

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Забайкальский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Энергетический факультет
Кафедра Энергетики

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

Энергетический факультет

Батухтин Андрей
Геннадьевич

«_____» _____ 20____
г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.11 Переходные процессы
на 252 часа(ов), 7 зачетных(ые) единиц(ы)
для направления подготовки (специальности) 13.03.02 - Электроэнергетика и
электротехника

составлена в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным приказом
Министерства образования и науки Российской Федерации от
«_____» _____ 20____ г. №_____

Профиль – Электроснабжение (для набора 2023)
Форма обучения: Очная

1. Организационно-методический раздел

1.1 Цели и задачи дисциплины (модуля)

Цель изучения дисциплины:

Целью изучения дисциплины является формирование систематизированных знаний в области переходных процессов как в энергетической системе в целом, так и в отдельных ее элементах, приобретение студентами навыков их расчета при трехфазных и несимметричных коротких замыканиях, а также при обрывах фаз, навыков расчета и анализа переходных режимов электрических систем и узлов нагрузки с учетом действия систем автоматического регулирования и управления.

Задачи изучения дисциплины:

Задачами изучения дисциплины является формирование у студентов минимально необходимых знаний о: – расчетах переходных процессов; – экспериментальных исследованиях переходных процессов; – анализе аварийных и послеаварийных ситуаций в электроэнергетических системах.

1.2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП

Дисциплина Б1.В.11 «Переходные процессы» относится к дисциплинам, формируемым участниками образовательных отношений. Указанная дисциплина является одной из важнейших и обеспечивает базовую подготовку студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» в области расчетов и анализа переходных процессов в системах электроснабжения.

1.3. Объем дисциплины (модуля) с указанием трудоемкости всех видов учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 7 зачетных(ые) единиц(ы), 252 часов.

| Виды занятий | Семестр 6 | Семестр 7 | Всего часов |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-------------|
| Общая трудоемкость | | | 252 |
| Аудиторные занятия, в т.ч. | 64 | 68 | 132 |
| Лекционные (ЛК) | 32 | 34 | 66 |
| Практические (семинарские) (ПЗ, СЗ) | 0 | 0 | 0 |
| Лабораторные (ЛР) | 32 | 34 | 66 |
| Самостоятельная работа студентов | 8 | 76 | 84 |

| | | | |
|--|-------|---------|----|
| (СРС) | | | |
| Форма промежуточной аттестации в семестре | Зачет | Экзамен | 36 |
| Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП) | | | |

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Планируемые результаты освоения образовательной программы | | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|--|---|
| Код и наименование компетенции | Индикаторы достижения компетенции, формируемые в рамках дисциплины | Дескрипторы: знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности |
| ПК-1 | <p>Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентно-способные варианты технических решений. Обосновывает выбор целесообразного решения на основе типовых технических решений для проектирования объектов ПД.</p> <p>Подготавливает раздел предпроектной документации на основе типовых технических решений.</p> <p>Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации.</p> | <p>Знать: Характеристики и проектные допуски генераторов, синхронных и асинхронных двигателей, обобщенной нагрузки и их изменения в ходе переходных процессов. Основные методы расчетов токов коротких замыканий в электроэнергетических системах. Основные методы анализа устойчивости электроэнергетических систем.</p> <p>Уметь: Производить расчеты параметров элементов электроэнергетических систем. Производить расчеты токов коротких замыканий. Производить расчеты статической и динамической устойчивости ЭЭС.</p> |

| | | |
|------|--|--|
| | | <p>Владеть: Навыками расчетов параметров элементов, физического и математического моделирования элементов ЭЭС на основании этих расчетов. Навыками расчета и анализа электромагнитных и электромеханических переходных процессов.</p> |
| ПК-2 | <p>Применяет методы и технические средства испытаний и диагностики электрооборудования. Демонстрирует знания организации технического обслуживания и ремонта электрооборудования. Демонстрирует понимание взаимосвязи задач эксплуатации и проектирования.</p> | <p>Знать: Особенности эксплуатации генераторов, трансформаторов, ЛЭП, синхронных и асинхронных двигателей и изменения их характеристик в ходе эксплуатации. Электромеханические параметры генераторов, синхронных и асинхронных двигателей, обобщенной нагрузки и их изменение в ходе переходных процессов.</p> <p>Уметь: По полученным параметрам отдельных элементов составлять схемы замещения электроэнергетических систем для тех или иных режимов работы. Применять на практике полученные знания по расчетам токов коротких замыканий.</p> <p>Владеть: Информацией о назначении и областях применения расчетов электромагнитных и электромеханических переходных процессов.</p> |

3. Содержание дисциплины

3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

3.1 Структура дисциплины для очной формы обучения

| Модуль | Номер раздела | Наименование раздела | Темы раздела | Всего часов | Аудиторные занятия | | | С Р С |
|--------|---------------|--|--|-------------|--------------------|--------------------|--------|-------------|
| | | | | | Л К | П З (С З) | Л Р | |
| 1 | 1.1 | Основные сведения о переходных процессах | Основные понятия и определения. Причины и последствия возникновения коротких замыканий. | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | 1.2 | Назначение расчётов переходных процессов | Назначение расчетов токов КЗ и требования к их точности. Основные допущения при расчете токов КЗ. Понятие о расчетных условиях. | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 2.1 | Расчет симметричных коротких замыканий в ЭЭС | Составление схем замещения для расчета токов КЗ. Приведение параметров элементов схемы замещения к базисной ступени напряжения. Параметры синхронных, асинхронных машин и обобщенной нагрузки в начальный момент времени КЗ. Трехфазное короткое замыкание в цепи, питаемой от источника неограниченной и ограниченной мощности. Метод типовых кривых. | 50 | 14 | 0 | 16 | 20 |
| | 2.2 | Расчет несимметричных | Применение метода симметричных | 54 | 14 | 0 | 16 | 24 |

| | | | | | | | | |
|---|-----|-------------------------------|--|----|----|---|----|----|
| | | коротких замыканий в ЭЭС | составляющих к расчету несимметричных КЗ. Индуктивные сопротивления основных элементов ЭЭС при несимметричных КЗ. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности. Основные формулы и соотношения для расчета несимметричных КЗ.. Правило эквивалентности прямой последовательности. Трансформация симметричных составляющих токов и напряжений. Однофазные ЗНЗ в сетях 6-35 кВ. Однофазные КЗ в сетях до 1 кВ. | | | | | |
| 3 | 3.1 | Статическая устойчивость ЭЭС. | Угловая характеристика простейшей электропередачи. Понятие о статической устойчивости. Характеристика мощности электропередачи с регулирующими генераторами. | 58 | 12 | 0 | 16 | 30 |
| | 3.2 | Динамическая устойчивость ЭЭС | Понятие о динамической устойчивости. Методы анализа динамической устойчивости. Определение предельного угла и предельного времени отключения КЗ. | 60 | 14 | 0 | 14 | 32 |
| | 3.3 | Методы повышения | Применение быстродействующих | 26 | 8 | 0 | 4 | 14 |

| | | | | | | | | |
|-------|--|---------------|--|-----|----|---|----|-----|
| | | устойчивости. | выключателей и АПВ. Заземление нейтралей силовых трансформаторов. Применение нагрузочных резисторов для повышения устойчивости. | | | | | |
| Итого | | | | 252 | 66 | 0 | 66 | 120 |

3.2. Содержание разделов дисциплины

3.2.1. Лекционные занятия, содержание и объем в часах

| Модуль | Номер раздела | Тема | Содержание | Трудоемкость (в часах) |
|--------|---------------|---|--|------------------------|
| 1 | 1.1 | Основные понятия и определения. Причины и последствия возникновения коротких замыканий. | Основные понятия и определения. Причины и последствия возникновения коротких замыканий. | 2 |
| | 1.2 | Назначение расчетов токов КЗ и требования к их точности. Основные допущения при расчете токов КЗ. Понятие о расчетных условиях. | Назначение расчетов токов КЗ и требования к их точности. Основные допущения при расчете токов КЗ. Понятие о расчетных условиях. | 2 |
| 2 | 2.1 | Составление схем замещения для расчета токов КЗ. Приведение параметров элементов схемы замещения к | Составление схем замещения для расчета токов КЗ. Приведение параметров элементов схемы замещения к базисной ступени напряжения. | 4 |

| | | | | |
|--|-----|---|--|---|
| | | базисной ступени напряжения. | | |
| | 2.1 | Параметры синхронных, асинхронных машин и обобщенной нагрузки в начальный момент времени КЗ. | Параметры синхронных, асинхронных машин и обобщенной нагрузки в начальный момент времени КЗ. | 2 |
| | 2.1 | Трехфазное короткое замыкание в цепи, питаемой от источника неограниченной и ограниченной мощности. | Трехфазное короткое замыкание в цепи, питаемой от источника неограниченной и ограниченной мощности. | 4 |
| | 2.1 | Метод типовых кривых. | Метод типовых кривых. | 4 |
| | 2.2 | Применение метода симметричных составляющих к расчету несимметричных КЗ. | Применение метода симметричных составляющих к расчету несимметричных КЗ. | 4 |
| | 2.2 | Индуктивные сопротивления основных элементов ЭЭС при несимметричных КЗ. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности | Индуктивные сопротивления основных элементов ЭЭС при несимметричных КЗ. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности. | 2 |
| | | | | |

| | | | | |
|---|-----|--|--|---|
| | 2.2 | Основные формулы и соотношения для расчета несимметричных КЗ.. Правило эквивалентности прямой последовательности. | Основные формулы и соотношения для расчета несимметричных КЗ.. Правило эквивалентности прямой последовательности. | 4 |
| | 2.2 | Трансформация симметричных составляющих токов и напряжений. | Трансформация симметричных составляющих токов и напряжений. | 2 |
| | 2.2 | Однофазные ЗНЗ в сетях 6-35 кВ. Однофазные КЗ в сетях до 1 кВ. | Однофазные ЗНЗ в сетях 6-35 кВ. Однофазные КЗ в сетях до 1 кВ. | 2 |
| 3 | 3.1 | Угловая характеристика простейшей электропередачи. | Угловая характеристика простейшей электропередачи. | 4 |
| | 3.1 | Понятие о статической устойчивости. | Понятие о статической устойчивости. | 4 |
| | 3.1 | Характеристика мощности электропередачи с регулируемым и генераторами. | Характеристика мощности электропередачи с регулируемыми генераторами. | 4 |
| | 3.2 | Понятие о динамической устойчивости. Методы анализа динамической | Понятие о динамической устойчивости. Методы анализа динамической устойчивости. | 6 |

| | | | | |
|--|-----|---|---|---|
| | | устойчивости. | | |
| | 3.2 | Определение предельного угла и предельного времени отключения КЗ. | Определение предельного угла и предельного времени отключения КЗ. | 8 |
| | 3.2 | Применение быстродействующих выключателей и АПВ. | Применение быстродействующих выключателей и АПВ. | 4 |
| | 3.2 | Заземление нейтралей силовых трансформаторов. Применение нагрузочных резисторов для повышения устойчивости. | Заземление нейтралей силовых трансформаторов. Применение нагрузочных резисторов для повышения устойчивости. | 4 |

3.2.2. Практические занятия, содержание и объем в часах

| Модуль | Номер раздела | Тема | Содержание | Трудоемкость (в часах) |
|--------|---------------|------|------------|------------------------|
| | | | | |

3.2.3. Лабораторные занятия, содержание и объем в часах

| Модуль | Номер раздела | Тема | Содержание | Трудоемкость (в часах) |
|--------|---------------|---|--|------------------------|
| 2 | 2.1 | Трехфазное короткое замыкание в цепи, питаемой от источника неограниченной и ограниченной мощности. | Исследование переходных процессов при трехфазном КЗ в цепи, питаемой от источника неограниченной мощности. | 8 |
| | 2.1 | Трехфазное | Исследование переходных процессов | 8 |

| | | | | |
|---|-----|--|---|---|
| | | короткое замыкание в цепи, питаемой от источника неограниченной и ограниченной мощности. | при трехфазном КЗ в цепи, питаемой от синхронного генератора при наличии и отсутствии АРВ. | |
| | 2.2 | Исследование переходных процессов при несимметричных КЗ. | Исследование переходных процессов при несимметричных КЗ. | 6 |
| | 2.2 | Трансформация симметричных составляющих токов и напряжений. | Определение влияния схемы соединения обмоток силового трансформатора на симметричные составляющие токов и напряжений. | 6 |
| | 2.2 | Однофазное ЗНЗ в сети с изолированной нейтралью. | Однофазное ЗНЗ в сети с изолированной нейтралью. | 4 |
| 3 | 3.1 | Угловая характеристика простейшей электропередачи. | Способы включения синхронного генератора на параллельную работу с сетью. | 6 |
| | 3.1 | Понятие о статической устойчивости. | Процесс потери синхронизма при плавном повышении нагрузки генератора. Снятие угловой характеристики. | 4 |
| | 3.1 | Характеристика мощности электропередачи с регулируемым и генераторами. | Снятие внешней угловой характеристики генератора | 6 |
| | 3.2 | Методы анализа динамической устойчивости. | Экспериментальное снятие зависимости предельной передаваемой мощности от времени отключения при разных видах КЗ. | 6 |

| | | | | |
|--|-----|---|---|---|
| | 3.2 | Определение предельного угла и предельного времени отключения КЗ. | Экспериментальное определение предельного времени отключения КЗ | 8 |
| | 3.3 | Применение быстродействующих выключателей и АПВ. | Влияние АПВ на устойчивость энергосистемы. | 4 |

3.3. Содержание материалов, выносимых на самостоятельное изучение

| Модуль | Номер раздела | Содержание материалов, выносимого на самостоятельное изучение | Виды самостоятельной деятельности | Трудоемкость (в часах) |
|--------|---------------|---|---|------------------------|
| 2 | 2.1 | Однофазное ЗНЗ в сети с изолированной нейтралью. | Выполнение практического задания | 8 |
| | 2.1 | Система относительных единиц. | Составление конспекта | 4 |
| | 2.1 | Определение постоянной времени цепи КЗ. Определение ударного тока КЗ. | Составление конспекта | 4 |
| | 2.1 | Влияние АРВ генератора на длительность переходного процесса при трехфазном КЗ. | Составление конспекта | 4 |
| | 2.2 | Определение тока в произвольной ветви и напряжения в произвольном узле при несимметричном КЗ. | Выполнение практического задания. Составление конспекта. | 8 |
| | 2.2 | Анализ несимметричных КЗ по векторным диаграммам. | Составление конспекта | 4 |
| | 2.2 | Применение комплексных схем замещения для анализ | Составление конспекта | 4 |

| | | | | |
|---|-----|--|---|----|
| | | аварийных режимов. | | |
| | 2.2 | Учет переходных сопротивлений контактов при расчете КЗ в сети напряжением до 1 кВ. | Составление конспекта | 4 |
| | 2.2 | Схемы замещения с учетом активной проводимости изоляции фаз относительно земли при однофазном ЗНЗ. | Составление конспекта | 4 |
| 3 | 3.1 | Построение угловой характеристики мощности простейшей электропередачи. | Составление конспекта. Выполнение практического задания. | 10 |
| | 3.1 | Статическая устойчивость при работе двух станций на общую нагрузку. | Составление конспекта. | 10 |
| | 3.1 | Системы регулировки возбуждения синхронных генераторов | Составление конспекта. | 10 |
| | 3.1 | Динамическая устойчивость при работе двух станций на общую нагрузку. | Составление конспекта. | 16 |
| | 3.1 | Определение предельного угла отключения и предельного времени отключения КЗ. | Выполнение практического задания. Составление конспекта. | 16 |
| | 3.1 | Методы повышения устойчивости. | Составление конспекта. | 14 |

4. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлен в приложении.

[Фонд оценочных средств](#)

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Основная литература

5.1.1. Печатные издания

1. Переходные процессы в системах электроснабжения : курс лекций по электромагнитным переходным процессам : В 2 ч. Ч.1 / сост. И.Ф. Суворов. - Чита : ЧитГТУ, 2005. - 145с. - 73-70.

5.1.2. Издания из ЭБС

1. Хрущев, Юрий Васильевич. Электроэнергетические системы и сети. Электромеханические переходные процессы : Учебное пособие / Хрущев Юрий Васильевич; Хрущев Ю.В., Заповодников К.И., Юшков А.Ю. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 153. - (Университеты России). - ISBN 978-5-534-02713-6 : 67.16.

5.2. Дополнительная литература

5.2.1. Печатные издания

1. Переходные процессы в системах электроснабжения : метод.указ.по расчету токов короткого замыкания при выполнении курсовых и дипломных проектов с использованием ЭВМ для студ.спец.-551700. - Чита : [б. и.], 1994. - 14с. - 2000-00.

2. Электромагнитные переходные процессы в системах электроснабжения : методич. указания к курсовой работе для студ. спец. 10.04.... - Чита, 1993. - 34 с. - 2040-00.

5.2.2. Издания из ЭБС

1. Папков, Борис Васильевич. Электроэнергетические системы и сети. Токи короткого замыкания : Учебник и практикум / Папков Борис Васильевич; Папков Б.В., Вуколов В.Ю. - 3-е изд. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 353. - (Бакалавр и магистр. Академический курс). - ISBN 978-5-9916-8148-3 : 1000.00.

5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

| Название | Ссылка |
|----------|--------|
|----------|--------|

6. Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение общего назначения: ОС Microsoft Windows, Microsoft Office, АBBYY FineReader, ESET NOD32 Smart Security Business Edition, Foxit Reader, АИБС "МегаПро".

Программное обеспечение специального назначения:

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Наименование помещений для проведения | Оснащенность специальных помещений и |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
|---------------------------------------|--------------------------------------|

| | |
|---|--|
| учебных занятий и для самостоятельной работы обучающихся | помещений для самостоятельной работы |
| Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа | Состав оборудования и технических средств обучения указан в паспорте аудитории, закрепленной расписанием по факультету |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий | |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий | |
| Учебные аудитории для промежуточной аттестации | |
| Учебные аудитории для курсового проектирования(выполнения курсовых работ) | Состав оборудования и технических средств обучения указан в паспорте аудитории, закрепленной расписанием по кафедре |
| Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций | |
| Учебные аудитории для текущей аттестации | |

8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Лекционные занятия предполагают систематизированное изложение основных вопросов дисциплины. Они позволяют дать больший объем информации и обеспечить более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов при самостоятельном изучении материала. В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется вести конспектирование учебного материала. Углубление и закрепление теоретических знаний и их проверка проходят во время практических занятий. Они проводятся после изучения больших по содержанию тем и разделов. Базируясь на полученных знаниях, навыках и умениях, — метод практических работ обеспечивает углубление, закрепление и конкретизацию приобретенных знаний. Формируя способы научного анализа теоретических положений, укрепляет связь теории и практики в учебном процессе и жизни. Он вооружает студентов комплексными, интегрированными навыками и умениями, необходимыми в производственной деятельности. Практические работы носят характер учебно-тренировочных. При их выполнении можно пользоваться справочным материалом.

Самостоятельная работа Самостоятельная работа приводит студента к получению нового знания, упорядочению и углублению имеющихся знаний, формированию у него профессиональных навыков и умений.

Самостоятельная работа выполняет ряд функций: ?развивающую;

?информационно-обучающую;

?ориентирующую и стимулирующую;

?исследовательскую.

Виды самостоятельной работы, выполняемые в рамках курса:

1. Конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
2. Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе);
3. Выполнение разноуровневых задач и заданий;
4. Работа с тестами и вопросами для самопроверки;

Студентам рекомендуется с самого начала освоения курса работать с литературой и предлагаемыми заданиями в форме подготовки к очередному аудиторному занятию. При этом актуализируются имеющиеся знания, а также создается база для усвоения нового материала, возникают вопросы, ответы на которые студент получает в аудитории. Можно отметить, что некоторые задания для самостоятельной работы по курсу имеют определенную специфику. При освоении курса студент может пользоваться библиотекой вуза, которая в полной мере обеспечена соответствующей литературой.

Активная самостоятельная работа студентов возможна только при наличии серьезной и устойчивой мотивации. Самый сильный мотивирующий фактор – подготовка к дальнейшей эффективной профессиональной деятельности. Комплекс учебно-методических материалов по всем видам учебной деятельности, предусмотренным рабочей программой дисциплины, размещен в электронной информационно-образовательной среде ЗабГУ, доступной обучающемуся через его личный кабинет.

Разработчик/группа разработчиков:
Денис Валентинович Коряков

Типовая программа утверждена

Согласована с выпускающей кафедрой
Заведующий кафедрой

_____ «___» _____ 20___ г.