2. Сопровождается протеканием малых токов КЗ
3. Не грозит нарушением устойчивости и сопровождается протеканием больших токов КЗ	4. Сопровождается повышением напряжения в точке КЗ

4. Основной вид защиты в распределительной сети 10кВ:	
1. Дистанционная	2. Дифференциальная
3. Дифференциально-фазная	4. Максимально токовая

5. Токовая отсечка линии без выдержки времени:	
1. Защищает всю линию	2. Защищает всю линию и следующую
3. Защищает только часть линии	4. Защищает ровно 5% длины линии

6. Максимальная токовая защита линии:	
1. Обладает свойством абсолютной селективности	2. Работает всегда неселективно
3. Обладает свойством относительной селективности	4. Работает всегда селективно

7. Максимальная токовая защита и токовая отсечка:	
1. Имеют одинаковый принцип действия	2. Имеют одинаковые зоны действия
3. Имеют одинаковые выдержки времени	4. Обладают свойством абсолютной селективности

8. Ток срабатывания МТЗ отстраивается:	
1. От минимального рабочего тока	2. От максимального рабочего тока
3. От тока КЗ	4. От тока небаланса

9. Ток срабатывания ТО линии отстраивается:	
1. От максимального рабочего тока	2. От тока КЗ в месте установки защиты
3. От минимального тока КЗ в конце защищаемой линии	4. От максимального тока КЗ в конце защищаемой линии

10. Кратность тока КЗ это:	
1. То же, что и чувствительность защиты	2. Отношение тока КЗ к току срабатывания реле
3. Отношение тока КЗ к току срабатывания защиты	4. Отношение тока КЗ к максимальному рабочему току защищаемой линии

11. Дифференциальный ток дифзащиты электродвигателя рассчитывается как:	
1. Сумма абсолютных значений токов	2. Абсолютное значение векторной суммы токов плеч
3. Абсолютное значение алгебраической суммы токов плеч	4. Полусумма абсолютных значений токов плеч

12. Тормозной ток дифзащиты электродвигателя рассчитывается как:	
1. Сумма абсолютных значений токов плеч защиты	2. Абсолютное значение векторной разности токов плеч
3. Полусумма абсолютных значений токов плеч	4. Ток одного плеча

13. Чувствительность токовой отсечки электродвигателя рассчитывается по:	
1. Току двухфазного КЗ на выводах электродвигателя в максимальном режиме системы	2. Току двухфазного КЗ на нулевых выводах статорной обмотки в максимальном режиме системы
3. Току трехфазного КЗ на выводах электродвигателя в минимальном режиме системы	4. Току двухфазного КЗ на выводах электродвигателя в минимальном режиме системы

14. Ток сквозного КЗ трансформатора отключается:	
1. Газовой защитой	2. Дифференциальной защитой
3. Максимальной токовой защитой	4. Защитой от перегрузки

15. Дифференциальная защита трансформатора реагирует:	
1. На перегрузку трансформатора	2. На внешнее КЗ
3. На КЗ на выводах трансформатора	4. На витковое замыкание в обмотке

Вариант № 3

1. Токовая направленная защита выполняется, как правило:

1. Одноступенчатой с относительной селективностью	2. Двухступенчатой с относительной селективностью
3. Трехступенчатой с относительной селективностью	4. Трехступенчатой с абсолютной селективностью

2. Ток срабатывания направленной защиты отстраивается:	
1. От тока КЗ в начале следующей линии	2. От тока КЗ в конце защищаемой линии
3. От тока небаланса	4. От максимального рабочего тока

3. Токовая защита от замыканий на землю является:	
1. Простой максимальной токовой защитой	2. Фильтровой с фильтром тока обратной последовательности
3. Фильтровой с фильтром тока прямой последовательности	4. Фильтровой с фильтром тока нулевой последовательности

4. В сетях 6-35 кВ ток замыкания фазы на землю является:	
1. Емкостным током	2. Индуктивным током
3. Активным током	4. Активно-индуктивным током

5. При КЗ на землю чувствительность защиты можно повысить за счет:	
1. Фильтра токов обратной последовательности	2. Фильтра токов прямой последовательности
3. Фильтра токов нулевой последовательности	4. Отстройки от тока небаланса

6. Объект релейной защиты (РЗ):	
1. Зависит от вида РЗ	2. Определяет виды РЗ всегда
3. Не связан с видом РЗ	4. Определяет виды РЗ в некоторых случаях

7. Дистанционная защита линии содержит дистанционный орган:	
1. Тока	2. Напряжения
3. Мощности	4. Сопротивления

8. Первая зона дистанционной защиты располагается:	
1. От места установки защиты до шин противоположной подстанции	2. От места установки защиты до точки установки следующей защиты
3. От места установки защиты до 85% длины защищаемой линии	4. От середины защищаемой линии до ее конца

9. Продольная дифференциальная защита линии обладает свойством:	
1. Абсолютной селективности	2. Относительной селективности
3. Условной селективности	4. Случайной селективности

10. Можно считать, что дифференциальная защита - это:	
1. МТЗ с органом торможения	2. Дистанционная защита с торможением
3. Высокочастотная МТЗ	4. Вариант дистанционной защиты

11. В системах электроснабжения применяется:	
1. Однократное трехфазное АПВ	2. Двукратное трехфазное АПВ
3. Однократное однофазное АПВ	4. Многократное трёхфазное АПВ

12. Успешность АПВ определяется:	
1. Классом напряжения	2. Предшествующей нагрузкой линии
3. Деионизацией воздушного промежутка после снятия напряжения	4. Временем суток

13. Запуск АПВ осуществляется по сигналу:	
1. Диспетчерского персонала.	2. Релейной защиты
3. Снижения напряжения	4. Снижения частоты

14. АПВ трансформаторов не должно работать:	
1. При глубоком снижении напряжения в сети	2. При внутренних повреждениях трансформатора
3. При повышении напряжения в сети	4. При снижении частоты в сети

15. АПВ не предусматривается:	
1. Для воздушных линий	2. Для кабельных линий
3. Для трансформаторов	4. Для генераторов

Приложение № 2

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Лабораторная работа № 1. Исследование плавких предохранителей, теплового реле и автоматического выключателя

Контрольные вопросы:

1. Назначение предохранителей.
2. Требования к материалу для плавких вставок.
3. Назначение металлургического эффекта в предохранителях.
4. Особенности работы предохранителя при "пограничном" токе.
5. Основные параметры предохранителей.
6. Схема включения предохранителей в защищаемую цепь.

Лабораторная работа № 2. Исследование теплового реле

Контрольные вопросы:

1. Какие виды биметаллических пластин применяются в тепловых реле?
2. Как регулируется ток срабатывания теплового реле с непосредственным и косвенным нагревом?
3. Как зависит величина прогиба пластины от ее длины и толщины.

Лабораторная работа № 3. Исследование автоматического выключателя.

Контрольные вопросы:

1. Назначение воздушных выключателей.
2. Понятие о времени срабатывания автомата.
3. Основные узлы автоматов и их назначение.
4. Функции и виды расцепителей.
5. Принцип гашения дуги в автомате.
6. Вид характеристики теплового расцепителя.
7. Основные параметры воздушных выключателей

Лабораторная работа № 4. Исследование схем включения вторичных обмоток трансформаторов тока

Контрольные вопросы:

1. В каких случаях применяется схема соединения трансформаторов тока в треугольник?

2. Почему в сетях с изолированной нейтралью устанавливают два трансформатора тока (по одному на каждую крайнюю фазу), а в сетях с глухозаземлённой нейтралью - три трансформатора тока (по одному на каждую фазу)?

3. Как узнать ток во вторичной фазе по показаниям приборов в схеме рис. 1.1.б?

4. Начертить схему защиты с одним реле, включенным на разность токов двух фаз. Какая должна быть установка реле, если оно должно срабатывать при токе в линии ТА?

5. Назначение нулевого провода в схеме полной звезды.

6. Указать типы защит, где используется включение токовых обмоток реле по схемам, представленным на рис. 1.1.в.

7. Ток каких фаз измеряет каждый из амперметров схемы на рис. 1.1.б при нормальном режиме?

Лабораторная работа № 5. Исследование электромагнитного реле времени и реле максимального тока

Контрольные вопросы:

1. Конструкция и принцип действия реле времени.

2. Какой метод дает заметное замедление при отключении электромагнита?

3. Каким путем можно осуществить грубое ступенчатое регулирование выдержки времени?

Лабораторная работа № 6. Исследование реле максимального тока

Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначены максимальные токовые теле?

2. Каким образом регулируется ток срабатывания у электромагнитных максимальных токовых реле?

3. Почему коэффициент возврата у реле меньше единицы?

4. Рассказать принцип действия реле максимального тока.

5. Рассказать принцип действия схемы включения реле максимального тока для защиты асинхронного двигателя от токов короткого замыкания.

Лабораторная работа № 7. Испытание максимальной токовой защиты с применением индукционного токового реле

Контрольные вопросы:

1. Устройство реле РТ-84?

2. Работа индукционного элемента реле и его назначение?

3. Работа отсечки (электромагнитного элемента) реле, регулирование тока срабатывания отсечки?

4. Назначение постоянного магнита в реле?

5. Назначение короткозамкнутых витков электромагнита реле?

6. Преимущество применения в схемах защиты реле РТ-84 по сравнению с РТ-40?

7. Зависимость времени срабатывания реле от тока в обмотке реле?

Лабораторная работа № 8. Испытание релейной защиты высоковольтного электродвигателя

Контрольные вопросы:

1. Какие виды защиты, и от каких повреждений устанавливаются на электродвигателях?

2. Какие защиты на электродвигателях выполняются с выдержкой времени?

3. Каково назначение промежуточного реле в схемах защиты?

4. Каково назначение указательных реле в схемах защиты?

5. Каким образом производится выбор тока срабатывания защиты от междуфазных замыканий?

Лабораторная работа № 9. Испытание релейной защиты понижающего трансформатора

Контрольные вопросы:

1. Принцип действия максимальной токовой защиты.

2. Принцип действия дифференциальной защиты.

3. Как устроено реле типа РНТ565?

4. Что называется Ксх?

Лабораторная работа № 10. Исследование тиристорного регулятора напряжения

Контрольные вопросы:

1. Рассказать принцип действия тиристорного регулятора напряжения.

2. Рассказать принцип действия системы управления тиристорным регулятором напряжения.

4. Для чего необходима синхронизация управляющих импульсов с сетевым напряжением?

Приложение №3

ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

(для студентов заочной формы обучения)

Целью контрольной работы является закрепление знаний у обучающихся о выборе устройств релейной защиты и расчету их уставок. Подготовка работы осуществляется студентом самостоятельно с использованием лекционного материала и учебной литературы. Ниже приведены примеры типовых заданий по контрольной работе. Исходные данные для расчетов задаются преподавателем индивидуально.

Задание № 1 Основные виды повреждений электрических сетей

Построить качественно векторные диаграммы токов и напряжений при заданном виде удаленного КЗ на линии как в месте повреждения, так и в месте установки защиты (в начале линии). Схема сети представлена на рисунке.

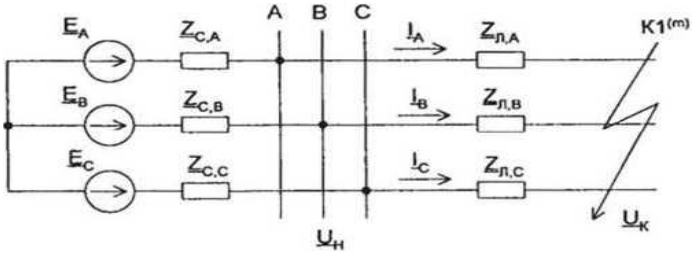

Рисунок 1 - Схема сети

Задание № 2 Расчет уставок максимальных токовых защит (МТЗ) в сети с односторонним питанием

Для МТЗ 1-6 в сети, изображенной на рисунке, определить токи срабатывания $I_{с.з}$ и времена срабатывания $t_{с.з}$ МТЗ с независимой характеристикой выдержки времени) от междуфазных КЗ.

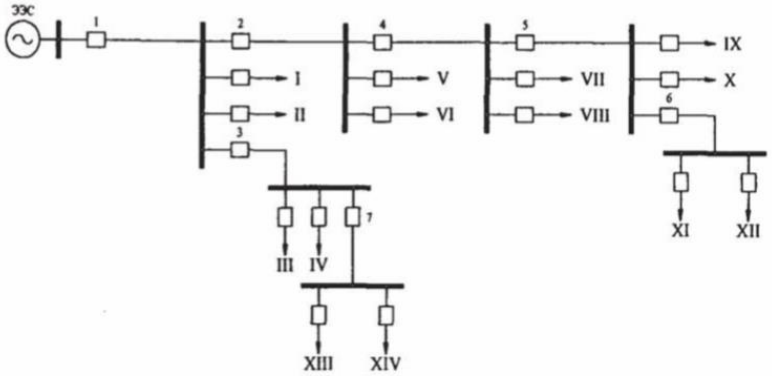

Рисунок 2 - Схема сети

Задание №3 Расчет уставок и проверка чувствительности МТЗ в сети с односторонним питанием. Выбор схем защит

Для МТЗ 1 и 2 в сети, изображенной на рисунке:

1) определить токи срабатывания $I_{\text{с.з }1}$ и $I_{\text{с.з }2}$, времена срабатывания $t_{\text{с.з }1}$ и $t_{\text{с.з }2}$, а также токи срабатывания реле тока $I_{\text{с.р }1}$ и $I_{\text{с.р }2}$ этих защит;
2) выбрать схему включения реле тока МТЗ 1 и 2 и оценить чувствительность МТЗ 1 и 2

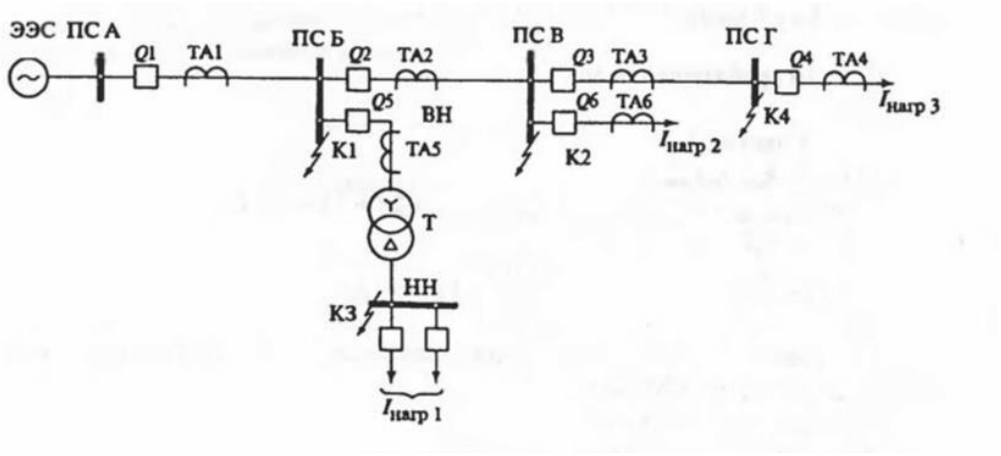

Рисунок 3 - Схема сети

Задание №4 Расчет защит трансформатора (основная защита – дифференциальная токовая отсечка; резервная защита – МТЗ; защита от перегрузки)

1.Определить параметры срабатывания и оценить чувствительность основной защиты трансформатора – дифференциальной токовой отсечки. Составить принципиальную схему защиты.

2. Определить ток и время срабатывания и оценить чувствительность резервной защиты трансформатора –МТЗ. Составить принципиальную схему защиты.

3.Определить ток и время срабатывания защиты от перегрузки.

На селекционном выключателе НН подстанции предусмотрено устройство АВР.

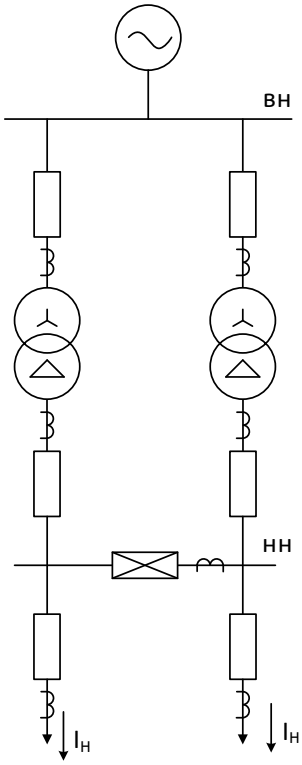

Рисунок 4 - Схема сети

Задание № 5. Расчет защиты параллельных линий напряжением 35 кВ

Определить параметры срабатывания поперечной дифференциальной токовой направленной защиты, токовой отсечки и максимальной токовой защиты параллельных линий. Схема сети представлена на рисунке.

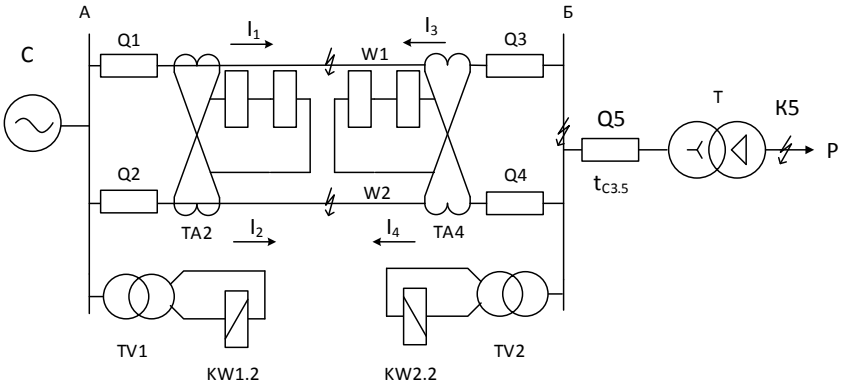

Рисунок 4 - Схема сети

Приложение №4

ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМАМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практические задания предназначены для развития умений и навыков в области расчетов устройств релейной защиты.

Задание 1 – «Повреждения и ненормальные режимы работы в энергосистемах. Основные требования к релейной защите. Классификация устройств релейной защиты и автоматики»

Для выбора тока срабатывания реле $I_{C.P}$ токовых защит и проверки их чувствительности необходимо знать коэффициент схемы, под которым понимают отношение тока в реле I_P ко вторичному фазному току $I_{2Ф}$ трансформатора тока, т.е. $k_{CX}^{(m)} = I_P / I_{2Ф}$. Можно коэффициент схемы выразить и через первичный ток $I_{1Ф}$ и коэффициент трансформации K_I трансформатора тока $k_{CX}^{(m)} = K_I \cdot I_P / I_{1Ф}$. Он зависит от режима работы защищаемого элемента и от схемы соединения трансформаторов тока в реле. Необходимо определить $k_{CX}^{(m)}$ защиты A для нормального режима и различных КЗ в точках $K_1^{(m)}$ и $K_2^{(m)}$ (рис.1).

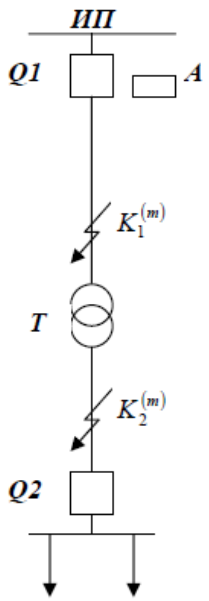

Рис. 1. Схема блока линия-трансформатор

В защите использовать:

- трехфазную схему соединения в полную звезду;
- двухфазную двухрелейную и трехрелейную схему соединения в неполную звезду;
- трехфазную схему соединения *ТА* в полный треугольник, а реле в полную звезду;

- двухфазную однорелейную схему соединения *ТА* в неполный треугольник (на разность токов).

В схеме блока (рис.1) трансформатор *Т* может иметь следующие схемы и группы соединения обмоток У/Д–11; Д/$У_Н$–11; У/У–0.

Задание 2 – «Максимальная токовая защита»

Выбрать токи срабатывания максимальных токовых защит *А1…А5*, установленных на линиях *Л1…Л5* системы электроснабжения, указанной на рис.2. Проверить чувствительность защит при ближнем и дальнем резервировании. Принять коэффициент отстройки $k_{отс}^{III} = 1,2$, коэффициент возврата $k_B = 0,85$ и коэффициент самозапуска $k_{СЗП} = 1$. Данные о максимальных рабочих токах $I_{рабтах}$ и токах короткого замыкания даны в табл. 1. Защита выполняется по схеме неполной звезды.

Таблица 1

Максимальный рабочий ток $I_{рабтах}$ линий, А					Токи короткого замыкания $I_K^{(2)}$									
					на шинах подстанций					в конце наиболее длинной линии				
III+IV	*V+VI*	*V II+VIII*	*IX+X*	*XI+XII*	*Б*	*В*	*Г*	*Д*	*Е*	*III*	*VI*	*VIII*	*X*	*XII*
37	*80*	*34*	*78*	*24*	*850*	*480*	*200*	*650*	*420*	*470*	*250*	*95*	*400*	*200*

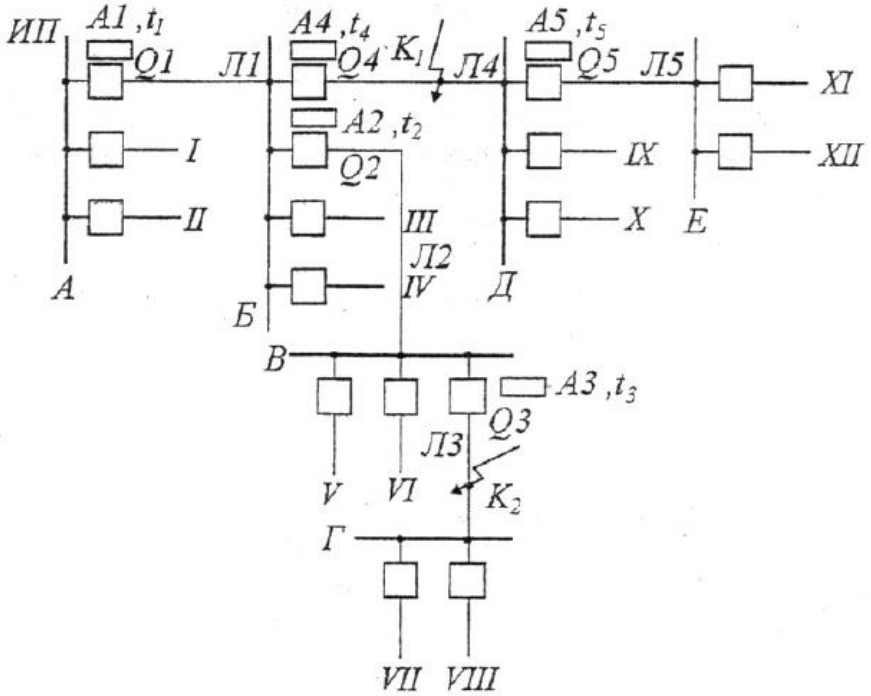

Рис.2. Схема электрической сети

Задание 3 «Основные типы защит трансформаторов и автотрансформаторов»

На трансформаторе *T* (рис.3) с высшим напряжением 10 кВ, мощностью 630 кВА установлен предохранитель *F* типа ПКТ. Линия, питающая трансформатор, защищена максимальной токовой защитой *A* с зависимым от тока временем срабатывания (третья ступень) микропроцессорного комплектного устройства SPAC 801.01. Выбрать защитную характеристику предохранителя ($I_{ВС.НОМ}$) и «нормальную» ($\alpha = 0{,}02$, $\beta = 0{,}14$, см. рис.4) времятоковую характеристику устройства SPAC 801.01, обеспечивающие селективное отключение трансформатора при коротком замыкании в точке $K^{(2)}$. Характеристики плавких предохранителей типа ПКТ напряжением 10 кВ приведены на рис.5. Ток двухфазного КЗ $I_K^{(2)} = 700$ *А*.

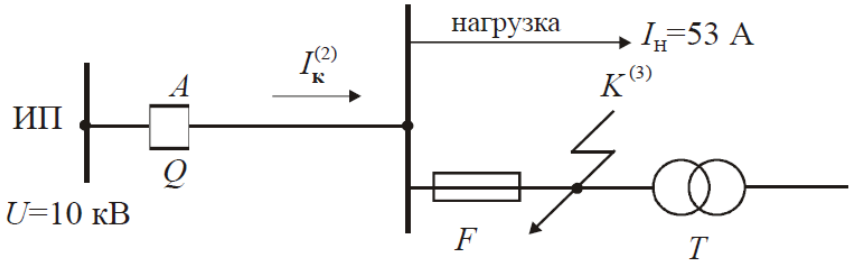

Рис. 3. Схема электрической сети

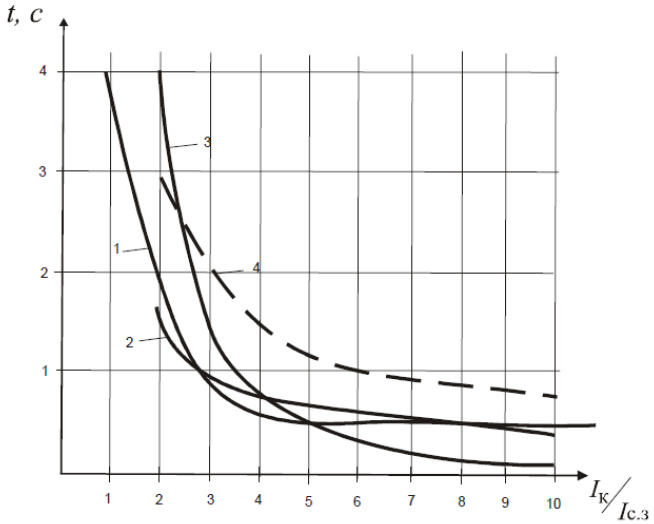

Рис.4. Защитные характеристики:

1 – Защитная характеристика реле РТ-81/1;

2 –расчетная «нормальная» защитная характеристика устройства SPAC 801.01;

3 – расчетная «экстремальная» защитная характеристика устройства SPAC 801.01;

4 – типовая «нормальная» защитная характеристика устройства SPAC 801.01 для временного коэффициента *k = 0,3*.

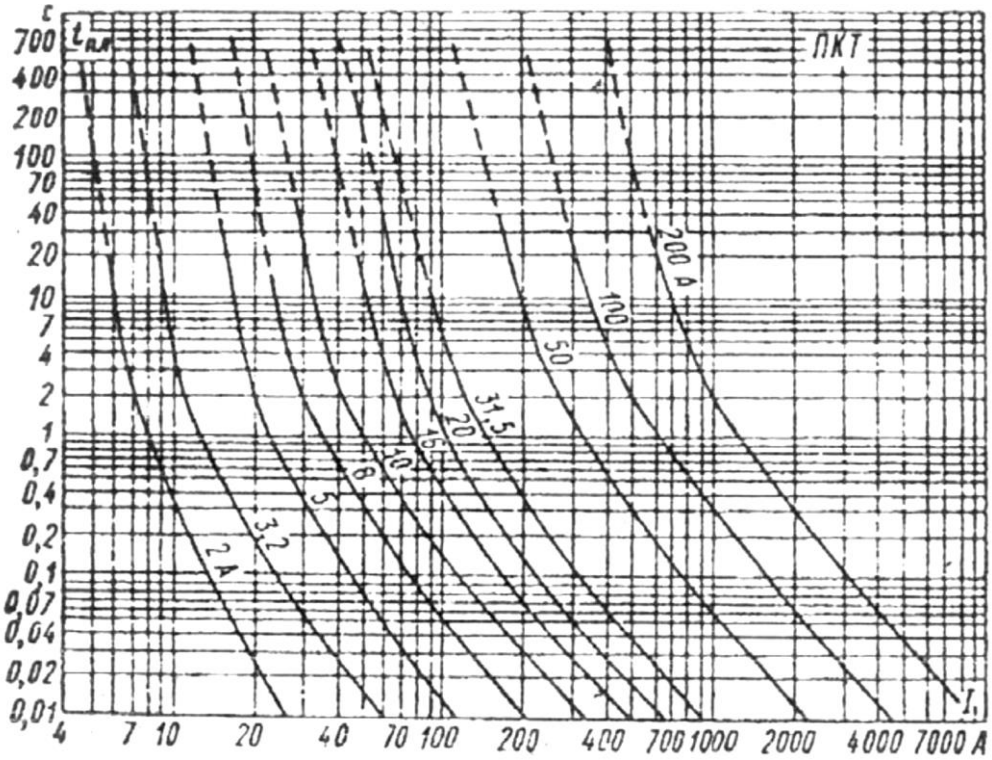

Рис. 5. Характеристики плавких предохранителей типа ПКТ напряжением 10 кВ с номинальным током отключения 12,5 кА

Задание 4 – «Дифференциальные защиты, защиты шин, основные резервные»

На трансформаторе *Т1* (рис. 6), решено установить дифференциальную токовую отсечку. Необходимо проверить обоснованность такого решения.

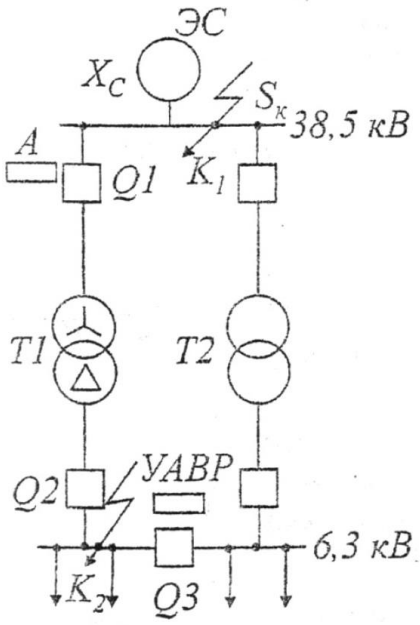

Рис. 6. Схема понижающей подстанции.

Задание 5 - «Защиты генераторов и электродвигателей»

На рис. 7, показана защита синхронного электродвигателя от асинхронного режима. В схему защиты включено промежуточное реле *KLT* с задержкой при возврате. Время задержки $t_{В.Р}$ обеспечивает срабатывание защиты при асинхронном режиме, когда через реле проходит уравнительный ток $I_{УР}$, изменяющийся так, как показано на рис. 7.

Выбрать ток срабатывания защиты $I_{С.З}$, время задержки $t_{В.Р}$ реле *KLT* и определить коэффициент чувствительности $k_Ч$ при асинхронном режиме работы электродвигателя. Выдержка времени реле *КТ* принимается, как обычно, больше времени пуска и самозапуска электродвигателя.

Принять коэффициент отстройки $k_{ОТС} = 1,2$, коэффициент возврата $k_В = 0,85$. При определении $t_{В.Р}$ принять коэффициент отстройки $k_{ОТС}' = 1,5$. В асинхронном режиме частота в системе $f_{НОМ} = 50$ *Гц*, сопротивление системы $X_С = 4$ *Ом*, угловая скорость вращения ротора электродвигателя соответствует частоте электрического тока $f_Д = 45$ *Гц*, ЭДС системы $E_С'$ и двигателя $E_Д'$ равны по величине фазному напряжению сети $U_С = 6/\sqrt{3}$, угол δ сдвига фаз векторов ЭДС с $E_С'$ и $E_Д'$ изменяется от 0° до 360°. Параметры синхронного электродвигателя: $P_{Д.НОМ} = 630$ *кВт*, $U_{НОМ} = 6$ *кВ*, $I_{Д.НОМ} = 71$ *А*, $I_{ПСК} = 400$*А*. Сопротивление электродвигателя при асинхронном режиме принять равным его сопротивлению при пуске. Характер изменения уравнительного тока в зависимости от угла δ показан на рис. 7. Здесь же указаны ток срабатывания $I_{С.Р.}$ и ток возврата реле $I_{В.Р.}$

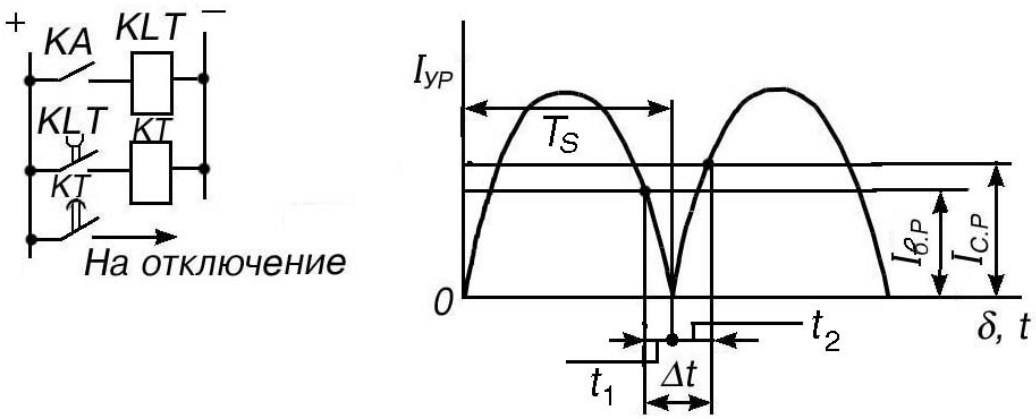

Рис.7. Схема защиты синхронного электродвигателя от асинхронного режима и характер изменения уравнительного тока в зависимости от угла δ

Из рис.7 следует, что при асинхронном режиме реле тока *КА* периодически размыкает контакты в пределах каждого цикла и держит их разомкнутыми в течение времени Δt . Поэтому для обеспечения беспрерывной подачи напряжения на обмотку реле времени *КТ*

необходимо, чтобы промежуточное реле *KLT* имело выдержку времени на размыкание своего контакта $t_{B.P}$ большую, чем время Δt.

Задание 6 – «Автоматическое включение резерва (АВР), Автоматическое повторное включение (АПВ)»

В схеме на рис. 8 рабочая линия Л1 резервируется линией Л2. Определить места аварий (точки КЗ) при которых должна приходить в действие схема АВР если в качестве пускового органа выбрана схема на базе реле напряжения.

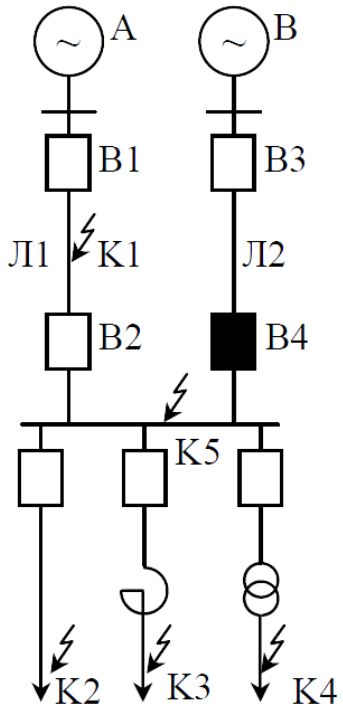

Рис.8. Схема электрической сети.

Задание 7 – «Автоматика регулирования напряжения (АРН) и автоматика частотной разгрузки (АЧР)»

Определить распределение нагрузки энергосистемы по очередям (в мегаваттах) в соответствии с типовой структурой настройки АЧР - ЧАПВ стандарта организации ОАО «СО ЕЭС» СТО 59012820.29.240.001-2010 «Технические правила организации в ЕЭС России автоматического ограничения снижения частоты при аварийном дефиците активной мощности (Автоматическая частотная разгрузка)».

Известно, что суммарное прогнозное потребление энергосистемы составляет 850 МВт, а расчетный аварийный дефицит активной мощности не превышает 40 % от суммарного прогнозного потребления.

Приложение №5

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

1. Основные требования к автоматическим устройствам.
2. Повреждения и ненормальные режимы работы в энергосистемах.
3. Защиты с абсолютной и относительной селективностью, основные и резервные.
4. Назначение и виды устройств АПВ.
5. Основные требования к устройствам АПВ.
6. АПВ линий с односторонним питанием.
7. Обеспечение однократности действия АПВ.
8. Выдержка времени АПВ.
9. Ускорение защиты при АПВ.
10. АПВ на воздушных выключателях.
11. Двукратное АПВ.
12. АПВ линий с двусторонним питанием.
13. Несинхронное АПВ.
14. Однофазное АПВ.
15. Назначение АВР. Основные требования к выполнению схем АВР.
16. Способы пуска АВР.
17. Обеспечение однократности действия АВР.
18. Пусковые органы АВР.
19. Назначение АЧР, «лавина частоты», «регулирующий эффект нагрузки».
20. Типовая структура АЧР. Назначение ЧАПВ.
21. Назначение релейной защиты и основные требования, предъявляемые к ней.
22. Основные принципы действия релейной защиты и автоматики.
23. Измерительные трансформаторы тока.
24. Измерительные трансформаторы напряжения.
25. Насыщающиеся трансформаторы тока.
26. Магнитные усилители.
27. Реакторы, трансреакторы и фазоповоротные схемы.
28. Фильтры симметричных составляющих тока и напряжений.
29. Принцип действия и характеристики электромагнитных реле.
30. Принцип действия и характеристики магнитоэлектрических реле.

31. Принцип действия и характеристики индукционных реле.
32. Принцип действия и характеристики герконовых реле.
33. Принцип действия и характеристики поляризованных реле.
34. Реле времени.
35. Промежуточные реле, указательные реле.
36. Электронные реле на дискретных элементах.
37. Реле направления мощности.
38. Источники оперативного тока.
39. Принцип действия и размещение максимальной токовой защиты.
40. Токовая отсечка без выдержки времени. Токовая отсечка с выдержкой времени.
41. Максимальная токовая защита.
42. Максимальная направленная защита.
43. Продольная дифференциальная защита.
44. Токовая поперечная дифференциальная защита двух параллельных линий
45. Направленная поперечная дифференциальная защита двух параллельных линий
46. Дистанционная защита.
47. Назначение и основные типы защиты трансформаторов и автотрансформаторов. Виды повреждений и ненормальные режимы работы трансформаторов.
48. Газовая защита.
49. Дифференциальная защита трансформаторов.
50. Защита трансформаторов от сверхтоков.
51. Защита трансформаторов от перегрузки.
52. Повреждения, ненормальные режимы работы синхронных генераторов. Виды защиты.
53. Продольная дифференциальная защита СГ
54. Поперечная дифференциальная защита СГ
55. Защита от однофазных замыканий на землю
56. Токовые защиты СГ от внешних коротких замыканий и перегрузки.
57. Защита ротора и цели возбуждения СГ.
58. Особенности защиты блоков генератор-трансформатор.
59. Повреждения и ненормальные режимы работы АД. Виды защит.
60. Защита АД от многофазных коротких замыканий
61. Защита АД от перегрузки и минимального напряжения
62. Дифференциальная защита шин.