

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ЭНИН
 В.М. Завьялов
«30» 06 2015 г.

БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Направление ООП 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль подготовки Автоматика энергосистем

Квалификация (степень) Магистр

Базовый учебный план приема 2015 г.

Курс 2 семестр осенний

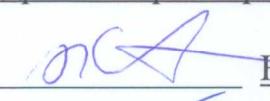
Количество кредитов 6

Код дисциплины ДИСЦ.В.М.3.5

Виды учебной деятельности	Временной ресурс
Лекции, ч	8
Практические занятия, ч	24
Лабораторные занятия, ч	16
Аудиторные занятия, ч	48
Самостоятельная работа, ч	168
ИТОГО, ч	216

Вид промежуточной аттестации Экзамен, Диф. зачет, КП

Обеспечивающее подразделение Кафедра электроэнергетических систем (ЭЭС)

/ ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ ЭЭС  Ю.С. Боровиков

РУКОВОДИТЕЛЬ ООП  В.М. Завьялов

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ  А.В. Шмойлов

2015 г.

1. Цели освоения дисциплины

Основной целью дисциплины является подготовка выпускников для решения задач, связанных с разработкой инновационных методов, повышающих эффективность эксплуатации и проектирования электроэнергетических систем.

В результате освоения данной дисциплины обеспечивается достижение целей **Ц1, Ц2 и Ц5** основной образовательной программы приобретенные знания, умения и навыки позволяют подготовить выпускника:

- к научным исследованиям для решения задач, связанных с разработкой инновационных методов, повышающих эффективность эксплуатации и проектирования электроэнергетических систем (**Ц1**);

- к проектно-конструкторской деятельности, связанной с практическими задачами эксплуатации и проектирования электроэнергетических систем при выполнении требований по защите окружающей среды и правил безопасности производства электрической энергии (**Ц2**);

- к самостоятельному обучению и освоению новых знаний и умений для реализации своей профессиональной карьеры (**Ц5**).

Достижение этих целей позволит выпускникам успешно решать профессиональные задачи, связанные с проектированием, обслуживанием и эксплуатацией объектов электроэнергетики, находить творческие решения профессиональных задач, проводить технические испытания и научные эксперименты, оценивать результаты выполненной работы.

Достижение этой цели позволит выпускникам успешно решать профессиональные задачи, связанные с проектированием, обслуживанием и эксплуатацией объектов электроэнергетики, находить творческие решения профессиональных задач, проводить технические испытания и научные эксперименты, оценивать результаты выполненной работы.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к профессиональному циклу вариативной части ООП. Указанная дисциплина основывается на знаниях и умениях, полученных при изучении дисциплин «Переходные электромагнитные процессы», «Электромеханика».

Данная дисциплина является необходимой базой для изучения дисциплины «Противоаварийное управление в энергосистемах».

Для успешного освоения дисциплины слушателю необходимо:

знать:

- физические явления, происходящие в электрических машинах и трансформаторах при различных режимах работы и их математическое описание;

- параметры силовых элементов электрической системы, используемых в схемах замещения прямой, обратной и нулевой последовательностях;

– условия расчета сверхпереходных ЭДС синхронных и асинхронных машин;

– влияние АРВ и нагрузки на токи короткого замыкания, методы расчета режимов трехфазного коротких замыканий и однократной продольной несимметрии;

– основные параметры тока короткого замыкания;

уметь:

– анализировать и описывать установившиеся и переходные процессы в системах, включающих электрические машины и трансформаторы;

– осуществлять подготовку исходных данных и выбирать расчетные условия для расчета режимов короткого замыкания в соответствии с требованиями технической задачи.

владеть:

– навыками работы со справочной литературой и нормативно-техническими материалами;

– навыками расчета режимов трехфазных и несимметричного коротких замыканий.

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
P1. Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.	31.1	методов и средств познания, самостоятельного обучения и само-контроля	У1.1	осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	B1.1	использования основных методов организации самостоятельного обучения и самоконтроля
	31.2	современных тенденций развития технического прогресса	У1.2	критически оценивать свои достоинства и недостатки	B1.2	приобретения необходимой информации с целью повышения квалификации

						лификации и расширения профессионального кругозора
	31.3	методов и средств познания, самостоятельного обучения и само-контроля	У1.3	осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	B1.3	использования основных методов организации самостоятельного обучения и самоконтроля
P4.	34.1	основных методов, способов и средств получения, хранения и переработки переработки информации	У4.1	применять компьютерную технику и информационные технологии в своей профессиональной деятельности	B4.1	использования современных технических средств и информационных технологий в профессиональной области
			У4.2	понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, создавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности		
P7.	37.1	современные программно-технические комплексы, применяемые в энергетике и задачи, решаемые этими комплексами	У7.1	анализировать информацию о состоянии изделия, объекта, получаемую с помощью приборов и программно-технических комплексов	B7.1	подготовки исходные данные по заданному объекту
	37.2	оригинальные методы проектирования для реализации конкурентоспособных инженерных	У7.2	Находить нестандартные решения профессиональных задач	B7.2	

		проектов				
	37.3	экономи-ческие, экологи-ческие, социаль-ные ограничения	У7.3	организовывать и проводить научные исследование, связанные с разработкой проектов и программ	В7.3	навыками оформления, представления и защиты результатов исследований

В результате освоения дисциплины «Проектирование и эксплуатация релейной защиты и автоматики энергосистем» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2
Планируемые результаты освоения дисциплины

№ п/п	Результат
РД1	Применять знания релейной защиты и автоматики для решения задач расчёта и анализа данных устройств.
РД4	Использовать современные технические средства и компьютерные программы для коммуникации, презентации, составления отчетов.
РД7	Уметь осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и планировать профилактический осмотр и текущий ремонт.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Аннотированное содержание разделов дисциплины (8 час.)

1. Классификация средств РЗА. Сопоставительный анализ свойств, параметров и характеристик разных видов РЗА (2 часа).

2. Принципы, структура и типовая аппаратура РЗ и автоматики (АПВ, АВР, УРОВ электрических сетей, средств пуска и синхронизации агрегатов). Резервирование РЗ (2 часа).

3. Алгоритмы, принципы, структура и типовая аппаратура противоаварийной автоматики (2 часа).

4. Принципы, структура и типовая аппаратура автоматики регулирования (2 часа).

4.2. Содержание практического раздела дисциплины (40 час.)

Лабораторные работы (16 час.):

1. Расчет электрических величин при различных повреждениях. Расчетов параметров электрических рабочих режимов (4 часа).

2. Расчет уставок и проверка чувствительности дистанционной защиты линии в заданном районе, шкаф ШЭ 2607 (2 часа).
3. Расчет уставок и проверка чувствительности ступенчатой токовой защиты нулевой последовательности линии в заданном районе (2 часа).
4. Расчет уставок и проверка чувствительности релейных защит высокочастотной дифференциально-фазной защиты линии в заданном районе (2 часа).
5. Расчет уставок и проверка чувствительности ступенчатой токовой нулевой последовательности для системного автотрансформатора в заданном районе (2 часа).
6. Расчет уставок дифференциальной токовой защиты для системного автотрансформатора (2 часа).
7. Расчет уставок и проверка чувствительности ступенчатой токовой обратной последовательности и дистанционной для генератора (2 часа).

Практические занятия (24 час.):

1. Выбор района энергосистемы для проектирования РЗА заданных элементов в курсовом проекте. Выбор и обоснование проектных решений по РЗА для заданных объектов согласно руководящим и нормативным материалам. Составление плана расчета электрических величин, необходимых для выбора уставок принятых защит (1 час).
2. Подготовка исходных данных для ПК «Мустанг» по расчету рабочих режимов и электромеханических переходных процессов. Подготовка исходных данных для ПК АРМ СРЗА по расчету электрических величин при КЗ, уставок и чувствительности РЗА (2 часа).
3. Применение ОЗХ в цифровых устройствах РЗ (1 час).
4. Расчет влияния на СТЗНП взаимной индуктивности при работе пар линий при отключении, на примере двухцепной линии ПС Заря – ПС Новосибирской энергосистемы в АРМ СРЗА (2 часа).
5. Дистанционная защита. Влияние на измеренное сопротивление промежуточной подпитки. Режимы, при которых вектор измеренного сопротивления попадает во 2, 3, 4 квадранты комплексной плоскости (2 часа).
6. Микропроцессорные автоматические устройства определения мест повреждений (ОМП) линий электропередачи. Типы устройств ОМП. Способы снижения влияния переходного сопротивления на результаты вычислений расстояний до КЗ. Характеристики устройств ОМП, выпускаемых ЗАО «РАДИУС автоматика» (2 часа).
7. Виды автоматики трехфазного повторного включения линий электропередачи. Последовательность и условия включения выключателей с двух сторон ЛЭП трехфазного АПВ. Использование устройства контроля погасания электрической дуги однофазного КЗС для повышения эффективности функционирования однофазной АПВ (2 часа).
8. Расчет уставок измерителей ОАПВ (1 час).
9. РЗА трансформаторов связи (2 часа).

10. РЗА генераторов и энергоблоков (2 часа).
11. Расчет уставки и проверка чувствительности защиты от первого и второго замыкания на землю в обмотке возбуждения генератора (2 часа).
12. Релейная защита шин (2 часа).
13. Дифференциальная защита шин. Расчет электрических величин при замыканиях в сети среднего напряжения с различными видами заземления нейтрали (2 часа).
14. РЗА двигателей (1 час).

Курсовое проектирование

Тема курсового проекта – «Проектирование релейной защиты и автоматики энергосистем».

Тематика курсового проекта связана с расчетом релейной защиты и автоматики основных элементов сетевого района – генератор; трансформатор связи; блок генератор-трансформатор; трансформатор собственных нужд блока; линии 110 и 500 кВ; асинхронный и синхронный электродвигатели; кабельные линии.

Курсовой проект позволяет проявить творческие навыки, приобрести практический опыт решения инженерной задачи, закрепить и усвоить теоретический материал. Вопросы курсового проекта охватывают 70-75% теоретического лекционного материала и практических занятий.

6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа является наиболее продуктивной формой образовательной и познавательной деятельности студента в период обучения.

Для реализации творческих способностей и более глубокого освоения дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы: 1) текущая и 2) творческая проблемно-ориентированная.

6.1. Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений. Текущая СРС включает следующие виды работ:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуальному заданию;
- опережающую самостоятельную работу;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовку к лабораторным работам;
- подготовку к контрольным работам, экзамену.

6.2. Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа (TCP) направлена на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала студентов. TCP предусматривает:

- исследовательскую работу и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- анализ научных публикаций по тематике, определенной преподавателем;
- поиск, анализ, структурирование и презентацию информации;
- углубленное исследование вопросов по тематике лабораторных работ.
- анализ статистических материалов по заданной тематике, проведение расчетов, составление схем и моделей.

6.3. Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине

При изучении данной дисциплины студентам предлагается следующие темы для самостоятельной работы.

1. Перечень научных проблем и направлений научных исследований:

- исследование современных устройств релейной защиты и автоматики;
- исследование и разработка алгоритмов функционирования устройств релейной защиты
- моделирование действий релейной защиты и автоматики.

2. Темы индивидуальных заданий:

- Характеристики и эксплуатация современных микропроцессорных устройств фирм ABB, ALSTOM, Siemens, ЭКРА, Механотроника.

3. Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

- назначение трансформаторов тока и напряжения, принцип действия и их конструктивное выполнение.
- современные цифровые максимальные токовые защиты и дистанционная защита
- цифровые продольные и поперечные дифференциальные и дифференциально-фазные защиты
- виды повреждений и ненормальных режимов трансформаторов и автотрансформаторов
- виды повреждений и ненормальных режимов работы генераторов
- виды повреждений и ненормальных режимов работы электродвигателей.
- принципы выполнения схем устройств резервирования при отказе выключателя УРОВ.
- разновидности устройств АПВ и области их применения
- примеры схем устройств АВР на постоянном и переменном оперативном токе
- испытательные установки и устройства для проверки защит.

6.4. Контроль самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов и качество освоения дисциплины осуществляется посредством:

- защиты лабораторных работ в соответствии графиком выполнения;
- защиты курсового проекта;

- защиты научно-исследовательских работ по проведенным исследованиям;
- ответов на контрольные вопросы (вопросы предоставляются студентам в электронной форме на первом занятии).

Оценка текущей успеваемости студентов определяется в баллах в соответствии с рейтинг-планом, предусматривающим все виды учебной деятельности.

6.5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

При выполнении самостоятельной работы студенты имеют возможность пользоваться специализированной литературой, программным обеспечением и учебными пособиями (см. раздел 9).

7. Средства (ФОС) текущей и итоговой оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролирующих мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Выполнение и защита лабораторных работ	P7
Презентации по тематике исследований во время проведения конференц-недели	P4
Опрос студентов на практических занятиях	P1, P4
Экзамен	P1, P4

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

- контрольные вопросы по темам лекций (приложение 1);
- контрольные вопросы к лабораторным работам;
- темы научно-исследовательских работ и рефератов по наиболее проблемным задачам и вопросам теоретического и практического плана изучаемой дисциплины (п. 6.3);

Для итоговой аттестации подготовлены экзаменационные билеты (приложение 2).

8. 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 атте-

стации 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.

В соответствии с «Календарным планом выполнения курсового проекта (работы)»:

- текущая аттестация (оценка качества выполнения разделов и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 22 баллов);
- промежуточная аттестация (защита проекта (работы)) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), по результатам защиты студент должен набрать не менее 33 баллов).

Итоговый рейтинг выполнения курсового проекта (работы) определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита. — М.: Энергоатомиздат, 2007. 549 с.: ил.
2. Дьяков, Анатолий Федорович Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем: учебное пособие / А. Ф. Дьяков, Н. И. Овчаренко. — 2-е изд., стер. — Москва: МЭИ, 2010. — 336 с.: ил. + Прил.: 2 л. схемы. — Список литературы: с. 325-331.. — ISBN 978-5-383-00467-8.
3. <http://www.nelbook.ru>

Дополнительная литература:

1. Копьев, Владимир Николаевич Релейная защита : учебное пособие / В. Н. Копьев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — 160 с.: ил.. — ISBN 978-5-98298-980-2.

2. Электротехнический справочник : книга + DVD / С. Л. Корякин-Черняк [и др.]. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Наука и техника, 2011. — 462 с.: ил. + DVD. — Электроника для продвинутых. — Библиогр.: с. 457-458.. — ISBN 978-5-94387-847-3.

Программное обеспечение и Internet-ресурсы:

1. Программный комплекс АРМ СРЗА.
2. Программный комплекс «Лаборатория релейной защиты и автоматики» / В. Копьев Программное обеспечение лаборатории РЗА ЭЛТИ ТПУ, 2006.
3. Копьев В.Н. Программа расчета аварийных параметров режимов энергосистем (Линия) // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2003611796 от 28.07.03 по заявке № 2003611240 от 05.06.03.
4. Копьев В.Н. Релейная защита. Электронное учебное пособие. Программное обеспечение лаборатории РЗА ЭЛТИ ТПУ, 2009.
5. Internet-ресурсы:
 - Копьев В.Н. Релейная защита. Принципы выполнения и применения: учебное пособие. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. - 153 с. <http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/k/KOPYEV/ur/Tab2/RZ.pdf>
 - Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. http://e-le.lcg.tpu.ru/public/RZES_0461/index.html
 - Релейная защита основного электрооборудования электростанций и подстанций. Вопросы проектирования: Учебное пособие. http://window.edu.ru/window_catalog/files/r57143/tpu042.pdf

Используемое программное обеспечение:

1. Программный комплекс АРМ СРЗА.
2. Программный комплекс «Лаборатория релейной защиты и автоматики.
3. Программа расчета аварийных параметров режимов энергосистем (Линия).
4. Лекции читаются в учебных аудиториях с использованием технических средств, материал лекций представлен в виде презентаций в Power Point.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Указывается материально-техническое обеспечение дисциплины: технические средства, лабораторное оборудование и др.

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Компьютерные классы	Корпус 8, аудитории: 119, 126, 320
2	Программный комплекс АРМ СРЗА	20-25 (в зависимости

		от аудитории) компьютеров, оснащенных данными программами
3	Программный комплекс «Лаборатория релейной защиты и автоматики	20-25 (в зависимости от аудитории) компьютеров, оснащенных данными программами
4	Программа расчета аварийных параметров режимов энергосистем (Линия)	20-25 (в зависимости от аудитории) компьютеров, оснащенных данными программами

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению и профилю подготовки «Автоматика энергосистем».

Программа одобрена на заседании кафедры «Электроэнергетические системы»

(протокол № 1 от «18» июня 2015г.).

Автор  А.В. Шмойлов, к.т.н., доцент кафедры ЭЭС

Рецензент  С.М. Юдин, к.т.н., доцент кафедры ЭЭС

Приложение 1

Примеры вопросов текущего контроля

Вопросы текущего контроля

1. Назначение и виды технологической и системной автоматики.
2. Релейная защита как первая ступень противоаварийной автоматики.
3. Требования, предъявляемые к устройствам защиты: селективность, быстродействие, надежность, чувствительность, выполнение функций резервирования.
5. Структурная схема защиты. Основные алгоритмы функционирования защит, понятие абсолютной и относительной селективности.
6. Назначение трансформаторов тока. Принцип действия, конструктивное выполнение.
7. Особенности работы трансформаторов тока в схемах релейной защиты, погрешности. Выбор трансформаторов тока для схем релейной защиты.
8. Назначение трансформаторов напряжения. Принцип действия, конструктивное выполнение, типовые схемы соединения.
9. Погрешности трансформаторов напряжения.
10. Выбор трансформаторов напряжения для релейной защиты, их проверка.

Приложение 2

Пример итогового контроля (экзаменационный билет)

Билет №1

1. Дифференциально-фазная защита. Принцип действия, область применения. Основные органы ДФЗ линий электропередачи и выбор их параметров настройки.
2. Высокочастотные каналы связи и принципы их использования для осуществления направленной защиты с блокировкой. Фильтровая направленная защита с высокочастотной блокировкой. Поведение направленных защит с блокировкой при качаниях в ЭЭС и в неполнофазных режимах. Краткая характеристика панели ПДЭ - 2802.
3. Сравнение направленной защиты с высокочастотной блокировкой и дифференциально-фазных защит.