

УТВЕРЖДАЮ
Директор ЭНИИ

_____ В.М. Завьялов
« ___ » _____ 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Направление – 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профили подготовки – «Электроснабжение промышленных предприятий», «Электроэнергетические системы и сети»

Квалификация – Бакалавр

Базовый учебный план приема – 2014 г.

Курс – 3; семестр – 6

Количество кредитов – 6

Код дисциплины – Б1.ВМ4.12.1

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	40
Практические занятия, ч	24
Лабораторные занятия, ч	16
Аудиторные занятия, ч	80
Самостоятельная работа, ч	136
ИТОГО, ч	216

Вид промежуточной аттестации – экзамен

Обеспечивающее подразделение – кафедра электроэнергетических систем

Заведующий кафедрой ЭЭС _____ к.т.н., доцент А.О. Сулайманов

Руководитель ООП _____ к.т.н., доцент П.В. Тютёва

Преподаватель _____ к.т.н., доцент В..В. Шестакова

2016 г.

1. Цели освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины: формирование у обучающихся знаний о принципах организации и технической реализации релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем; формирование знаний об основных принципах выполнения защит, как отдельных элементов, так и системы в целом, а также основных положений по расчету систем релейной защиты.

В результате освоения данной дисциплины обеспечивается достижение целей 1, 3, 6 и 7 основной образовательной программы «Электроэнергетика и электротехника»:

- выпускники будут обладать общенаучными и инженерными знаниями, практическими навыками и универсальными компетенциями, гарантирующими высокое качество их подготовки к профессиональной деятельности в области электроэнергетики и электротехники);
- выпускники станут гармонично развитыми личностями, лидерами в командной работе, готовыми действовать и побеждать в условиях конкурентной среды;
- выпускники будут демонстрировать сплочённость и приверженность воспитанной в университете корпоративной культуре свободы и открытости, интеграции академических ценностей и предпринимательских идей, соблюдению профессиональной этики и социальной ответственности;
- выпускники будут демонстрировать стремление и способность к непрерывному образованию, совершенствованию и превосходству в профессиональной среде через участие в профессиональных сообществах, осуществление наставнической и рационализаторской деятельности.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к профессиональному циклу базовой части модуля для профилей: «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», «Электрические станции», «Электроснабжение промышленных предприятий», «Высоковольтные электроэнергетика и электротехника», «Электроэнергетические системы и сети».

Для успешного освоения дисциплины слушателю необходимо:

знать:

методы решения дифференциальных уравнений; законы электротехники; основные силовые элементы электрических систем; конструктивное исполнение синхронных машин и принцип их работы;

уметь:

составлять схемы замещения элементов энергосистемы и рассчитывать их параметры, составлять для простейших схем уравнения переходного процесса;

иметь опыт:

расчета токов и напряжений для простейших схем в установившемся и переходном режимах.

Дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ):

Б1.ВМ4.7 Электрические машины,

Б1.ВМ4.10.1 Электроэнергетические системы и сети.

Содержание разделов дисциплины согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ):

Б1.ВМ4.11.1 Электрические станции и подстанции,

Б1.ВМ4.11.3 Высоковольтная импульсная энергетика и электроника.

3. Результаты освоения дисциплины

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т. ч. в соответствии с ФГОС

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р1. Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественнонаучные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчёта и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем.</i>	3.1.1	основные направления философии, методы и приёмы философского анализа проблем; основные закономерности развития России и её роль в истории человечества и в современном мире; лексический минимум иностранного языка общего и профессионального характера, основные положения экономической науки;	У.1.1	самостоятельно анализировать социально-политическую и научную литературу; планировать и осуществлять свою деятельность с учетом результатов этого анализа решать практические задачи экономического характера в сфере профессиональной деятельности;	В.1.1	критического восприятия информации; методами оценки экономических показателей применительно к объектам профессиональной деятельности
	3.1.2	основных понятий и содержание классических разделов высшей математики (аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, теорий вероятности, математической статистики, функций комплексного переменного и численные методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений)	У.1.2	применять методы математического анализа при проведении научных исследований и решении прикладных задач в профессиональной сфере	В.1.2	методов математического и физического моделирования режимов, процессов, состояний объектов электроэнергетики и электротехники
	3.1.3	основных физических явлений и законов механики, электротехники, органической и неорганической химии теплотехники, оптики, ядерной физики и их математическое описание	У.1.3	выявлять физическую сущность явлений и процессов в устройствах различной физической природы и выполнять применительно к ним простые технические расчеты	В.1.3	анализа физических явлений в электрических устройствах, объектах и системах

<p>P4. Уметь планировать и проводить нестандартные исследования, связанные с определением параметров, характеристиками электрооборудования, объектами электроэнергетики и электротехники; интерпретировать данные и делать выводы</p>	3.4.1	типовых стандартных приборов, устройств, аппаратов, программных средств, используемых при экспериментальных исследованиях	У.4.1	проводить эксперименты по заданным методикам с последующей обработкой и анализом результатов в области электроэнергетики и электротехники	В.4.1	работы с приборами и установками для экспериментальных исследований
	3.4.2	основных методов экспериментальных исследований объектов и систем электроэнергетики и электротехники;	У.4.2	анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования; планировать эксперименты для решения определенной задачи профессиональной деятельности	В.4.2	экспериментальных исследований режимов работы технических устройств и объектов электроэнергетики и электротехники; математической обработки результатов и составления научно-технических отчетов
<p>P5. Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.</p>	3.5.1	инструментария для решения задач проектного и исследовательского характера в сфере профессиональной деятельности по электроэнергетике и электротехнике	У.5.1	рассчитывать режимы работы электроэнергетических и электротехнических установок различного назначения, определять состав оборудования и его параметры, схемы электроэнергетических и электротехнических объектов	В.5.1	использования прикладных программ и средствами автоматизированного проектирования при решении инженерных задач электроэнергетики и электротехники
	3.5.2	основных способов выработки электроэнергии; технологии производства электроэнергии на тепловых, атомных, гидравлических, ветряных электростанциях; нетрадиционные и возобновляемые источники электроэнергии	У.5.2	рационально использовать сырьевые, энергетические и другие виды ресурсов на электроэнергетическом и электротехническом производствах	В.5.2	применения современных методов разработки ресурсо- и энерго-сберегающих и экологически чистых технологий использования электроэнергии
<p>P8. Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики и электротехники.</p>	3.8.1	основных методов, способов и средств получения, хранения и переработки информации	У.8.1	применять компьютерную технику и информационные технологии в своей профессиональной деятельности	В.8.1	использования современных технических средства и информационных технологий в профессиональной области
	3.8.2	государственного языка, моральных, правовых, культурных и этических норм, принятых в различных сферах общественной жизни	У.8.2	логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; готовностью к использованию одного из иностранных языков	В.8.2	аргументированного письменного изложения собственной точки зрения; навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии и полемики, практического анализа, логики различного рода рассуждений; навыками критического восприя-

						тия информации
--	--	--	--	--	--	----------------

В результате освоения дисциплины студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

Планируемые результаты освоения дисциплины

№ п/п	Результат
Р1	Применять знания о современных средствах релейной защиты и автоматике для решения задач повышения надежности работы энергосистем в нормальных и аварийных режимах.
Р4	Уметь планировать и проводить экспериментальные исследования, связанные с построением и функционированием основных типов устройств релейной защиты.
Р5	Уметь выбрать и рассчитать устройства защиты и автоматики для отдельных элементов энергосистемы и проанализировать их поведение при возникновении аварийной ситуации в энергосистеме.
Р8	Использовать современные технические средства и компьютерные программы для коммуникации, презентации, составления отчетов.

4. Структура и содержание дисциплины

1. Общие сведения о релейной защите. Измерительные преобразователи тока и напряжения в схемах релейной защиты.

Назначение РЗ, требования к РЗ, коэффициенты надежности, чувствительности. Повреждения и ненормальные режимы работы в ЭЭС и причины, их вызывающие.

Назначение трансформаторов тока. Принцип действия, конструктивное выполнение. Особенности работы трансформаторов тока в схемах релейной защиты, погрешности. Выбор трансформаторов тока для схем релейной защиты. Схемы включения трансформаторов тока и токовых реле: схема полной звезды, схема неполной звезды, схема включения на разность токов двух фаз, схема треугольника, фильтр токов нулевой последовательности.

Назначение трансформаторов напряжения. Принцип действия, конструктивное выполнение, типовые схемы соединения. Погрешности трансформаторов напряжения. Выбор трансформаторов напряжения для релейной защиты, их проверка.

Лабораторные работы

1. Введение в лабораторию.

Практические занятия

1. Расчет рабочих токов и ТКЗ в распределительной сети 10 кВ, расчет предельной кратности.
2. Выбор измерительных трансформаторов тока.

2. Принципы построения защит, фиксирующих отклонение контролируемой величины: токовый, токовый направленный, дистанционный.

Токовые ступенчатые защиты: токовые отсечки, максимальная токовая защита (ТО, МТЗ). Принцип выполнения, расчет параметров, примеры схемных решений. Общая оценка токовых ступенчатых защит, область применения. Примеры выполнения максимальных токовых защит. Расчет параметров. Область применения, достоинства и недостатки максимальных токовых защит. МТЗ с обратной зависимой характеристикой.

МТЗ с блокировкой по напряжению. Назначение блокировки. Схема, расчет параметров, область применения.

Токовые направленные защиты (ТО, МТЗН), схема защиты. Измерительные органы защиты, индукционное и полупроводниковое реле мощности. Пример схемы максимальной токовой направленной защиты, расчет параметров. Недостатки защиты и возможные способы их устранения. Область применения защиты.

Токовые ступенчатые защиты нулевой последовательности (СТЗНП) от замыканий на землю. Влияние на выполнение СТЗНП режима работы нейтрали. Расчет параметров СТЗНП.

Дистанционная защита. Принцип действия. Характеристики измерительных органов дистанционной защиты. Расчет параметров срабатывания дистанционной защиты. Структурная схема построения защиты. Поведение защиты при возникновении качаний в энергосистеме, принципы выполнения блокировок от качаний. Область применения, достоинства и недостатки.

Лабораторные работы

1. Расчет уставок и проверка чувствительности ступенчатой токовой защиты линии в радиальной сети 35 кВ.
2. Расчет уставок и проверка чувствительности максимальной токовой направленной защиты линий в кольцевой сети 35 кВ.
3. Расчет уставок дистанционной защиты линии в схеме учебной энергосистемы 220 кВ с применением ПК Мустанг.

Практические занятия

1. Расчет уставок СТЗ линий в радиальной сети 35 кВ.
2. Расчет уставок МТЗН в сложных сетях 35 кВ.
3. Расчет уставок СТЗН линии в сети 35 кВ.
4. Расчет уставок дистанционной защиты двухцепной линии 500 кВ с учетом промежуточной подпитки.

3. Принципы построения защит, основанных на сравнении контролируемых величин: дифференциальный и дифференциально-фазный.

Продольная и поперечная дифференциальные защиты. Принцип действия, причины возникновения токов небаланса, расчет параметров срабатывания, достоинства и недостатки, область применения.

Высокочастотная дифференциально-фазная защита. Принцип действия, область применения. Схема ВЧ канала.

Дифференциальная защита шин. Принцип действия. Схемы.

Лабораторные работы

1. Расчет уставок поперечной дифференциальной защиты линий.

4. Защита основных элементов энергосистем: линий напряжением 110 кВ и выше, трансформаторов малой и средней мощности, генераторов, двигателей.

Защита ЛЭП напряжением 110-500 кВ. Выбор типа защит.

Защита трансформаторов и автотрансформаторов. Виды повреждений и ненормальных режимов трансформаторов и автотрансформаторов. Защиты трансформаторов от внутренних повреждений: токовая отсечка, дифференциальная защита, газовая защита. Причины погрешностей дифференциальной защиты, выбор тока срабатывания. Защита трансформаторов от внешних замыканий: максимальная токовая защита, максимальная токовая защита с блокировкой по напряжению, защита обратной последовательности, защита от внешних замыканий на землю. Защита от перегрузок. Рекомендации по выбору типа защит. Структурная схема защиты трансформатора.

Защита генераторов. Виды повреждений и ненормальных режимов работы генераторов. Защиты генераторов от внутренних повреждений: продольная и поперечная дифференциальные защиты, защита от замыканий на землю. Защиты от внешних замыканий: максимальная токовая защита с блокировкой по напряжению, токовая защита обратной последовательности, дистанционная защита. Рекомендации по выбору типа защит. Структурная схема защиты генератора.

Защита электродвигателей. Виды повреждений и ненормальных режимов работы электродвигателей. Защита от внутренних повреждений. Защита от перегрузок. Рекомендации по выбору типа защит. Структурная схема защиты электродвигателя.

Практические занятия

5. Расчет уставок и проверка чувствительности СТЗ трансформатора 220 кВ по методике НПП «ЭКРА».
6. Расчет уставок и проверка чувствительности дифференциальной защиты трансформатора по методике НПП «ЭКРА».
7. Анализ действий защит генератора 60 МВт при различных повреждениях.
8. Расчет уставок и проверка чувствительности защиты от замыканий на землю ротора синхронного генератора средней мощности.

5. Автоматика распределительных сетей: автоматическое повторное включение (АПВ); автоматическое включение резерва (АВР), автоматическая частотная разгрузка (АЧР).

Автоматическое повторное включение АПВ как простое и эффективное средство повышения надежности энергоснабжения. Принципы построения устройств АПВ. Согласование действия АПВ и релейной защиты.

Автоматическое включение резерва АВР. Назначение, основные требования, выполнение пусковых органов. Примеры схемных решений.

Назначение и основные принципы выполнения АЧР, АЧР первой и второй категорий. Схемы АЧР и ЧАПВ.

Автоматическое включение генератора на параллельную работу. Условия включения. Способы включения. Работа устройства УТС-3.

Лабораторные работы

1. Расчет уставок АПВ линий 110 кВ.

Практические занятия

1. Расчет параметров АПВ, согласование действия АПВ с устройствами РЗ.
2. Расчет параметров АВР, делительной автоматики, согласование действий автоматик.

5. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

5.1. Виды и формы самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение индивидуальных заданий;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовку к лабораторным работам;
- подготовку к экзамену.

Творческая самостоятельная работа включает:

- поиск, анализ, структурирование и презентацию информации;
- исследовательскую работу и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Примеры тем для самостоятельной работы.

1. Электромеханические измерительные органы защиты: реле тока, реле времени, реле напряжения. Конструкция, принцип действия.
2. Фильтры токов и напряжений обратной последовательности ФТОП, ФНОП. Схемы, принцип действия.

5.2. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- защита лабораторных работ в соответствии графиком выполнения;

- представление результатов индивидуальных домашних работ;
- ответы на контрольные вопросы;
- опрос студентов на лабораторных занятиях,
- выступление с докладом на конференц-неделе.

6. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины
Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролируемых мероприятий:

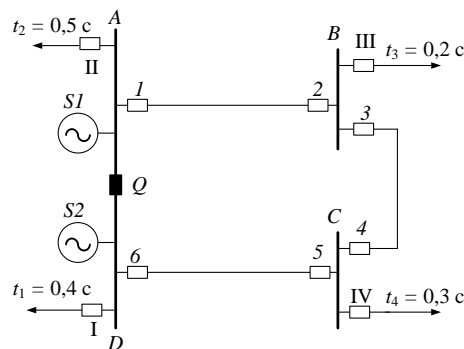
Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Выполнение и защита лабораторных работ	P4
Презентации по тематике исследований во время проведения конференц-недели	P8
Опрос студентов на практических занятиях	P1, P5, P8
Экзамен	P1, P5, P8

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролируемых мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств):

- контрольные вопросы, задаваемых при выполнении и защите лабораторных работ;
- задачи для самостоятельной работы на практических занятиях (по 35 вариантов),
- контрольная работа (тест),
- вопросы, выносимые на экзамен.

Экзаменационный билет №1

1. Что такое режим электрических качаний? Причина возникновения такого режима в ЭЭС. Дайте определение электрического центра качаний. Графическим способом определите место ЭЦК на линии длиной L , если при асинхронном режиме модули напряжений $U_1 = 200$ кВ, $U_2 = 240$ кВ. Для какого типа защиты весьма вероятно ложное срабатывание при качаниях? К чему может привести незапланированное отключение линии? Как предотвратить неправильное срабатывание этой защиты? (20 б.)
2. Рассчитайте токи срабатывания и выдержки времени направленных комплектов 3 и 4 МТЗН, если рабочие токи нагрузок соответственно равны $I_I = 30$ А, $I_{II} = 40$ А, $I_{III} = 20$ А, $I_{IV} = 10$ А. Выдержки времени нагрузок указаны на рисунке. Выключатель Q отключен. (20 б.)



7. Рейтинг качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);
- промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам, минимальный – 55 б.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем: Учеб. пособие для техникумов.- М.: Издательство АТП, 2015 год. - 800 с.
2. Дрозд, В.В. под ред. Релейная защита и автоматика в электрических сетях / В.В. под ред. Дрозд. — Москва: Энергия, 2012. — 632 с.. — Доступ только с авторизованных компьютеров.. — Схема доступа: <http://ibooks.ru/reading.php?short=1&isbn=978-5-904098-21-6>
3. Релейная защита [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Н. Копьев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 7.94 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — Заглавие с титульного экрана. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — **Схема доступа:** <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m355.pdf>
4. Релейная защита. Принципы выполнения и применения [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Н. Копьев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл

(pdf; 3.7 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader.. **Схема доступа:** <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m281.pdf>

5. Дьяков, Анатолий Федорович. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем : учебное пособие / А. Ф. Дьяков, Н. И. Овчаренко. — 2-е изд.. — Москва: МЭИ, 2010. — 336 с.:

Дополнительная литература

1. Киреева, Эльвира Александровна. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем : учебник для среднего профессионального образования / Э. А. Киреева, С. А. Цырук. — Москва: Академия, 2014. — 287 с.
2. Андреев, Василий Андреевич. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения : учебник для вузов / В. А. Андреев. — 6-е изд., стер.. — Москва: Высшая школа, 2008. — 639 с.

Программное обеспечение и Internet-ресурсы:

1. Профессиональный программный комплекс для расчета установившихся режимов и переходных процессов «Мустанг».
2. *Internet*-ресурсы: Сайт НПП «Экра» <http://www.ekra.ru/company/>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

– лабораторные работы проводятся в специализированных учебных лабораториях; при выполнении лабораторных работ используются профессиональные программные комплексы;

– лекции читаются в учебных аудиториях с использованием технических средств; материал лекций представлен в виде презентаций в Power Point.

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Лаборатория релейной защиты	8 корпус, 320 аудитория, 10 компьютеров, Лицензионные ПК
2	Компьютерный класс	8 корпус, 126 аудитория, 20 компьютеров, Лицензионные ПК

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» подготовки бакалавров. Программа одобрена на заседании кафедры «Электроэнергетические системы» (протокол № 10 от «10» февраля 2016 г.)

Автор _____ В.В. Шестакова, к.т.н., доцент кафедры ЭЭС

Рецензент _____ А.В. Коломиец, к.т.н., доцент кафедры ЭЭС.

Приложение 1

Примеры вопросов входного контроля

1. Как определить ток КЗ при трехфазном замыкании на выводах генератора?
2. Сформулируйте первый и второй законы Кирхгофа.
3. Сформулируйте принцип работы трансформатора.
4. Сформулируйте и поясните суть теоремы Фурье.
5. Объясните принцип работы синхронного генератора.

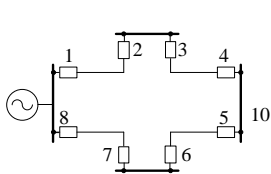
Примеры вопросов промежуточного контроля

1. Как отстроить дифференциальную защиту трансформаторов от броска тока намагничивания при включении трансформатора?
2. Поясните принцип отстройки от броска токов для дифференциальной защиты, выполненной на электромеханических реле и для микропроцессорной защиты.
3. Дайте определение мертвой зоны защиты. Для каких типов защит характерен этот недостаток?
4. Для каких защит существование мертвой зоны в принципе невозможно?
5. Какие меры можно принять для устранения данного недостатка?

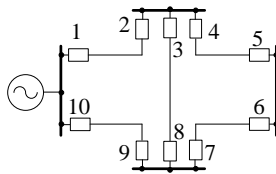
Приложение 3

Примеры экзаменационных вопросов

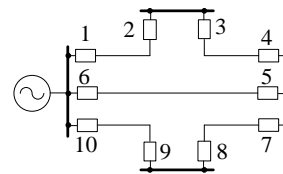
1. При соблюдении каких условий генератор подключается к сети при точной синхронизации. К каким последствиям может привести невыполнение этих условий? По временным диаграммам поясните работу узла опережения.
2. На рисунке показаны различные конфигурации электрических сетей. В каких из указанных случаев направленная максимальная токовая защита может быть выполнена селективной? Покажите пример (примеры) согласования выдержек времени комплектов защит для этих случаев. Объясните суть противоречивости требований к уставкам, если селективная МТЗН невозможна.



а



б



в

