

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Набережночелнинский институт (филиал)
Отделение информационных технологий и энергетических систем



Утверждаю

Первый заместитель директора
НЧИ КФУ Симонова Л. А.



_____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Устойчивость систем электроснабжения Б1.В.06

Направление подготовки: 13.04.02 - Электроэнергетика и электротехника

Профиль подготовки: Электроснабжение промышленных предприятий и систем

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

Автор(ы): Дрогайлова Л.Н.

Рецензент(ы): Илюхин А.Н.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Башмаков Д. А.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 20__ г.

Учебно-методическая комиссия Высшей инженерной школы (Отделение информационных технологий и энергетических систем) (Набережночелнинский институт (филиал)):

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 20__ г.

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
 - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
 - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
 - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
 - 7.1. Основная литература
 - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) старший преподаватель, б/с Дрогайлова Л.Н. (Кафедра электроэнергетики и электротехники, Отделение информационных технологий и энергетических систем), LNDrogajlova@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции |
|------------------|--|
| ПК-1 | Способен управлять работами по компьютерному проектированию технологических процессов |
| ПК-2 | Способен разрабатывать проект системы электроснабжения объектов капитального строительства |

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

Классификацию и виды переходных процессов в электроэнергетических системах, методы расчета коэффициентов запаса статической и динамической устойчивости, особенности развития переходных процессов в синхронной машине при близкой и удаленной точке короткого замыкания, знать способы и возможности регулирования процессов в синхронных и асинхронных машинах, мероприятия по улучшению надежности и качества переходных процессов энергосистем

Должен уметь:

Составить схему замещения при любом виде короткого замыкания, уметь определить углы рассогласования полюсов статора и ротора критический и предельный, использовать комплексные схемы замещения при анализе сложных несимметричных повреждений, анализировать статическую и динамическую устойчивость в неуправляемой и управляемой системах.

Должен владеть:

Практическими критериями анализа статической и динамической устойчивости

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания на практике.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.06 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 13.04.02 "Электроэнергетика и электротехника (Электроснабжение промышленных предприятий и систем)" и относится к вариативной части.

Осваивается на 2 курсе в 4 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 28 часа(ов), в том числе лекции - 4 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 24 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 44 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 4 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

| N | Разделы дисциплины / модуля | Семестр | Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах) | | | Самостоятельная работа |
|----|---|---------|--|----------------------|---------------------|------------------------|
| | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 1. | Тема 1. Характеристика мощности. Понятие о статической и динамической устойчивости | 4 | 2 | 0 | 8 | 10 |
| 2. | Тема 2. Устойчивость системы, содержащей станцию, питающую через ЛЭП нагрузку соизмеримой мощности. | 4 | 2 | 0 | 8 | 20 |
| 3. | Тема 3. Анализ статической устойчивости нерегулируемой и регулируемой систем. | 4 | 0 | 0 | 8 | 14 |
| | Итого | | 4 | 0 | 24 | 44 |

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Характеристика мощности. Понятие о статической и динамической устойчивости

Характеристика мощности. Понятие о статической и динамической устойчивости. Эквивалентные преобразования в энергосистеме. Исследование относительного движения ротора с помощью способа площадей. Метод последовательных интервалов в схеме "станция - шины" при учете электромагнитных переходных процессов.

Тема 2. Устойчивость системы, содержащей станцию, питающую через ЛЭП нагрузку соизмеримой мощности.

Расчет переходных процессов в сложной системе. Расчёты асинхронного хода, ресинхронизации, результирующей устойчивости. Анализ простейшей нерегулируемой системы. Влияние форсировки возбуждения на динамическую устойчивость. Влияние форсировки возбуждения на статическую устойчивость. Анализ систем, имеющих автоматическое регулирование.

Тема 3. Анализ статической устойчивости нерегулируемой и регулируемой систем.

Расчет коэффициента статической и динамической устойчивости для любой системы регулируемой и нерегулируемой. Исследование работы системы с синхронными генераторами, оснащенными автоматическим регулятором возбуждения, и с генераторами без АРВ. Мероприятия для повышения статической и динамической устойчивости систем электроснабжения.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

| Этап | Форма контроля | Оцениваемые компетенции | Темы (разделы) дисциплины |
|------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| Семестр 4 | | | |
| | <i>Текущий контроль</i> | | |
| 1 | Лабораторные работы | ПК-1 | 1. Характеристика мощности. Понятие о статической и динамической устойчивости 2. Устойчивость системы, содержащей станцию, питающую через ЛЭП нагрузку соизмеримой мощности. 3. Анализ статической устойчивости нерегулируемой и регулируемой систем. |
| 2 | Письменная работа | ПК-2 | 1. Характеристика мощности. Понятие о статической и динамической устойчивости |
| 3 | Устный опрос | ПК-2, ПК-1 | 2. Устойчивость системы, содержащей станцию, питающую через ЛЭП нагрузку соизмеримой мощности. |
| | <i>Экзамен</i> | ПК-1, ПК-2 | |

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

| Форма контроля | Критерии оценивания | | | | Этап |
|-------------------------|---|---|--|---|------|
| | Отлично | Хорошо | Удовл. | Неуд. | |
| Семестр 4 | | | | | |
| Текущий контроль | | | | | |
| Лабораторные работы | Оборудование и методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены. Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям. | Оборудование и методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены. Результат лабораторной работы в основном соответствует её целям. | Оборудование и методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены. Результат лабораторной работы частично соответствует её целям. | Оборудование и методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены. Результат лабораторной работы не соответствует её целям. | 1 |

| Форма контроля | Критерии оценивания | | | | Этап |
|-------------------|---|---|---|---|------|
| | Отлично | Хорошо | Удовл. | Неуд. | |
| Письменная работа | Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий. | Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий. | Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий. | Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий. | 2 |
| Устный опрос | В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения. | Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения. | Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения. | Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения. | 3 |
| Экзамен | Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала. | Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. | Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя. | Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. | |

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 4

Текущий контроль

1. Лабораторные работы

Темы 1, 2, 3

Лабораторная работа ♦ 1

Исследование электромашиного усилителя поперечного поля

Студенты знакомятся с конструкцией машинного усилителя, особенностями его работы и его электрической схемой, собирают рабочую схему испытаний и исследуют характеристики .

Контрольные вопросы:

1. Рассказать о конструкции машинного усилителя поперечного поля
2. Принцип работы машинного усилителя поперечного поля
3. Из чего состоит испытательная установка
4. Какое измерительное оборудование используется для испытаний машинного усилителя
5. Назовите классы точности и определите погрешности измерений используемых приборов
6. Дайте понятие статической устойчивости
7. Приведите характеристики машинного усилителя поперечного поля
8. Какие виды кз возможны в машинном усилителе
9. Понятие железного короткого замыкания
10. Меры устранения виткового кз

Лабораторная работа ♦ 2.

Анализ статической устойчивости по критериям $\partial P/\partial \delta > 0$ и $\partial Q/\partial U < 0$.

Студенты изучают методику исследования устойчивости, затем при заданных параметрах настройки возбуждения электрической машины синхронного генератора определяют способы улучшения процесса и дают соответствующие рекомендации.

Контрольные вопросы:

1. Понятие статической устойчивости
2. Расскажите о методах исследования устойчивости синхронного генератора без регулятора возбуждения
3. Расскажите о методах исследования устойчивости синхронного генератора с автоматическим регулятором возбуждения
4. Рассмотреть устойчивость генератора с регулятором пропорционального действия
5. Как рассчитать запас статической устойчивости системы с одним источником питания
6. Как рассчитать запас динамической устойчивости при однофазном кз в двухцепной линии передачи энергии
7. Объясните как определить запас статической устойчивости с помощью критерия $\partial P/\partial \delta$
8. Приведите пример расчета коэффициента запаса статической устойчивости
9. Какие практические критерии используются при анализе статической устойчивости асинхронного двигателя и комплексной нагрузки?
10. Как определяется коэффициент запаса статической устойчивости по мощности для асинхронного двигателя?

Лабораторная работа ♦ 3.

Анализ сложных нерегулируемых систем и систем с автоматическим регулированием.

Студенты изучают методики анализа с помощью решения тематических задач. Исходные данные к тематическим задачам приведены в методических указаниях и варианты задач задаются преподавателем индивидуально.

Контрольные вопросы:

1. Как развивается процесс опрокидывания синхронных двигателей?
2. Какие методы исследования статической устойчивости в узлах нагрузки вы знаете?
3. Причины появления резких изменений режима в системах электроснабжения?
4. Характеристика условий пуска синхронных и асинхронных электродвигателей. Схемы пуска.
5. Как рассчитать запас статической устойчивости системы с одним источником питания
6. Как рассчитать запас динамической устойчивости при однофазном кз в двухцепной линии передачи энергии
7. Объясните как определить запас статической устойчивости с помощью критерия $\partial Q/\partial \delta$
8. Как работает АРВ (автомат регулирования возбуждения) у синхронного генератора
9. Приведите механические и рабочие характеристики синхронных машин
10. Как изменится механическая характеристика асинхронной машины при регулировании напряжения

2. Письменная работа

Тема 1

Задание 1.

В электрической системе в точке К произошло несимметричное короткое замыкание (КЗ). Аварийная цепь отключается на 0,15 с, после чего происходит успешное автоматическое повторное включение (АПВ) линии. Требуется определить:

1. Коэффициент запаса статической устойчивости КЗ системы С1 с помощью практического критерия для случая:
 - а) генераторы не снабжены автоматическими регуляторами возбуждения;
 - б) генераторы снабжены АРВ пропорционального действия;

в) генераторы снабжены АРВ сильного действия.

При определении коэффициента запаса КЗ принять напряжение УН на шинах приемной системы постоянным.

Задание 2.

Для условий задания 1 дать анализ зависимостей коэффициента запаса КЗ в функции от коэффициента мощности \cos : $KЗ = f(\cos)$.

Задание 3.

Для условий задания 1 дать анализ зависимостей коэффициента запаса КЗ в функции от сопротивления генератора X_d : $KЗ = f(X_d)$.

Задание 4.

Определить коэффициент запаса статической устойчивости системы КЗ с помощью практического критерия при условии, что станции С1 и С2 работают на общую нагрузку Н и снабжены АРВ пропорционального действия. Нагрузку представить в расчетной схеме постоянным сопротивлением $ZН$.

Задание 5.

Определить коэффициент запаса статической устойчивости системы КЗ с помощью практического критерия при условии, что станции С1 и С2 работают на общую нагрузку Н и снабжены АРВ сильного действия. Нагрузку представить в расчетной схеме постоянным сопротивлением $ZН$.

Задание 6.

Требуется определить коэффициент запаса динамической устойчивости КД системы С1 методом площадей при отключении одной линии

При выполнении принять постоянство напряжения УН на шинах приемной системы С2.

Задание 7.

Требуется определить коэффициент запаса динамической устойчивости КД системы С1 методом площадей при двухфазном КЗ на линии Л в точке К

При выполнении принять постоянство напряжения УН на шинах приемной системы С2.

Задание 8.

Построить кривую изменения угла во времени при постоянстве ЭДС E' методом последовательных интервалов для условий задания 4, т.е. принять постоянство напряжения приемной системы С2.

Принять длительность КЗ: 0,2 с - для однофазного КЗ .

Задание 9.

Построить кривую изменения угла во времени при постоянстве ЭДС E' методом последовательных интервалов для условий задания 4, т.е. принять постоянство напряжения приемной системы С2.

Принять длительность КЗ: 0,1 с - для двухфазного КЗ на землю.

Задание 10.

Построить кривую изменения угла во времени при постоянстве ЭДС E' методом последовательных интервалов для условий задания 4, т.е. принять постоянство напряжения приемной системы С2.

Принять длительность КЗ: 0,2 с - для двухфазного КЗ .

3. Устный опрос

Тема 2

1. Запишите практический критерий статической устойчивости эквивалентного асинхронного двигателя мощностью, соизмеримой с мощностью генератора?
2. Какие практические критерии используются при анализе статической устойчивости асинхронного двигателя и комплексной нагрузки?
3. Как определяется коэффициент запаса статической устойчивости по мощности для асинхронного двигателя?
4. Что такое лавина напряжения и каковы причины ее возникновения?
5. Как влияют батареи конденсаторов на устойчивость комплексной нагрузки?
6. Как влияет АРВ генератора на устойчивость нагрузки?
7. Как развивается процесс опрокидывания двигателей?
8. Какие методы исследования статической устойчивости в узлах нагрузки вы знаете?
9. Причины появления резких изменений режима в системах электро-снабжения?
10. Характеристика условий пуска синхронных и асинхронных электродвигателей. Схемы пуска.
11. Для чего применяют самозапуск двигателей?
12. Объясните протекание переходного процесса при набросе нагрузки на валу двигателя (увеличение механического момента на валу), при понижении напряжения на шинах?
13. Как влияет АРВ синхронных двигателей на динамическую устойчивость?
14. Как влияет на устойчивость синхронных и асинхронных двигателей снижение напряжения?
15. Каков алгоритм расчета переходного процесса методом последовательных интервалов?
16. Какие мероприятия относятся к эксплуатационным, а какие ? к режимным?
17. Как влияют конструктивные изменения параметров элементов системы электроснабжения на устойчивость и характер переходных процессов?
18. Какие характеристики синхронного двигателя могут быть улучшены с помощью системы возбуждения?
19. Как влияет поперечная компенсация на режим работы узла нагрузки?
20. Назовите мероприятия улучшающие динамическую устойчивость узла нагрузки?

Экзамен

Вопросы к экзамену:

1. Основные сведения об электромеханических переходных процессах. Основные определения.
2. Причины возникновения переходных процессов и следствия.
3. Основные допущения, принимаемые при исследовании электродинамических переходных процессов.
4. Определение параметров элементов электрических систем в относительных единицах.
5. Принципы составления схем замещения. Определение ЭДС синхронных машин и асинхронных двигателей.
6. Методы преобразования схем замещения. Применение принципа наложения.
7. Переходной процесс в неподвижных магнитосвязанных цепях.
8. Ударный ток, ударный коэффициент. Полное значение тока короткого замыкания в функции времени.
9. Баланс магнитных потоков в продольной оси ротора в начальный момент внезапного изменения режима.
10. Переходные и сверхпереходные ЭДС и реактивности синхронной машины
11. Общие уравнения переходного процесса синхронных машин.
12. Протекание переходного процесса в синхронном генераторе. Определение действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания в момент времени t с учетом и без учета автоматического возбуждения генератора.
13. Классификация электромеханических переходных процессов. Характеристики системы, содержащей любое число линейных элементов.
14. Простейшая оценка статической устойчивости.
15. Практический критерий статической устойчивости простейшей системы.
16. Простейшая оценка динамической устойчивости.
17. Устойчивость системы, содержащей станцию, питающую через ЛЭП нагрузку соизмеримой мощности.
18. Способ площадей при исследовании устойчивости
19. Применение способа площадей при анализе автоматического регулирования возбуждения.
20. Влияние управления током возбуждения на качания генератора.
21. Связь между видом корней характеристического уравнения и видом переходного процесса.
22. Анализ статической устойчивости нерегулируемой и регулируемой систем.
23. Процесс выпадения генератора из синхронизма.
24. Мероприятия по повышению статической устойчивости.
25. Меры предотвращения режимов короткого замыкания.
26. Мероприятия по повышению динамической устойчивости

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

| Форма контроля | Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций | Этап | Количество баллов |
|-------------------------|---|------|-------------------|
| Семестр 4 | | | |
| Текущий контроль | | | |
| Лабораторные работы | В аудитории, оснащённой соответствующим оборудованием, обучающиеся проводят учебные эксперименты и тренируются в применении практико-ориентированных технологий. Оцениваются знание материала и умение применять его на практике, умения и навыки по работе с оборудованием в соответствующей предметной области. | 1 | 30 |
| Письменная работа | Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий. | 2 | 10 |

| Форма контроля | Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций | Этап | Количество баллов |
|----------------|--|------|-------------------|
| Устный опрос | Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы. | 3 | 10 |
| Экзамен | Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся дается время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий. | | 50 |

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература:

- Киреева Э. А. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем [Текст]: учебник / Э.А. Киреева, С.А. Цырук - Москва: Академия, 2010. - 288 с (25 экз.)
- Армеев Д.В. Переходные процессы в электрических системах [Электронный ресурс] / Армеев Д.В., Гусев Е.П. -Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778224988.html>
- Электронная защита от токов короткого замыкания и автоматика в распределительных устройствах 6-10 кВ тяговых и трансформаторных подстанций/КузнецовС.М. - Новосиб.: НГТУ, 2010. - 104 с.: ISBN 978-5-7782-1453-8- Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/546525>
- Дрогайлова Л.Н. Расчет токов короткого замыкания в энергосистемах и устойчивость электрических систем. Учебное пособие/ Дрогайлова Л.Н. Допущено УМО вузов РФ по образованию в области электроэнергетики и электротехники в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 140606, 140607, 140211 и других электроэнергетических специальностей 140600: Набережные Челны, НЧИ КФУ, 2014. - Ч. II, 106 с. - Кафедра ЭиЭ, 50 экз.

7.2. Дополнительная литература:

- Суворин А. В. Электротехнологические установки [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. В. Суворин. ? Красноярск : Сибирский федеральный ун-т, 2011. ? 376 с. ? ISBN 978-5-7638-2226-7. ? Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=442851>. //
- Пантелеев В. И. Многоцелевая оптимизация и автоматизированное проектирование управления качеством электроснабжения в электроэнергетических системах [Электронный ресурс] : монография / В. И. Пантелеев, Л.Ф. Поддубных. ? Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2009. ? 194 с. ? ISBN 978-5-7638-1924-3. ? Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=442973>. //
- Андреев В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения [Текст] : учебник / В. А. Андреев. ? 6-е изд., стер. ? Москва : Высшая школа, 2008. ? 639 с. : ил. ? Библиогр.: с. 625-634. ? Предметный указ.: с. 621-624. ? Гриф МО. ? В пер. ? ISBN 978-5-06-004826-1. 29 экз
- Электротехнический справочник [Текст] : в 3-х томах / под общ. ред. В. Г. Герасимова [и др.]. - 7-е изд., испр. и доп. - В пер. - Т. 3 (в 2 книгах), кн. 1: Производство и распределение электрической энергии. - Москва : Энергоатомиздат, 1988. - 878 с. : ил. - Предм. указ.: с. 873-878. (5 экз.)

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Автоматизированный лабораторный практикум с удаленным доступом для исследования электрических цепей [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Вепринцев [и др.]. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 188 с. - ISBN 978-5-7638-2340-0. - <http://e.lanbook.com/view/book/44759/>

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [Электронный ресурс]. - <http://znanium.com/bookread.php?book=66013>

Расчет токов короткого замыкания - Onlain-electric.ru

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

| Вид работ | Методические рекомендации |
|------------------------|---|
| лекции | В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью выяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой - в ходе подготовки к семинарам изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании дипломной работы. |
| лабораторные работы | Лабораторные работы составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений. Выполнение студентами лабораторных работ направлено на: - обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин; - формирование необходимых профессиональных умений и навыков. Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с таким расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством студентов. Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы. Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов о их теоретической готовности к выполнению задания. Порядок проведения лабораторных работ в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. Помимо самостоятельного выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия. |
| самостоятельная работа | рекомендуется обращать внимание на проблемные вопросы, затрагиваемые преподавателем в лекции, и группировать информацию вокруг них. Желательно выделять в используемой литературе постановки вопросов, на которые разными авторами могут быть даны различные ответы. На основании постановки таких вопросов следует собирать аргументы в пользу различных вариантов решения поставленных проблем. |
| письменная работа | Письменная работа и задания могут быть индивидуальными и общими. При выполнении письменной работы необходимо обратить внимание на составление схем замещения, определение параметров схемы и базисных напряжений. Дальнейшим этапом будет сворачивание схемы замещения к точке короткого замыкания. Результатом расчетов должен быть вывод о возможности восстановления режима работы энергосистемы. |
| устный опрос | Устный опрос формирует вопросы плохо освещенные на лекционных занятиях. Ответы на них помогут глубже разобраться в тематике лекционного материала, в составлении общего представления о дисциплине и электромагнитных явлениях в системах электроснабжения. Ознакомление с источниками основной литературы необходимо. |
| экзамен | При подготовке к экзамену необходимо опираться прежде всего на лекции, а также на источники, которые разбирались на лабораторных занятиях в течение семестра. В процессе консультации к экзамену следует выяснить все непонятные вопросы и (или) разобраться методики решения задач. Внимательно ответить на вопросы, предлагаемые к экзамену. |

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины "Устойчивость систем электроснабжения" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Освоение дисциплины "Устойчивость систем электроснабжения" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 13.04.02 "Электроэнергетика и электротехника" и магистерской программе Электроснабжение промышленных предприятий и систем .