

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

СОГЛАСОВАНО

Декан ЭФ

В.И. Полищук

Рабочая программа дисциплины

Код и наименование дисциплины: **Б1.В.13 «Переходные процессы»**

Код и наименование направления подготовки (специальности): **13.03.02
Электроэнергетика и электротехника**

Направленность (профиль, специализация): **Электроснабжение**

Статус дисциплины: **часть, формируемая участниками образовательных отношений**

Форма обучения: **очная**

Статус	Должность	И.О. Фамилия
Разработал	доцент	А.Н. Попов
Согласовал	Зав. кафедрой «ЭПП»	С.О. Хомутов
	руководитель направленности (профиля) программы	А.А. Грибанов

г. Барнаул

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор	Содержание индикатора
ПК-1	Способен участвовать в расчете показателей функционирования технологического электрооборудования	ПК-1.3	Применяет нормативную документацию при определении параметров и выборе технологического электрооборудования
ПК-3	Способен выполнять сбор и анализ данных для проектирования электроснабжения объектов	ПК-3.2	Осуществляет сбор и анализ данных для проектирования систем электроснабжения, обоснование выбора решения подключения приемников и потребителей электрической энергии, анализ данных для оценки надежности системы электроснабжения объектов капитального строительства

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), предшествующие изучению дисциплины, результаты освоения которых необходимы для освоения данной дисциплины.	Информационные технологии в электроэнергетике, Общая энергетика
Дисциплины (практики), для которых результаты освоения данной дисциплины будут необходимы, как входные знания, умения и владения для их изучения.	Надежность электроснабжения, Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы, Режимы работы систем электроснабжения, Системы электроснабжения

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

Общий объем дисциплины в з.е. /час: 7 / 252

Форма обучения	Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
очная	32	32	16	172	100

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

Форма обучения: очная

Семестр: 6

Объем дисциплины в семестре з.е. /час: 3 / 108

Форма промежуточной аттестации: Зачет

Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
16	16	0	76	43

Лекционные занятия (16ч.)

1. Цель и задачи дисциплины, её место в учебном процессе. Расчет показателей функционирования технологического электрооборудования на примере переходных процессов при симметричных коротких замыканиях. {дискуссия} (4ч.)[4,5,6,8,9,10]

- 1.1 Общая характеристика переходных процессов.
- 1.2 Причины возникновения и следствия переходных процессов.
- 1.3 Назначение расчётов режимов работы электроэнергетических систем и требования, предъявляемые к ним.
- 1.4 Векторные диаграммы токов и напряжений одномашиной энергосистемы.
- 1.5 Определение начального значения апериодической составляющей тока короткого замыкания.
- 1.6 Погрешности расчёта параметров переходного процесса при неучёте активного сопротивления цепи.
- 1.7 Влияние предшествующего режима работы электроэнергетической системы и угла (фазы) включения на КЗ на величину тока короткого замыкания.

2. Установившийся режим трёхфазного короткого замыкания. Расчет показателей функционирования технологического электрооборудования на примере практических методов расчета показателей установившегося режима трёхфазного короткого замыкания(4ч.)[4,5,6,8,9,10]

- 2.1 Понятие установившегося режима работы электроэнергетической системы при коротком замыкании.
- 2.2 Основные характеристики и параметры синхронного генератора в установившемся режиме работы электроэнергетической системы.
- 2.3 Влияние автоматического регулирования возбуждения на установившийся ток короткого замыкания.
- 2.4 Влияние и учёт нагрузки в начальный момент трёхфазного короткого замыкания.
- 2.5 Метод расчётных кривых. Метод типовых кривых.

3. Расчет показателей функционирования технологического электрооборудования на примере исследования несимметричных переходных процессов. Схемы замещения отдельных последовательностей {дискуссия} (4ч.)[4,5,6,8,9,10]

- 3.1 Понятие о поперечной и продольной несимметрии.

- 3.2 Общие сведения о параметрах элементов для токов обратной и нулевой последовательностей.
- 3.3 Реактивности обратной и нулевой последовательностей синхронных генераторов, асинхронных двигателей, обобщенной нагрузки, трансформаторов и автотрансформаторов.
- 3.4 Реактивность нулевой последовательности одноцепных ЛЭП.
- 3.5 Активное, индуктивное и ёмкостное сопротивления нулевой последовательности кабельных линий.
- 3.6 Общие положения по составлению и преобразованию схем замещения отдельных последовательностей.
- 3.7 Схемы прямой и обратной последовательностей.
- 3.8 Особенности составления схемы замещения нулевой последовательности.
- 4. Расчет показателей функционирования технологического электрооборудования на примере исследования однократной поперечной и продольной несимметрии(4ч.)[4,5,6,8,9,10]**
- 4.1 Граничные условия при различных видах несимметричных коротких замыканий.
- 4.2 Соотношения между симметричными составляющими и полными значениями токов и напряжений в месте возникновения несимметрии при однофазном, двухфазном и двухфазном на землю коротких замыканиях.
- 4.3 Правило эквивалентности прямой последовательности.
- 4.4 Комплексные схемы замещения.
- 4.5 Векторные диаграммы токов и напряжений.
- 4.6 Расчёт режима работы электроэнергетической системы на примере симметричных составляющих токов и напряжений при обрыве одной фазы.
- 4.7 Расчёт режима работы электроэнергетической системы на примере симметричных составляющих токов и напряжений при обрыве двух фаз.
- 4.8 Применение принципа наложения.

Лабораторные работы (16ч.)

- 1. Расчет показателей функционирования технологического электрооборудования на модели-анализаторе постоянного тока(4ч.)[1,4,5,6,8,9,10]**
- 1.1 Изучение назначения и функций модели-анализатора постоянного тока.
- 1.2 Рассмотрение особенностей применения модели-анализатора и системы относительных единиц для моделирования переходных электромагнитных процессов.
- 2. Расчет показателей функционирования технологического электрооборудования на примере определения тока трёхфазного короткого замыкания в простейшей системе с использованием модели-анализатора {работа в малых группах} (4ч.)[1,4,5,6,8,9,10]**
- 2.1 Расчёт на основании полученных экспериментальных данных параметров режима работы электроэнергетической системы на примере величин тока трехфазного короткого замыкания для различных моментов времени.

2.2 Вывод о характере изменения токов короткого замыкания во времени.

3. Расчет показателей функционирования технологического электрооборудования на примере различных видов однократной поперечной несимметрии {работа в малых группах} (4ч.)[1,4,5,6,8,9,10] 3.1 Расчёт на основании полученных экспериментальных данных параметров режима работы электроэнергетической системы на примере токов однофазного, двухфазного, двухфазного на землю коротких замыканий с использованием модели-анализатора.

3.2 Вывод о целесообразности использования правила эквивалентности прямой последовательности и комплексной схемы замещения.

4. Расчет показателей функционирования технологического электрооборудования на примере однократной продольной несимметрии(4ч.)[1,4,5,6,8,9,10] 4.1 Определение токов и напряжений при однократной продольной несимметрии с использованием модели-анализатора.

4.2 Вывод о целесообразности использования правила эквивалентности прямой последовательности и комплексной схемы замещения.

Самостоятельная работа (76ч.)

1. Проработка теоретического материала(36ч.)[4,5,6,8,9,10] Работа с конспектом лекций, учебниками, учебными пособиями, справочниками и т. п.

2. Подготовка к лабораторным работам(20ч.)[1,4,5,6,8,9,10]

3. Подготовка к промежуточной аттестации(20ч.)[4,5,6,8,9,10] Подготовка к зачету

Семестр: 7

Объем дисциплины в семестре з.е. /час: 4 / 144

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
16	16	16	96	57

Лекционные занятия (16ч.)

1. Основные положения сбора и анализа данных для проектирования электроснабжения объектов на примере исследования устойчивости в электрических системах. Определение критериев оценки статической устойчивости электроэнергетических систем {дискуссия} (4ч.)[4,8,9,10] 1.1

Структурные схемы систем. Характеристики систем.

1.2 Максимальные и предельные нагрузки.

1.3 Уравнение движения ротора синхронного генератора.

1.4 Простейший расчёт режима работы электроэнергетической системы в установившемся режиме по энергетическим критериям.

1.5 Прямой критерий статической устойчивости простейшей системы.

1.6 Косвенные (вторичные) критерии статической устойчивости простейшей системы.

1.7 Практическое применение критериев статической устойчивости.

1.8 Расчёт параметров режима работы электроэнергетической системы на примере анализа статической устойчивости методом малых колебаний.

2. Динамическая устойчивость электроэнергетических систем. Основные положения сбора и анализа данных для проектирования электроснабжения объектов на примере использования способа площадей для исследования динамической устойчивости электроэнергетических систем(4ч.)[4,8,9,10]

2.1 Понятие о критериях динамической устойчивости.

2.2 Основные допущения упрощенного анализа, проводимого в предположении постоянства ЭДС при малых изменениях скорости вращения ротора синхронного генератора.

2.3 Энергетические соотношения, характеризующие движение ротора генератора.

2.4 Способ площадей и вытекающие из него критерии динамической устойчивости.

2.5 Численное решение уравнения движения ротора генератора методом последовательных интервалов.

2.6 Способ площадей при исследовании устойчивости двух параллельно работающих генерирующих станций.

2.7 Применение способа площадей для анализа действия автоматического регулирования возбуждения.

3. Основные положения сбора и анализа данных для проектирования электроснабжения объектов на примере исследования динамической устойчивости электроэнергетических систем при больших возмущениях. Мероприятия по улучшению устойчивости {дискуссия} (4ч.)[4,8,9,10]

3.1 Задачи исследования электромеханических переходных процессов при больших возмущениях, основные допущения.

3.2 Случай полного сброса мощности.

3.3 Проверка устойчивости при наличии автоматического повторного включения.

3.4 Мероприятия по улучшению устойчивости и качества переходных процессов в электроэнергетических системах.

3.5 Дополнительные устройства, применяемые для улучшения устойчивости.

3.6 Мероприятия режимного характера, применяемые для улучшения устойчивости электроэнергетических систем.

4. Основные положения сбора и анализа данных для проектирования электроснабжения объектов на примере исследования переходных процессов в узлах нагрузки при малых и больших возмущениях(4ч.)[4,8,9,10]

4.1 Влияние изменения напряжения и частоты на работу асинхронных двигателей.

4.2 Статическая устойчивость нагрузки и критерии её оценки.

4.3 Вторичные признаки устойчивости нагрузки.

4.4 Регулирующие эффекты нагрузок.

4.5 Влияние компенсирующих устройств на статическую устойчивость нагрузки.

4.6 Динамические характеристики отдельных видов нагрузок.

- 4.7 Влияние больших возмущений на режим работы узлов нагрузки.
- 4.8 Резкие изменения режима в системах электроснабжения и их последствия.
- 4.9 Пуск и самозапуск электродвигателей.

Практические занятия (16ч.)

1. Основные положения сбора и анализа данных для проектирования электроснабжения объектов на примере расчёта действующего значения тока трёхфазного короткого замыкания(4ч.)[2,4,7,8,9,10] 1.1 Система относительных единиц, точное и приближенное приведение к базисным условиям.

1.2 Расчёт режима работы электроэнергетической системы аналитическим методом на примере трёхфазного короткого замыкания.

1.3 Расчёт режима работы электроэнергетической системы методами расчётных и типовых кривых на примере трёхфазного короткого замыкания.

2. Основные положения сбора и анализа данных для проектирования электроснабжения объектов на примере расчёта действующего значения фазных токов несимметричного короткого замыкания(4ч.)[2,4,7,8,9,10] 2.1 Метод симметричных составляющих.

2.2 Расчёт параметров режима электроэнергетической системы на примере однофазного замыкания.

2.3 Расчёт параметров режима электроэнергетической системы на примере двухфазного короткого замыкания.

2.4 Расчёт параметров режима электроэнергетической системы на примере двухфазного короткого замыкания на землю.

3. Основные положения сбора и анализа данных для проектирования электроснабжения объектов на примере расчёта величин фазных токов и напряжений при наличии продольной несимметрии(4ч.)[2,4,7,8,9,10] 3.1

Расчёт параметров режима работы электроэнергетической системы на примере составляющих токов и напряжений при обрыве (отключении) одной фазы.

3.2 Расчёт параметров режима работы электроэнергетической системы на примере токов и напряжений при обрыве (отключении) двух фаз.

4. Основные положения сбора и анализа данных для проектирования электроснабжения объектов на примере исследования распределения и трансформации симметричных составляющих токов и напряжений(4ч.)[2,4,7,8,9,10] 4.1 Эпюры токов.

4.2 Эпюры напряжений.

Лабораторные работы (16ч.)

1. Основные положения сбора и анализа данных для проектирования электроснабжения объектов на примере исследования внезапного короткого замыкания синхронной машины без демпферных обмоток(4ч.)[1,4,8,9,10] 1.1 Моделирования переходных процессов в обмотках синхронной машины при

коротких замыканиях в статорной цепи на ПЭВМ.

1.2 Нахождение параметров генератора в предшествующем короткому замыканию режиме.

1.3 Моделирование короткого замыкания на выводах статорной обмотки синхронной машины на ПЭВМ.

1.4 Анализ полученных результатов.

2. Основные положения сбора и анализа данных для проектирования электроснабжения объектов на примере расчёта и анализа статических режимных характеристик одномашиной энергосистемы(4ч.)[1,4,8,9,10]

2.1 Изучение характера статических взаимосвязей между параметрами режима синхронных генераторов, оборудованных системами автоматического регулирования возбуждения.

2.2 Ознакомление с особенностями расчёта предельных по апериодической статической устойчивости режимов энергосистем с регулируемыми синхронными генераторами.

2.3 Определение пределов передаваемой мощности и их с результатами определения пределов по результатам моделирования.

3. Основные положения сбора и анализа данных для проектирования электроснабжения объектов на примере исследования динамической устойчивости простейшей электрической системы(4ч.)[1,4,8,9,10]

3.1 Исследование динамической устойчивости синхронного генератора, работающего через двухцепную линию электропередачи на мощную систему, при коротком замыкании в линии.

3.2 Нахождение параметров системы в нормальном, аварийном и послеаварийном режимах.

3.3 Моделирование на ПЭВМ.

3.4 Анализ полученных результатов.

4. Основные положения сбора и анализа данных для проектирования электроснабжения объектов на примере исследования статической устойчивости узлов нагрузки электроэнергетической системы(4ч.)[1,4,8,9,10]

4.1 Исследование статической устойчивости узлов нагрузки.

4.2 Нахождение параметров электрической системы с сосредоточенными параметрами узла нагрузки.

4.3 Моделирование на ПЭВМ.

4.4 Анализ полученных результатов.

Курсовые работы (0ч.)

. Расчёт действующих значений фазных токов и напряжений симметричного и несимметричного коротких замыканий в электроэнергетической системе {разработка проекта} (0,ч.)[3,4,8,9,10]

1. Расчёт параметров режима работы электроэнергетической системы на примере действующего значения симметричного трёхфазного тока КЗ аналитическим методом.

2. Расчёт параметров режима работы электроэнергетической системы на примере

действующего значения симметричного трёхфазного тока КЗ методом расчётных кривых.

3. Расчёт параметров режима работы электроэнергетической системы на примере действующих значений фазных токов и напряжений несимметричного КЗ.

4. Построение векторных диаграмм фазных токов и напряжений несимметричного КЗ.

Самостоятельная работа (96ч.)

1. Проработка теоретического материала(12ч.)[4,8,9,10] Работа с конспектом лекций, учебниками, учебными пособиями, справочниками и т. п.

2. Подготовка к практическим занятиям(4ч.)[2,4,7,8,9,10]

3. Подготовка к лабораторным работам(4ч.)[1,4,8,9,10]

4. Выполнение и подготовка к защите курсовой работы(40ч.)[3,4,8,9,10]

5. Подготовка к промежуточной аттестации(36ч.)[4,9,10] Подготовка к экзамену

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для каждого обучающегося обеспечен индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечным системам: Лань, Университетская библиотека он-лайн, электронной библиотеке АлтГТУ и к электронной информационно-образовательной среде:

1. Попов, А. Н. Учебно-методическое пособие к лабораторным работам по курсу «Переходные процессы» для студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» всех форм обучения / А. Н. Попов ; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул, 2020. – 76 с. – Текст : электронный. – URL : <http://new.elib.altstu.ru/eum/109142>. – Режим доступа : для авториз. пользователей.

2. Попов, А. Н. Учебно-методическое пособие к практическим занятиям по курсу «Переходные процессы» для студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» всех форм обучения / А. Н. Попов ; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул, 2020. – 34 с. – Текст : электронный. – URL : <http://new.elib.altstu.ru/eum/109141>. – Режим доступа : для авториз. пользователей.

3. Попов, А. Н. Учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы по курсу по курсу «Переходные процессы» для студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» всех форм обучения / А. Н. Попов ; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул, 2020. – 20 с. – Текст : электронный. – URL : <http://new.elib.altstu.ru/eum/109143>. – Режим доступа : для авториз. пользователей.

6. Перечень учебной литературы

6.1. Основная литература

4. Кобелев, А. В. Режимы работы электроэнергетических систем : Учеб. пособие / А. В. Кобелев. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2015. – 81 с. : ил. – Текст : электронный. – URL : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444929>. – Режим доступа : для авториз. пользователей.

5. Долгов, А. П. Переходные электромеханические процессы электрических систем : учебное пособие / А. П. Долгов ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 236 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574679>. – Библиогр.: с. 221-223. – ISBN 978-5-7782-3837-4. – Текст : электронный.

6.2. Дополнительная литература

6. Пилипенко, В. Т. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах : Учеб.-метод. пособие / В. Т. Пилипенко. – Оренбург : ОГУ, 2014. – 124 с. : ил. – Текст : электронный. – URL : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330565>. – Режим доступа : для авториз. пользователей.

7. Переходные процессы в электрических системах : Сборник задач / Д. В. Армеев, Е. П. Гусев, А. П. Долгов [и др]. – Новосибирск : НГТУ, 2014. – 331 с. : табл., граф., схем. – Текст : электронный. – URL : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436254>. – Режим доступа : для авториз. пользователей.

8. Галишников, Ю. П. Цифровое моделирование электромагнитных и электромеханических переходных процессов в электрических системах / Ю. П. Галишников. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 199 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=618459>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0737-3. – Текст : электронный.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

9. Справочная правовая система «Консультант Плюс». – Электронный ресурс. – URL : <http://www.consultant.ru>. – Режим доступа : свободный.

10. Винославский В.Н. и др. Переходные процессы в системах электроснабжения. 1989 год. - URL : <https://www.proektant.org/arh/833.html>

8. Фонд оценочных материалов для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Содержание промежуточной аттестации раскрывается в комплекте

контролирующих материалов, предназначенных для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, которые хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном виде и в ЭИОС.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) по дисциплине представлен в приложении А.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Для успешного освоения дисциплины используются ресурсы электронной информационно-образовательной среды, образовательные интернет-порталы, глобальная компьютерная сеть Интернет. В процессе изучения дисциплины происходит интерактивное взаимодействие обучающегося с преподавателем через личный кабинет студента.

№пп	Используемое программное обеспечение
1	Chrome
1	LibreOffice
2	Windows
3	STDU Viewer
3	Антивирус Kaspersky
6	Программно-вычислительный комплекс автоматизированного расчёта уставок релейной защиты и автоматики (ПВК "АРУ РЗА")

№пп	Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы
1	Бесплатная электронная библиотека онлайн "Единое окно к образовательным ресурсам" для студентов и преподавателей; каталог ссылок на образовательные интернет-ресурсы (http://Window.edu.ru)
2	Национальная электронная библиотека (НЭБ) — свободный доступ читателей к фондам российских библиотек. Содержит коллекции оцифрованных документов (как открытого доступа, так и ограниченных авторским правом), а также каталог изданий, хранящихся в библиотеках России. (http://нэб.рф/)

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
учебные аудитории для проведения учебных занятий
помещения для самостоятельной работы

Материально-техническое обеспечение и организация образовательного процесса по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с «Положением об обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья».