ЗМИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Озерский технологический институт** –

Филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ОТИ НИЯУ МИФИ)**

*КАФЕДРА Электрификации промышленных предприятий*

Актуализировано УТВЕРЖДАЮ

И. о. зав. кафедрой ЭПП Директор ОТИ НИЯУ МИФИ

В.Н.Ивойлов И.А. Иванов

« » 20 г. « » 20 г.

### Рабочая программа ДИСЦИПЛИНЫ

*Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем*

Направление подготовки

*13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника*

Профиль подготовки

*Электроснабжение*

Квалификация выпускника

*Бакалавр*

Форма обучения

*Очная*

г. Озерск

2022 год

**1. Цели и задачи изучения дисциплины.**

***Целью дисциплины*** ***является*** изучение методов и технических средств релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем, обеспечивающее бакалавру возможность осуществлять профессиональную деятельность:

· производственно-технологическую;

· организационно-управленческую,

· сервисно-эксплуатационную;

· монтажно-наладочную;

***Задачами дисциплины являются***:

- ознакомление с влиянием фактора надежности на условия функционирования систем электроснабжения;

- изучение теоретических основ анализа надежности систем электроснабжения;

- изучение методов расчета показателей надежности систем различной структуры.

**2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.**

Дисциплина «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» базируется на следующих дисциплинах математического и естественно-научного цикла, а также – на отдельных дисциплинах профессионального цикла: «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Электрические станции и подстанции», «Электроэнергетические системы и сети», «Переходные процессы в электроэнергетических системах», «Электроснабжение». Знания, полученные при освоении дисциплины «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», необходимы для выполнения бакалаврской выпускной квалификационной работы, а также при осуществлении профессиональной деятельности бакалавра.

Дисциплина «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» относится к базовой части основной образовательной программы подготовки прикладных бакалавров по профилю "Электроснабжение" направления 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника. Предметом изучения дисциплины являются системы электроснабжения городов и промышленных предприятий, на процессы функционирования которых существенное влияние оказывает фактор надежности. В дисциплине рассматриваются вопросы, связанные с вероятностным характером функционирования систем электроснабжения, причины возникновения отказов в этих системах, основы теории надежности методы расчета показателей надежности систем различной структуры, вопросы экономических последствий нарушения электроснабжения.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин: «Специальные главы математики», «Теоретические основы электротехники», «Электротехническое и конструкционное материаловедение».

Сведения из дисциплины «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» используются в таких курсах как, «Эксплуатация систем электроснабжения», «Системы электроснабжения». Знания, полученные при освоении дисциплины «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», необходимы также при выполнении бакалаврской выпускной квалификационной работы.

**3. Компетенции обучающегося, формируемые в процессе освоения дисциплины «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических   
систем».**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций бакалаврской программы «Электроснабжение»:

|  |  |
| --- | --- |
| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
| ПК-3 Способен оформлять законченные проектно-конструкторские работы с использованием современных компьютерных технологий | З-ПК-3 Знать: технологические схемы и схемы электрических соединений и их взаимосвязь применительно к объектам профессиональной деятельности  У-ПК-3 Уметь: применять программное обеспечение, принятое к использованию, по направлению  деятельности; производить анализ проектной документации и выдавать замечания и предложения  В-ПК-3 Владеть: навыками работы с информационными средствами и технологиями при разработке проектов в рамках задач профессиональной деятельности |
| ПК-2.1 Способен рассчитывать технико-  экономические показатели  электрических сетей | З-ПК-2.1 Знать: основные показатели  Экономической эффективности и их составляющие; критерии оценки затрат и обоснованности  экономических решений  У-ПК-2.1 Уметь: обосновывать выбор и принятие экономических решений при проектировании  электрических сетей на основе учёта критериев  эффективности  В-ПК-2.1 Владеть: методикой расчёта, оценки и анализа экономической целесообразности при  технико-экономическом сравнении вариантов при  строительстве в один год и неизменных годовых  издержках |

**4. Структура и содержание дисциплины «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»**

**4.1. Структура курса**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц 288 часов.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Раздел дисциплины | Семестр | Неделя семестра |  | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | Форма текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)  Форма промежуточной аттестации (по семестрам) | Максимальный балл за раздел |
| Л | ПЗ | КР | ЛР | СР |
| 1. | **Введение** | **7** | **1** | **2** |  |  |  | **2** |  |  |
| 2. | **Виды повреждений и основные принципы выполнения защит.** | **7** | **2-3** | **2** | **4** |  |  | **15** | **Контрольные работы и тесты** | **8** |
| 3. | **Защита линий.** | **7** | **4-9** | **10** | **10** |  |  | **15** | **Контрольные работы и тесты** | **16** |
| 4. | **Защита трансформаторов.** | **7** | **10-13** | **2** | **6** |  |  | **15** | **Контрольные работы и тесты** | **16** |
| 5. | **Защита двигателей.** | **7** | **14-16** | **2** | **4** |  |  | **15** | **Контрольные работы и тесты** | **10** |
| 6. | **Подготовка к экзамену** | **7** |  |  |  |  |  | **36** |  | **50** |
| 7. | **Итого в 7-м семестре:** |  |  | **18** | **24** | **4** |  | **62** | **Форма аттестации - экзамен** | **100** |
| 8. | **Устройства автоматического включения элементов энергосистем и отдельных электроустановок** | **8** | **1-4** | **6** | **10** |  | **8** | **26** | Защита ЛР №1 и  ЛР №2 | **24** |
| 9. | **Устройства автоматического регулирования параметров режима СЭС** | **8** | **5-7** | **6** | **4** |  | **8** | **24** | Защита ЛР №3 и  ЛР №4 | **20** |
| 10. | **Телемеханика и автоматизированные системы управления энергоснабжением.** | **8** | **8-9** | **6** |  |  |  | **8** |  | **6** |
| 8. | **Подготовка к экзамену** | **8** |  |  |  |  |  | **36** |  | **50** |
| 9. | **Итого в 8-м семестре:** |  |  | **20** | **14** |  | **16** | **58** | **Форма аттестации - экзамен** | **100** |
|  | **ИТОГО:** |  |  | **38** | **38** | **4** | **16** | **192** | **288** |  |

**4.2 Содержание лекционно-практических форм обучения**

**4.2.1. Содержание лекций:**

**7 семестр**

*1.Введение*

Назначение и необходимость практического применения устройств релейной защиты автоматики и телемеханики. Содержание и задачи курса.

*2. Виды повреждений и основные принципы выполнения защиты*

Виды повреждения и ненормальных режимов в системах электроснабжения. Основные принципы выполнения релейной защиты систем электроснабжения. Основные требования к устройствам релейной защиты.

*3. Защита линий*

Виды повреждений линий. Выполнение и параметры срабатывания максимальной токовой защиты (МТЗ) линий радиальной сети с односторонним питанием. Оценка чувствительности и способы повышения чувствительности МТЗ. Принцип действия токовой отсечки. Токовая отсечка с пуском по напряжению. Двух- и трехступенчатые токовые защиты.

Токовая защита замкнутых электрических сетей. Особенности защиты замкнутых сетей. Принципы действия направленных защит. Устройство и характеристики реле направления мощности. Схемы включения реле направления мощности. Направленная токовая отсечка.

Защита от замыкания на землю электрических сетей. Защита нулевой последовательности для сетей с большими токами замыкания на землю: принцип действия, схемы защиты, выбор уставок. Защита нулевой последовательности для сетей с малыми токами замыкания на землю. Принцип выполнения токовых селективных защит от однофазного замыкания.

Дифференциальные токовые защиты. Продольная дифференциальная защита линий: принцип действия, основные элементы и расчет параметров. Принцип действия поперечной дифференциальной защиты параллельных линий. Поперечная направленная дифференциальная защита.

Высокочастотные и дистанционные защиты линий. Принцип действия высокочастотных защит. Направленная защита с ВЧ блокировкой. Дифференциально-фазная высокочастотная защита. Принцип действия и характеристики дистанционной защиты. Принципы действия характеристики срабатывания реле сопротивления. Принципы выполнения схем дистанционной защиты.

*4.**Защита трансформаторов*

Виды повреждений и ненормальные режимы работы трансформаторов. Токовые защиты трансформаторов. Газовая защита. Продольная дифференциальная защита трансформаторов.

*5. Защита двигателей*

Виды повреждений и ненормальные режимы работы электродвигателей. Требования к защите. Защита от коротких замыканий в обмотке статора. Защита от однофазных замыканий в обмотке статора на землю. Защита от перегрузки. Защита минимального напряжения. Особенности защиты синхронных электродвигателей.

**8 семестр**

*1.**Устройства автоматического включения элементов энергосистем и отдельных электроустановок*

Автоматический ввод резерва (АВР). Назначение АВР и основные требования к схемам АВР. Принцип действия схем АВР. Пусковые органы АВР. Параметры срабатывания пусковых органов. Автоматическое включение резервных трансформаторов на электрических станциях. Автоматическое включение резерва на подстанциях.

Автоматическое повторное включение (АПВ). Назначение и виды АПВ. Основные требования к схемам АПВ. Принципы выполнения схем АПВ. Особенности выполнения АПВ в зависимости от типа выключателя и источника оперативного тока. Двукратное АПВ. Апв на линиях с двусторонним питанием. Автоматический повторный пуск электродвигателей.

*2.**Устройства автоматического регулирования параметров режима СЭС*

Средства регулирования частоты. Автоматическая частотная разгрузка (АЧР). Назначение, принцип выполнения АЧР. Реле частоты, его устройство и принципы действия. Схемы АЧР и частотного АПВ (ЧАПВ).

Автоматическое регулирование возбуждения (АРВ) синхронных машин. Назначение и виды АРВ. Устройство токового компаундирования. Электромагнитный корректор напряжения. Устройство фазового компаундирования. Схемы возбуждения и АРВ синхронных электродвигателей. Тиристорные возбудительные устройства (ТВУ).

Автоматическое регулирование коэффициента трансформации трансформаторов (АРКТ). Встречное регулирование. Существующие устройства АРКТ.

Автоматическое управление режимом работы батарей статических конденсаторов.

*3.**Телемеханика и автоматизированные системы управления энергоснабжением*

Общие сведения о системах телемеханики. Необходимость централизованного управления систем электроснабжения. Классификация телемеханических систем. Система телеуправления и телесигнализации. Система телеизмерения. Каналы связи. Устройства телемеханики, используемые в системах электроснабжения.

Назначение автоматизированной системы управления энергоснабжением (АСУЭ) . Принципы построения АСУЭ. Информационное техническое и математическое обеспечение АСУЭ. Основные задачи АСУЭ: задачи оперативного управления, задачи планирования и учета, оперативно-управленческие задачи АСУЭ, оптимизационные задачи АСУЭ. Технико-экономическая эффективность АСУЭ.

**4.2.2. Практические занятия:**

**По первой части курса (7 семестр)**

Занятия 1-2 Расчет токов короткого замыкания для целей релейной за­щиты.

Занятия 3-4 Расчет максимально-токовых защит для радиальной сети.

Занятие 5. Расчет токовых отсечек для радиальной сети.

Занятие 6. Расчет защиты нулевой последовательности.

Занятие 7. Расчет защиты цехового трансформатора

Занятие 8. Расчет защиты электродвигателя

Занятие 9-10. Расчет дифференциальной защиты трансформатора

**По второй части курса (8 семестр)**

Занятие 1. Автоматическое включение резервных трансформаторов собственных нужд на электрических станциях.

Занятия 2-3. Схемы автоматического включения резерва на подстанциях.

Занятие 4-5. Схемы устройств автоматического повторного включения.

Занятие 6-7. Устройства автоматического регулирования возбуждения синхронных машин.

**4.2.3 Темы лабораторных работ и их объем**

**По второй части курса (8 семестр)**

2.3.7 Автоматическое включение резерва (4 часа)

2.3.8 Автоматическое повторное включение (4 часа)

2.3.9 Автоматическая частотная разгрузка с последующим АПВ после восстановления частоты (4 часа)

2.3.10 Изучение тиристорного возбудительного устройства (4 часа)

**4.2.4 Курсовая работа.**

Тема курсовой работы – "Расчет релейной защиты элементов системы электроснабжения"

4.1 Объем, содержание и график выполнения разделов курсовой работы.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование раздела | Срок выполнения по учебным неделям | Объем  в % |
| 1. Расчет токов короткого замыкания. | 1 - 4 недели | 30 |
| 2. Выбор трансформаторов тока.  Выбор защиты трансформатора ТЗ. | 5 неделя | 5 |
| 3. Выбор схем расчет уставок токовых защит линий W1, W2. | 6 - 9 недели | 35 |
| 4. Расчет защиты от однофазных замыканий. | 10 неделя | 5 |
| 5. Выбор схем и расчет уставок защит трансформатора Т2. | 11 неделя | 10 |
| 6. Выбор схем и расчет уставок защит электродвигателя.  Оформление расчетно-пояснительной записки. | 12-13 недели | 15 |

Отчетным материалом курсовой работы является расчетно-пояснительная записка объемом 25-30 страниц. Курсовая работа выполняется за 13 недель, защита на 14 неделе.

**5. Образовательные технологии**

В процессе преподавания дисциплины «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» используются как традиционные формы обучения – лекции, лекции-презентации, практические и лабораторные занятия, так и активные и интерактивные методы обучения – подготовка к практическим занятиям, выполнение индивидуальных домашних заданий.

При проведении лекционных и практических занятий используется наглядно-иллюстрационный раздаточный материал.

**6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

В процессе обучения для оценки уровня усвоения разделов дисциплины «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» и результативности самостоятельной работы студентов применяются активные методы контроля:

6.1. Текущий контроль

*Цель контроля:* Регулярное отслеживание уровня усвоения материала на лекциях, практических и лабораторных занятиях, при выполнении курсовой работы.

*Форма проведения:* На практических занятиях проводятся опрос по теме практического занятия. При выполнении лабораторных работ студент сдает допуск к каждой работе.

*Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:*

- бланк задания на курсовую работу с графиком выполнения ее этапов;

- методические руководства к лабораторным работам с перечнем контрольных вопросов.

6.2. Самоконтроль, осуществляемый студентом в процессе изучения дисциплины.

*Цель контроля:* Результативность самостоятельной работы студента

*Форма проведения:* Консультации для студента, во время которых он может оценить результаты своей самостоятельной работы при подготовке к практическим и лабораторным занятиям и при выполнении курсовой работы.

*Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:*

- бланк задания на курсовую работу с графиком выполнения ее этапов;

- методические руководства к лабораторным работам с перечнем контрольных вопросов.

6.4. Промежуточный контроль по окончании изучения раздела дисциплины.

*Цель контроля:* Оценка степени усвоения материала раздела.

*Форма проведения:* Представление на проверку выполненных этапов курсовой работы, защита отчетов по лабораторным работам.

*Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:*

- бланк задания на курсовую работу с графиком выполнения ее этапов;

- методические руководства к лабораторным работам с требованиями по оформлению отчетов.

6.5. Итоговый контроль

*Цель контроля:* Проверка знаний и навыков студентов, полученных на лекционных, практических и лабораторных занятиях, при выполнении курсовой работы.

*Форма проведения:* На основании результатов текущего и промежуточного контроля за семестр студенты защищают выполненную курсовую работу, сдают зачет (7 семестр) и экзамен (8 семестр).

*Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:*

- вопросы для подготовки к зачету и экзамену по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»;

- экзаменационные билеты.

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

7.1. Основная литература

7.1.1 Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. М., Высшая школа, 1991 (1985) – 16экз.

7.1.2 Беркович М.А. и др. Основы автоматики энергосистем. М., Энергоатомиздат, 1981 – 3экз.

7.1.3 Кривенков В.В., Новелла В.Н. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. М., Энергоатомиздат, 1981 – 12экз.

7.1.4 Соскин Э.А., Киреева Э.А. Автоматизация управления промышленным энергоснабжением. – М., Энергоатомиздат, 1990. – 3экз

7.1.5 Попов В.Н. Автоматика систем электроснабжения промышленных предприятий (Методические указания к лабораторным работам),- Озерск, ОТИ МИФИ, 2005 – 100экз

7.1.6 Попов В.Н. Схемы устройств автоматики систем электроснабжение/ В двух частях: Часть I. Альбом схем, Часть 2. Рабочая тетрадь. – Озёрск, ОТИ МИФИ, 2013 – 20 экз.

7.1.7 Киреева Э.А. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем/Э.А. Киреева, С.А. Цырук. – Изд. Центр «Академия», 2014

7.2. Дополнительная литература

7.2.1 Федосеев А.М. Релейная защита электрических систем. М., Энергоатомиздат, 1984.

7.2.2 Чернобровов Н.В. Релейная защита. – М. Энергия, 1974.

7.2.3 Беркович М.А. и др. Автоматика энергосистем. – М., Энергоатомиздат, 1991 / 1985/ - 2 экз.

7.2.4 Шабад М.А. Расчет релейной защиты и автоматики электрических сетей – Л. Энергоатомиздат, 1985

7.2.5 Басс Э.И., Дорогунцев В.Г. Релейная защита электроэнергетических систем – М.:изд МЭИ, 2002 .

Для выполнения курсовой работы и при выполнении лабораторных работ используется дополнительная инструктивная, учебная и научно-техническая литература. Рекомендуемый список данной литературы приводится в бланке задания на курсовую работу и методических руководствах по лабораторным работам.

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лабораторные стенды лаборатории № 25 для выполнения работ по исследованию устройств автоматики.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по   
специальности *13.03.02 – электроэнергетика и электротехника*

Автор О.И. Клевцова – старший преподаватель кафедры

Электрификации промышленных предприятий

Рецензент М.Ю. Калинин – ведущий специалист кафедры

Электрификации промышленных предприятий

Программа дополнена и переработана зав. лабораторией Т.Ф. Лифановой

Программа одобрена на заседании

от 20.01.2022 года, протокол № 5.