

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электромеханика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
АНАЛИЗ НЕУСТАНОВИВШИХСЯ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
МАШИНАХ И ТРАНСФОРМАТОРАХ

| | |
|--|--|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.08.07 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 8 семестр - 3; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 108 часов |
| Лекции | 8 семестр - 14 часов; |
| Практические занятия | 8 семестр - 14 часов; |
| Лабораторные работы | 8 семестр - 16 часов; |
| Консультации | 8 семестр - 2 часа; |
| Самостоятельная работа | 8 семестр - 61,5 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Лабораторная работа Расчетно-графическая работа Тестирование | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Экзамен | 8 семестр - 0,5 часа; |

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

| | | |
|--|--|------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Иванов А.С. |
| | Идентификатор | R28e5c30d-IvanovAIS-37175ef6 |

А.С. Иванов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

| | | |
|--|--|---------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Ширинский С.В. |
| | Идентификатор | Rac9f4bfa-ShirinskiiSV-a85b725f |

С.В. Ширинский

Заведующий выпускающей
кафедрой

| | | |
|--|--|------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Киселев М.Г. |
| | Идентификатор | R572ca413-KiselevMG-f37ee096 |

М.Г. Киселев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение явлений, возникающих при переходных процессах в трансформаторах и электрических машинах всех видов, и методов анализа переходных процессов на основе математических моделей электрических машин

Задачи дисциплины

- изучение основных видов переходных процессов в электрических машинах;
- изучение особенностей протекания переходных процессов в различных электрических машинах и влияния параметров электрических машин на ход переходного процесса;
- освоение методов анализа разного рода переходных процессов в электрических машинах;
- приобретение навыков обоснованного выбора и применения методов анализа переходных процессов в электрических машинах.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|--|---|---|
| ПК-6 Способен проводить работы по обработке технической информации и результатов исследований, ее анализу и применению для проектирования объектов профессиональной деятельности | ИД-3 _{ПК-6} Применяет приближенные методы расчета и выбора основных элементов электрических машин и аппаратов | знать: - методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования переходных процессов в электрических машинах и трансформаторах. уметь: - моделировать электрические машины и трансформаторы. |
| ПК-8 Способен участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике и анализировать полученные результаты | ИД-1 _{ПК-8} Применяет основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, использует компьютер для обработки информации | знать: - технические средства для измерения основных параметров переходных процессов в электрических машинах и трансформаторах. уметь: - рассчитывать переходные процессы в электрических машинах и трансформаторах. |
| ПК-8 Способен участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике и анализировать полученные результаты | ИД-3 _{ПК-8} Разрабатывает упрощенные модели электромеханических преобразователей энергии и протекающих в них процессов | знать: - принципы математического описания процессов, происходящих в электрических машинах и трансформаторах. уметь: - использовать современные программные средства для расчета переходных процессов в линейных и нелинейных электрических и магнитных цепях электрических машин и трансформаторов. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электромеханика (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать физические законы, лежащие в основе работы электрических машин и трансформаторов
- знать принцип действия и конструкции электрических двигателей, генераторов и трансформаторов
- знать методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений
- уметь определять параметры и рассчитывать характеристики электрических машин
- уметь решать обыкновенные дифференциальные уравнения аналитическим способом

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Математическое описание переходных процессов. Тепловые переходные процессы. | 12 | 8 | 2 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Математическое описание переходных процессов. Тепловые переходные процессы."</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Математическое описание переходных процессов. Тепловые переходные процессы. и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Математическое описание переходных процессов. Тепловые переходные процессы." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение</p> |
| 1.1 | Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Обыкновенные дифференциальные уравнения для математического описания переходных процессов. Тепловые переходные процессы. Режимы работы электрических машин по условиям нагрева. | 12 | | 2 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | дополнительного материала по разделу "Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Математическое описание переходных процессов. Тепловые переходные процессы." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 317-318 [4], часть 1 |
| 2 | Переходные процессы в трансформаторах | 12 | 2 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Переходные процессы в трансформаторах" материалу. |
| 2.1 | Дифференциальные уравнения трансформатора и их связь с комплексными уравнениями установившихся режимов. Физический смысл параметров в дифференциальных уравнениях. Переходный процесс при включении в сеть ненагруженного трансформатора, влияние насыщения. Внезапное короткое замыкание вторичной обмотки трансформатора, ударный ток короткого замыкания. Воздействие токов короткого замыкания на трансформатор. Включение трансформатора на постоянное напряжение. | 12 | 2 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Переходные процессы в трансформаторах" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], глава 25 [4], часть 2 [5], глава 15 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | Волновые переходные процессы и перенапряжения в трансформаторах. | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Математическая модель обобщенной электрической машины | 12 | 2 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Математическая модель обобщенной электрической машины и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Математическая модель обобщенной электрической машины"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], глава 2 [6], глава 69</p> |
| 3.1 | История создания обобщенной теории электрических машин. Методы анализа переходных процессов в электрических машинах. Допущения, применяемые при анализе. Пространственные векторы переменных в различных системах координат. Преобразование многофазных обмоток в эквивалентные двухфазные. Этапы и инварианты преобразования. Формулы обратного преобразования переменных. Матричные преобразования. Дифференциальные уравнения электрической машины в фазовых координатах. Переход к ортогональным | 12 | 2 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <p> координатам. Неподвижная и вращающиеся системы координат. Дифференциальные уравнения обобщенной машины в различных системах координат. Преобразования Кларк и преобразования Парка. Матричная форма записи системы дифференциальных уравнений. Использование относительных единиц в обобщенной теории электрических машин. Электромагнитный момент в обобщенной теории электрических машин. Формулы электромагнитного момента. Дифференциальные уравнения баланса моментов (движения ротора) для генератора и электродвигателя. Математическая модель однофазного асинхронного двигателя. Математическая модель асинхронного конденсаторного </p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|
| | двигателя. Дифференциальные уравнения синхронных двигателей с постоянными магнитами и синхронных реактивных двигателей. | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Переходные процессы в асинхронных машинах | 12 | 3 | - | 3 | - | - | - | - | - | 6 | - | | |
| 4.1 | Дифференциальные уравнения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в различных системах координат. Переходные процессы в асинхронных двигателях при пуске, реверсе и изменении нагрузки на валу. Влияние параметров асинхронного двигателя на ход переходного процесса. Динамическая механическая характеристика. Ударный ток включения и ударный момент асинхронного двигателя. Переходный процесс при пуске двигателя переключением схемы | 12 | 3 | - | 3 | - | - | - | - | - | 6 | - | | <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Переходные процессы в асинхронных машинах" материалу.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Переходные процессы в асинхронных машинах"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[4], часть 3 [5], глава 44.1 [6], глава 70</p> |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | «звезда» - «треугольник». Учёт нелинейных изменений параметров при математическом моделировании электрических машин. Моделирование генераторного режима асинхронной машины. Математическая модель асинхронного генератора с самовозбуждением. | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Переходные процессы в синхронных машинах. Дифференциальные уравнения Парка-Горева. | 8 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Переходные процессы в синхронных машинах. Дифференциальные уравнения Парка-Горева. и подготовка к контрольной работе |
| 5.1 | Дифференциальные уравнения Парка-Горева для синхронных машин. Электромагнитный момент синхронной явнополюсной машины. Переходный процесс при внезапном трёхфазном коротком замыкании синхронного генератора. Переходные и сверхпереходные индуктивные сопротивления | 8 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Переходные процессы в синхронных машинах. Дифференциальные уравнения Парка-Горева." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], глава 26 [2], глава 35 [6], главы 71, 72, 73 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | <p>обмотки якоря. Электродинамические силы при коротком замыкании. Статическая и динамическая устойчивость синхронной машины. Удельные синхронизирующие мощность и момент. Качания ротора синхронной машины. Моменты, действующие на ротор. Роль демпферной (успокоительной) обмотки. Выпадение синхронной машины из синхронизма, асинхронный режим синхронной машины, ресинхронизация.</p> | | | | | | | | | | | | |
| 6 | <p>Переходные процессы в машинах постоянного тока. Дифференциальные уравнения машин постоянного тока.</p> | 16 | | 3 | 4 | 3 | - | - | - | - | 6 | - | <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Переходные процессы в машинах постоянного тока. Дифференциальные уравнения машин постоянного тока." материалу. <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Переходные процессы в машинах постоянного тока. Дифференциальные</p> |
| 6.1 | <p>Дифференциальные уравнения машин постоянного тока и их связь с уравнениями установившихся режимов. Переходные процессы при включении обмотки возбуждения, пуске и</p> | 16 | | 3 | 4 | 3 | - | - | - | 6 | - | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|---|----------|---|---|------------|-----------|-------------|--|
| набросе нагрузки двигателей с различными типами возбуждения. Динамические режимы пуска, торможения, реверса и регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока. Влияние параметров двигателя постоянного тока на ход переходного процесса. | | | | | | | | | | | | | уравнения машин постоянного тока." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], часть 4 |
| | Экзамен | 36.0 | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 | |
| | Всего за семестр | 108.0 | 14 | 16 | 14 | - | 2 | - | - | 0.5 | 28 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 108.0 | 14 | 16 | 14 | | 2 | | - | 0.5 | | 61.5 | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Математическое описание переходных процессов. Тепловые переходные процессы.

1.1. Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Обыкновенные дифференциальные уравнения для математического описания переходных процессов. Тепловые переходные процессы. Режимы работы электрических машин по условиям нагрева.

2. Переходные процессы в трансформаторах

2.1. Дифференциальные уравнения трансформатора и их связь с комплексными уравнениями установившихся режимов. Физический смысл параметров в дифференциальных уравнениях. Переходный процесс при включении в сеть ненагруженного трансформатора, влияние насыщения. Внезапное короткое замыкание вторичной обмотки трансформатора, ударный ток короткого замыкания. Воздействие токов короткого замыкания на трансформатор. Включение трансформатора на постоянное напряжение. Волновые переходные процессы и перенапряжения в трансформаторах.

3. Математическая модель обобщенной электрической машины

3.1. История создания обобщенной теории электрических машин. Методы анализа переходных процессов в электрических машинах. Допущения, применяемые при анализе. Пространственные векторы переменных в различных системах координат. Преобразование многофазных обмоток в эквивалентные двухфазные. Этапы и инварианты преобразования. Формулы обратного преобразования переменных. Матричные преобразования. Дифференциальные уравнения электрической машины в фазовых координатах. Переход к ортогональным координатам. неподвижная и вращающиеся системы координат. Дифференциальные уравнения обобщенной машины в различных системах координат. Преобразования Кларк и преобразования Парка. Матричная форма записи системы дифференциальных уравнений. Использование относительных единиц в обобщенной теории электрических машин. Электромагнитный момент в обобщенной теории электрических машин. Формулы электромагнитного момента. Дифференциальные уравнения баланса моментов (движения ротора) для генератора и электродвигателя. Математическая модель однофазного асинхронного двигателя. Математическая модель асинхронного конденсаторного двигателя. Дифференциальные уравнения синхронных двигателей с постоянными магнитами и синхронных реактивных двигателей.

4. Переходные процессы в асинхронных машинах

4.1. Дифференциальные уравнения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в различных системах координат. Переходные процессы в асинхронных двигателях при пуске, реверсе и изменении нагрузки на валу. Влияние параметров асинхронного двигателя на ход переходного процесса. Динамическая механическая характеристика. Ударный ток включения и ударный момент асинхронного двигателя. Переходный процесс при пуске двигателя переключением схемы «звезда» - «треугольник». Учёт нелинейных изменений параметров при математическом моделировании электрических машин. Моделирование

генераторного режима асинхронной машины. Математическая модель асинхронного генератора с самовозбуждением.

5. Переходные процессы в синхронных машинах. Дифференциальные уравнения Парка-Горева.

5.1. Дифференциальные уравнения Парка-Горева для синхронных машин. Электромагнитный момент синхронной явнополюсной машины. Переходный процесс при внезапном трёхфазном коротком замыкании синхронного генератора. Переходные и сверхпереходные индуктивные сопротивления обмотки якоря. Электродинамические силы при коротком замыкании. Статическая и динамическая устойчивость синхронной машины. Удельные синхронизирующие мощность и момент. Качания ротора синхронной машины. Моменты, действующие на ротор. Роль демпферной (успокоительной) обмотки. Выпадение синхронной машины из синхронизма, асинхронный режим синхронной машины, ресинхронизация.

6. Переходные процессы в машинах постоянного тока. Дифференциальные уравнения машин постоянного тока.

6.1. Дифференциальные уравнения машин постоянного тока и их связь с уравнениями установившихся режимов. Переходные процессы при включении обмотки возбуждения, пуске и набросе нагрузки двигателей с различными типами возбуждения. Динамические режимы пуска, торможения, реверса и регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока. Влияние параметров двигателя постоянного тока на ход переходного процесса.

3.3. Темы практических занятий

1. Автоматизация снятия характеристик в Matlab&Simulink;
2. Составление блок-схем в Matlab&Simulink, создание подсистем;
3. Знакомство с инструментальными средствами Matlab и Simulink. Настройка пользовательского интерфейса;
4. Решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений с помощью Matlab и Simulink. Выбор и настройка параметров решателя;
5. Визуализация решений в Matlab&Simulink.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Изучение инструментальных средств моделирования переходных процессов в программном комплексе Matlab&Simulink.;
2. Моделирование переходных процессов в трансформаторах.;
3. Исследование переходных процессов в двигателе постоянного тока.;
4. Исследование переходных процессов в асинхронном двигателе..

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | | | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|--|------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Знать: | | | | | | | | |
| методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования переходных процессов в электрических машинах и трансформаторах | ИД-3ПК-6 | | | + | | | | Лабораторная работа/КМ-3 Исследование переходных процессов в асинхронном двигателе |
| технические средства для измерения основных параметров переходных процессов в электрических машинах и трансформаторах | ИД-1ПК-8 | | | | + | | | Расчетно-графическая работа/КМ-4 Влияние параметров асинхронного двигателя на ход переходного процесса» |
| принципы математического описания процессов, происходящих в электрических машинах и трансформаторах | ИД-3ПК-8 | | | | | + | | Тестирование/КМ-5 Переходные процессы в синхронных машинах |
| Уметь: | | | | | | | | |
| моделировать электрические машины и трансформаторы | ИД-3ПК-6 | | + | | | | | Лабораторная работа/КМ-2 Моделирование переходных процессов в трансформаторах |
| рассчитывать переходные процессы в электрических машинах и трансформаторах | ИД-1ПК-8 | | | | | | + | Лабораторная работа/КМ-6 Исследование переходных процессов в двигателе постоянного тока. |
| использовать современные программные средства для расчета переходных процессов в линейных и нелинейных электрических и магнитных цепях электрических машин и трансформаторов | ИД-3ПК-8 | + | | | | | | Лабораторная работа/КМ-1 Изучение инструментальных средств моделирования переходных процессов в программном комплексе Matlab-Simulink |

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. КМ-1 Изучение инструментальных средств моделирования переходных процессов в программном комплексе Matlab-Simulink (Лабораторная работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-2 Моделирование переходных процессов в трансформаторах (Лабораторная работа)
2. КМ-3 Исследование переходных процессов в асинхронном двигателе (Лабораторная работа)
3. КМ-6 Исследование переходных процессов в двигателе постоянного тока. (Лабораторная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. КМ-4 Влияние параметров асинхронного двигателя на ход переходного процесса» (Расчетно-графическая работа)
2. КМ-5 Переходные процессы в синхронных машинах (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №8)

Оценка за освоение дисциплины определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Вольдек, А. И. Электрические машины. Машины переменного тока : учебник для вузов по направлениям "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Электроэнергетика" / А. И. Вольдек, В. В. Попов . – СПб. : Питер, 2010 . – 350 с. – (Учебник для вузов) . - ISBN 978-5-469-01381-5 .;
2. Токарев, Б. Ф. Электрические машины : Учебное пособие для электротехнических и энергетических специальностей вузов / Б. Ф. Токарев . – М. : Энергоатомиздат, 1990 . – 624 с. - ISBN 5-283-00595-X .;
3. Копылов, И. П. Математическое моделирование электрических машин : Учебник для электротехнических и энергетических специальностей вузов / И. П. Копылов . – 3-е изд., перераб. и доп . – М. : Высшая школа, 2001 . – 327 с. - ISBN 5-06-003861-0 .;

4. Иванов, А. С. Переходные процессы в электрических машинах : практикум по курсу "Переходные процессы в электрических машинах" по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / А. С. Иванов, Ю. А. Мощинский, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 67 с. - ISBN 978-5-7046-1927-7 .

[http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10085;](http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10085)

5. Иванов-Смоленский А.В.- "Электрические машины. В двух томах. Том 1", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017

[https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012222.html;](https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012222.html)

6. Иванов-Смоленский А.В.- "Электрические машины. В двух томах. Том 2", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017

[https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012239.html.](https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012239.html)

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. SimInTech (студенческая версия).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|-------------------------------------|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Е-207, Лекционная аудитория | стол, стул, шкаф, лабораторный стенд |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий | Е-209, Лаборатория электромеханики | стол, стул, доска меловая, лабораторный стенд |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Е-207, Лекционная аудитория | стол, стул, шкаф, лабораторный стенд |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-303, Компьютерный читальный зал | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для консультирования | Е-206.1, Преподавательская | парта со скамьей, стеллаж для хранения книг, стол преподавателя, стул, доска |

| | | |
|--|-----------------|------------------------------------|
| | | меловая |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Т-122, Кладовая | стеллаж, шкаф, шкаф для документов |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Анализ неустановившихся процессов в электрических машинах и трансформаторах

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 КМ-1 Изучение инструментальных средств моделирования переходных процессов в программном комплексе Matlab-Simulink (Лабораторная работа)
- КМ-2 КМ-2 Моделирование переходных процессов в трансформаторах (Лабораторная работа)
- КМ-3 КМ-3 Исследование переходных процессов в асинхронном двигателе (Лабораторная работа)
- КМ-4 КМ-4 Влияние параметров асинхронного двигателя на ход переходного процесса» (Расчетно-графическая работа)
- КМ-5 КМ-5 Переходные процессы в синхронных машинах (Тестирование)
- КМ-6 КМ-6 Исследование переходных процессов в двигателе постоянного тока. (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
| 1 | Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Математическое описание переходных процессов. Тепловые переходные процессы. | | | | | | | |
| 1.1 | Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Обыкновенные дифференциальные уравнения для математического описания переходных процессов. Тепловые переходные процессы. Режимы работы электрических машин по условиям нагрева. | | + | | | | | |
| 2 | Переходные процессы в трансформаторах | | | | | | | |
| 2.1 | Дифференциальные уравнения трансформатора и их связь с комплексными уравнениями установившихся режимов. Физический смысл параметров в дифференциальных уравнениях. Переходный процесс при включении в сеть ненагруженного трансформатора, влияние насыщения. Внезапное короткое замыкание вторичной обмотки трансформатора, ударный ток короткого замыкания. Воздействие токов короткого замыкания на | | | + | | | | |

| | | | | | | | |
|-----|---|--|--|---|---|--|--|
| | трансформатор. Включение трансформатора на постоянное напряжение. Волновые переходные процессы и перенапряжения в трансформаторах. | | | | | | |
| 3 | Математическая модель обобщенной электрической машины | | | | | | |
| 3.1 | История создания обобщенной теории электрических машин. Методы анализа переходных процессов в электрических машинах. Допущения, применяемые при анализе. Пространственные векторы переменных в различных системах координат. Преобразование многофазных обмоток в эквивалентные двухфазные. Этапы и инварианты преобразования. Формулы обратного преобразования переменных. Матричные преобразования. Дифференциальные уравнения электрической машины в фазовых координатах. Переход к ортогональным координатам. неподвижная и вращающиеся системы координат. Дифференциальные уравнения обобщенной машины в различных системах координат. Преобразования Кларк и преобразования Парка. Матричная форма записи системы дифференциальных уравнений. Использование относительных единиц в обобщенной теории электрических машин. Электромагнитный момент в обобщенной теории электрических машин. Формулы электромагнитного момента. Дифференциальные уравнения баланса моментов (движения ротора) для генератора и электродвигателя. Математическая модель однофазного асинхронного двигателя. Математическая модель асинхронного конденсаторного двигателя. Дифференциальные уравнения синхронных двигателей с постоянными магнитами и синхронных реактивных двигателей. | | | + | | | |
| 4 | Переходные процессы в асинхронных машинах | | | | | | |
| 4.1 | Дифференциальные уравнения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в различных системах координат. Переходные процессы в асинхронных двигателях при пуске, реверсе и изменении нагрузки на валу. Влияние параметров асинхронного двигателя на ход переходного процесса. Динамическая механическая | | | | + | | |

| | | | | | | | |
|------------|--|----|----|----|----|----|----|
| | характеристика. Ударный ток включения и ударный момент асинхронного двигателя. Переходный процесс при пуске двигателя переключением схемы «звезда» - «треугольник». Учёт нелинейных изменений параметров при математическом моделировании электрических машин. Моделирование генераторного режима асинхронной машины. Математическая модель асинхронного генератора с самовозбуждением. | | | | | | |
| 5 | Переходные процессы в синхронных машинах. Дифференциальные уравнения Парка-Горева. | | | | | | |
| 5.1 | Дифференциальные уравнения Парка-Горева для синхронных машин. Электромагнитный момент синхронной явнополюсной машины. Переходный процесс при внезапном трёхфазном коротком замыкании синхронного генератора. Переходные и сверхпереходные индуктивные сопротивления обмотки якоря. Электродинамические силы при коротком замыкании. Статическая и динамическая устойчивость синхронной машины. Удельные синхронизирующие мощность и момент. Качания ротора синхронной машины. Моменты, действующие на ротор. Роль демпферной (успокоительной) обмотки. Выпадение синхронной машины из синхронизма, асинхронный режим синхронной машины, ресинхронизация. | | | | | + | |
| 6 | Переходные процессы в машинах постоянного тока. Дифференциальные уравнения машин постоянного тока. | | | | | | |
| 6.1 | Дифференциальные уравнения машин постоянного тока и их связь с уравнениями установившихся режимов. Переходные процессы при включении обмотки возбуждения, пуске и набросе нагрузки двигателей с различными типами возбуждения. Динамические режимы пуска, торможения, реверса и регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока. Влияние параметров двигателя постоянного тока на ход переходного процесса. | | | | | | + |
| Вес КМ, %: | | 10 | 20 | 15 | 30 | 10 | 15 |