МИНИСТЕРСТВО 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

*Электромеханические переходные процессы*

*в электроэнергетических системах*

Направление подготовки

*13.03.02(ОФО) – электроэнергетика и электротехника*

Профиль подготовки

*Электроснабжение*

Квалификация выпускника

*Прикладной бакалавр*

Форма обучения

*очная*

г. Озерск

2022 год

**1. Цели и задачи изучения дисциплины** Целью изучения дисциплины «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах» является приобретение необходимых знаний о переходных и установившихся режимах электроэнергетических систем и систем электроснабжения, о причинах возникновения электромеханических переходных процессов, особенностях протекания этих процессов и их последствиях.

Основными задачами изучения курса являются:

- изучение математических моделей установившихся и переходных ре­жимов генераторов электроэнергетических систем и узлов нагрузки;

- выработка понимания физики явлений;

- освоение методов анализа и расчета электромеханических переходных процессов.

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

Дисциплина «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах» является одной из дисциплин модуля «Переходные процессы в электроэнергетических системах», который входит в обязательные дисциплины вариативной части основной образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Электроснабжение» направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. В рамках данной дисциплины рассматриваются вопросы анализа и расчетов электромеханических переходных процессов в электрических системах и системах электроснабжения (узлах нагрузки).

Дисциплины, усвоение которых необходимо для изучения данного курса: «Физика», «Математика», «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Математические задачи энергетики», «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах».

Знания, полученные при освоении дисциплины «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах», используются при изучении таких дисциплин как, «Электрические станции и подстанции», «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», «Системы электроснабжения». Сведения данной дисциплины необходимы при выполнении бакалаврской выпускной квалификационной работы.

**3. Компетенции обучающегося, формируемые в процессе освоения дисциплины «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах»:**

В результате освоения данной дисциплины студент должен обладать следующими компетенциями:

|  |  |
| --- | --- |
| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
| ПК-3 Способен оформлять законченные проектно-конструк-торские 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 |
| УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач | З-УК-1 Знать: методики сбора и обработки  информации; актуальные российские и  зарубежные источники информации в сфере  профессиональной деятельности; метод  системного анализа  У-УК-1 Уметь: применять методики поиска,  сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников  В-УК-1 Владеть: методами поиска, сбора и  обработки, критического анализа и синтеза  информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач |

**4. Структура и содержание курса «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах»**

**4.1 Структура дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы 144 часа.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  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 | ЛР | ИДЗ | СРС |
| 1 | **Общие сведения об электромеханических переходных процессах и их исследовании** | **7** | **1** | **2** |  |  |  | **1** |  |  |
| 2. | **Характеристики режимов простейшей электрической системы** | **7** | **1-3** | **6** | **4** | **4** |  | **5** | **Защита ЛР №1,**  **Контрольная работа** | **8** |
| 3. | **Практические критерии статической устойчивости простейшей системы** | **7** | **4-6** | **2** | **6** |  | **5** | **4** | **Защита ИДЗ №1,**  **контрольная работа** | **10** |
| 4. | **Исследование стати-ческой устойчивости простейшей системы методом малых колебаний** | **7** | **7-10** | **4** | **2** | **4** |  | **4** | **Защита ЛР №2,**  **контрольные работы и тесты** | **8** |
| 5. | **Упрощенный критерий динамической устойчивости простейшей электрической системы** | **7** | **11-12** | **4** | **2** | **4** |  | **4** | **Защита ЛР №3,**  **контрольная работа** | **6** |
| 6. | **Протекание во времени процессов, вызванных большими возмущениями** | **7** | **13** | **4** | **2** | **4** | **5** | **4** | **Защита ИДЗ №2, защита ЛР №4,**  **контрольная работа** | **14** |
| 7. | **Переходные процессы в узлах нагрузки** | **7** | **14-18** | **6** | **4** |  |  | **2** | **Контрольные работы (тесты)** | **4** |
| 8. | **ИТОГО:** |  |  | **28** | **20** | **16** | **10** | **25** |  | **50** |
| 9. | **Подготовка к экзамену** | **7** |  |  |  |  |  | **45** |  | **50** |
| 10. | **ИТОГО:** | **7** |  | **28** | **20** | **16** | **10** | **70** | Форма промежуточной аттестации  - **экзамен** | **100** |

**4.2 Содержание лекционно-практических форм обучения**

**4.2.1. Лекции:**

*1.Общие сведения об электромеханических переходных процессах и их исследовании (2 час.)*

Основные понятия и определения. Классификация электромеханических переходных процессов. Основные положения, принимаемые при анализе электромеханических переходных процессов.

*2.Характеристики режимов простейшей электрической системы (6 час.)*

Дифференциальные уравнения переходного процесса простейшей элект­рической системы. Электромагнитный момент синхронной машины. Упрощен­ные уравнения переходного процесса. Векторная диаграмма режима простейшей электрической системы. Соотношения между параметрами и характеристики режимов простейшей системы при синхронной частоте вращения.

Регулирование возбуждения генератора. Характеристики мощности ре­гулируемой системы. Характеристика мощности при упрощенном представлении генератора неизменной ЭДС.

Характеристики режимов простейшей системы при несинхронной частоте вращения ротора генератора. Формы записи уравнения движения ротора.

*3.Практические критерии статической устойчивости простейшей системы (2 час.)*

Условия существования режима. Возможность появления неустойчивости (текучести) нормального режима. Практический критерий статической устойчивости. Косвенные (вторичные) критерии статической устойчивости. Применение практических критериев статической устойчивости.

*4.Исследование статической устойчивости простейшей системы методом малых колебаний (4 час.)*

Основные положения малых колебаний. Уравнения переходных процес­сов при малых возмущениях и малых изменениях скорости.

Статическая устойчивость простейшей нерегулируемой системы, расс­мотренной без учета переходных процессов в обмотке возбуждения. Условия апериодической неустойчивости системы. Влияние демпфирования. Коле­бательная неустойчивость (самораскачивание) нерегулируемой системы. Анализ статической устойчивости нерегулируемой системы при учете электромагнитного переходного процесса в обмотке возбуждения.

Методика исследования статической устойчивости регулируемой системы. Статическая устойчивость системы, снабженной АРВ пропорционального действия. Статическая устойчивость системы снабженной АРВ сильного действия.

*5.Упрощенный критерий динамической устойчивости простейшей электрической системы (2 час.)*

Понятие о критериях динамической устойчивости. Основные допущения упрощенного анализа динамической устойчивости. Энергетические соотно­шения, характеризующие движение ротора генератора. Правило площадей, как упрощенный критерий динамической устойчивости простейшей системы.

Представление процессов на фазовой плоскости. Влияние демпфирования. Возможности применения способа площадей для проверки устойчивости простейшей системы.

*6.Протекание во времени процессов, вызванных большими возмущениями (2 час.)*

Задачи исследования и основные допущения. Качественная оценка от­носительного движения ротора генератора. Решение дифференциального уравнения относительного движения ротора генератора для некоторых частных случаев. Численное решение уравнения относительного движения. Метод последовательных интервалов.

*7.Переходные процессы в узлах нагрузки (6 час.)*

Понятие об узле нагрузки. Характеристики нагрузки. Уравнения и характеристики синхронного и асинхронного двигателя. Переходные процессы в узлах нагрузки при малых возмущениях. Статическая устойчивость двигательной нагрузки. Лавина напряжения. Устойчивость узла нагрузки. Критерии устойчивости и влияющие факторы.

Большие возмущения в системах электроснабжения. Динамические характеристики нагрузки. Пуск асинхронного двигателя. Особенности пуска от источника соизмеримой мощности. Выбег двигателей. Самозапуск асинхронных двигателей. Расчет самозапуска. Пуск и самозапуск синхронных двигателей.

**4.2.2. Практические занятия:**

Занятия 1. Векторная диаграмма и соотношения параметров режима простейшей системы.

Занятие 2. Угловые характеристики мощности простейшей системы.

Занятие 3. Статическая устойчивость простейшей системы при отсутствии регулирования возбуждения (пределы и запасы устойчивости).

Занятие 4. Статическая устойчивость системы при наличии регулятора возбуждения сильного действия.

Занятие 5. Статическая устойчивость системы при наличии регулятора возбуждения пропорционального действия.

Занятие 6. Анализ статической устойчивости системы снабженной АРВ ПД методом малых колебаний.

Занятие 7. Исследование динамической устойчивости методом площадей.

Занятие 8. Численное интегрирование уравнения относительного движения.

Занятие 9. Анализ устойчивости двигательной нагрузки.

Занятие 10. Анализ устойчивости комплексной нагрузки.

**4.5.3. Лабораторные работы:**

Работа №1 Исследование характеристик простейшей электрической системы с использованием УРМЭС-2.

Работа №2. Исследование статической устойчивости синхронного генератора снабженного АРВ сильного действия.

Работа №3. Исследование динамической устойчивости простейшей системы.

Работа №4. Расчет электромеханического переходного процесса с помощью УРМЭС-2.

**4.5.4. Индивидуальные домашние задания:**

Задание №1. Исследование статической устойчивости простейшей системы.

Задание №2. Исследование динамической устойчивости простейшей системы.

**5. Образовательные технологии**

В процессе преподавания дисциплины «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах» используются как традиционные формы обучения – лекции, лекции-презентации и практические занятия, так и активные и интерактивные методы обучения – подготовка к лабораторным и 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 «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах» 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.

*Форма проведения:* На практических занятиях проводятся опрос, тестирование и/или контрольные работы в объеме 1 часа в виде самостоятельного решения задач по теме практического занятия; на лабораторных занятиях путем опроса проводится допуск к выполнению работы.

*Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:*

- тесты;

- контрольные задачи;

- методические указания к выполнению лабораторных работ.

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 контрольным работам, при выполнении индивидуальных домашних заданий и при подготовке к выполнению лабораторных работ и защите отчетов.

*Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:*

- индивидуальные домашние задания;

- задачи для самостоятельного решения;

- методические указания к выполнению лабораторных работ.

6.3. Промежуточный контроль по окончании изучения раздела дисциплины.

*Цель контроля:* Оценка степени усвоения материала раздела.

*Форма проведения:* Защита индивидуальных домашних заданий и отчетов по лабораторным работам.

*Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:*

- индивидуальные домашние задания;

- методические указания к выполнению лабораторных работ.

6.4. Итоговый контроль

*Цель контроля:* Проверка знаний и навыков студентов, полученных на лекционных, практических и лабораторных занятиях, при выполнении индивидуальных домашних заданий.

*Форма проведения:* При положительных результатах текущего и промежуточного контроля за семестр студенты сдают экзамен.

*Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:*

- вопросы для подготовки к экзамену по дисциплине «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах»;

- экзаменационные билеты.

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

**7.1. Основная литература**

Шабад В.К. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах – М.: Изд. Центр «Академия». 2013 (5экз)

Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах – Новосибирск: НГТУ, М.: Мир; ООО «Издательство АСТ», 2003. (3экз)

**7.2. Дополнительная литература**

Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. Энергия,1985(1970,1978)-11(13,2)экз.

Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях. Под редакцией В.А. Веникова.-М.: Энергия, 1983-25 экз.

Электрические системы. Режимы работы электрических систем и сетей. Под редакцией В.А. Веникова. Высшая школа, 1975-25 экз.

Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем. Энергия, 1979-5 экз.

**7.3. Методические указания, рекомендации по использованию информационных технологий**

Методические указания к выполнению лабораторных работ:

Попов В.Н. Исследование электромеханических переходных процессов. Учебное пособие к лабораторным работам – Озерск, ОТИ МИФИ, 2003

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Универсальная модель электрической системы УРМЭС-2 и ПЭВМ лаборатории № 207 для выполнения лабораторных работ и индивидуальных домашних заданий.

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

Автор А.В. Омеляшко – старший преподаватель,

Рецензент М.Ю. Калинин – ведущий специалист кафедры

Электрификации промышленных предприятий

Программа дополнена Т.Ф. Лифановой – зав. лабораторией кафедры

Электрификации промышленных предприятий

Программа одобрена на заседании

от 20.01.2022 года, протокол № 5.