

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИЭ
 Матвеев А.С.
«01» сентября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Электромагнитные переходные процессы				
Направление подготовки	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника			
Образовательная программа	Электроэнергетика			
Специализация	Электрические станции			
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат			
Курс	4	семестр	7	
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6			
Виды учебной деятельности	Временной ресурс			
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		32	
	Практические занятия		32	
	Лабораторные занятия		24	
	ВСЕГО		88	
Самостоятельная работа, ч			128	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией			Курсовой проект	
ИТОГО, ч			216	

Вид промежуточной аттестации	диф.зач, экзамен	Обеспечивающее подразделение	ОЭЭ
---------------------------------	---------------------	---------------------------------	-----

И.о. заведующего кафедрой - руководителя отделения на правах кафедры		Ивашутенко А.С.
Руководитель ООП		Шестакова В.В.
Преподаватель		Рубан Н.Ю.

2020 г.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ОПК(У)-3	Способен использовать методы анализа и моделирования электромеханических переходных процессов	И.ОПК(У)-3.4	Способен проводить проектирование одномашиной и двухмашиной энергетических систем в соответствии с техническим заданием и использование стандартных методов.	ОПК(У)-3.4В1	Владеет методами расчета, проектирования энерго систем
				ОПК(У)-3.4У1	Умеет использовать полученные знания при решении практических задач по проектированию и испытаниям энергосистем
				ОПК(У)-3.4З1	Знает место и роль электромеханических переходных процессов для электрических систем
				ОПК(У)-3.4З2	Знает основные уравнения процессов, схемы замещения и характеристики синхронного генератора
ОПК(У)-5	Способен контролировать техническое состояние объектов профессиональной деятельности, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт по имеющейся технической документации	И.ОПК(У)-5.1	Применяет методы и технические средства для испытаний и диагностики одномашиной и двухмашиной энергетических систем	ОПК(У)-5.1В2	Владеет навыками работы с программными комплексами для тестирования энергосистемы на устойчивость
				ОПК(У)-5.1У2	Умеет проводить эксперименты по заданным методикам с последующей обработкой и анализом результатов
				ОПК(У)-5.1З3	Знает типовые стандартные программные средства, используемые при экспериментах

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Планировать и проводить расчетные эксперименты, связанные с определением параметров, характеристик синхронного генератора, интерпретировать данные и делать выводы.	И.ПК(У)-2.1.
РД 2	Анализировать переходные процессы, происходящие в синхронном генераторе и трансформаторах.	И.ПК(У)-2.1.
РД 3	Выполнять расчеты устойчивости одномашиной и двухмашиной систем, оценивать запас устойчивости	И.ПК(У)-2.1.

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Введение Преобразования Парка-Горева, Модель синхронного генератора	РД2, РД3	Лекции	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	5
Раздел 2. Угловые характеристики мощности и понятия об устойчивости. Характеристики мощности сложной электрической системы	РД1, РД2, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	5
Раздел 3. Влияние промежуточных параметров схемы на характеристики мощности одномашинной системы. Устойчивость системы	РД2, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	5
Раздел 4. Метод малых колебаний для анализа статической устойчивости	РД1, РД2, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	5
Раздел 5. Самораскачивание генератора. Анализ устойчивости с учетом электромагнитных процессов. Статическая устойчивость для двухмашинной системы.	РД1, РД2, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	10
Раздел 6. Динамическая устойчивость и критерии динамической устойчивости.	РД1, РД2, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	10
Раздел 7. Динамическая устойчивость при 3х фазном, однофазном двух фазном коротких замыканиях.	РД1, РД2,	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	10
Раздел 8. Динамическая устойчивость при дефиците мощности. Электрическое торможение. Устойчивость нагрузки	РД3РД1, РД2,	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	10

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Ведение. Преобразование Парка-Горева, модель синхронного генератора

Исходные уравнения синхронной машины. Законы преобразования координат вращающейся и покоящейся систем. Представления синхронного генератора в виде ЭДС за сопротивлением, во вращающейся системе Парка-Горева.

Темы лекций:

1. Основные уравнения синхронной машины во вращающейся и покоящейся систем координат и их преимущество.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование статической устойчивости одномашинной системы

Раздел 2. Угловые характеристики мощности

Угловые характеристики мощности и понятия об устойчивости. Характеристики мощности сложной электрической системы. Характеристики активной и реактивной мощностей генератора, их графические зависимости. Область устойчивости системы на угловой характеристике генератора. Точки положения равновесия, запас устойчивости. Взаимные и собственные сопротивления системы. Углы сопротивлений, определяющие активные потери системы

Темы лекций:

1. Характеристики активной и реактивной мощностей генератора.

Темы практических занятий:

1. Схемы замещения синхронного генератора при наличии АРВ и без АРВ
2. Расчет запасов устойчивости.

Раздел 3. Влияние промежуточных параметров схемы на характеристики мощности одномашинной системы.

Обобщенная теорема Виета, коэффициенты характеристического уравнения, область их положительных и отрицательных значений. Статическая колебательная и апериодическая устойчивости. Алгебраические критерии устойчивости. Апериодическая устойчивость и колебательная устойчивость. Расположения корней в комплексной плоскости.

Темы лекций:

1. Понятие устойчивости системы

Темы практических занятий:

2. Расчет влияния промежуточных параметров схемы на характеристики мощности одномашинной системы.

Раздел 4. Метод малых колебаний для анализа статической устойчивости

Линеаризация угловой характеристики в окрестности точки положения равновесия. Синхронизирующая мощность как частота колебаний угла генератора. Определение синхронизирующей мощности. Определение типа устойчивости- колебательной и апериодической. Влияние мощности турбины на синхронизирующую мощность. Модель синхронного генератора с АРВ пропорционального типа (ПТ). Модель генератора с АРВ сильного действия (СД). Область эффективной работы АРВ ПТ, АРВ СД

Темы лекций:

1. Линеаризация угловой характеристики в окрестности точки положения равновесия. Синхронизирующая мощность как частота колебаний угла генератора.

Темы практических занятий:

2. Линеаризация угловой характеристики мощности. Определение синхронизирующей мощности. Определение типа устойчивости- колебательной и апериодической. Влияние мощности турбины на синхронизирующую мощность.

Названия лабораторных работ:

2. Моделирование синхронного генератора с АРВ пропорционального типа (ПТ) и сильного действия (СД). Область эффективной работы АРВ ПТ, АРВ СД

Раздел 5. Самораскачивание генератора.

Причины возникновения самораскачивания. Понятия о положительном и отрицательном асинхронном моментах-отрицательное демпфирование. Причины их возникновения. Их влияние на устойчивость системы. Отрицательный и положительный асинхронные моменты. Запаздывания вызываемы АРВ ПД.

Темы лекций:

1. Причины возникновения самораскачивания. Понятия о положительном и отрицательном асинхронном моментах-отрицательное демпфирование. Причины их возникновения. Их влияние на устойчивость системы.

Темы практических занятий:

2. Отрицательный и положительный асинхронные моменты. Запаздывания вызываемы АРВ ПД.

Раздел 6. Динамическая устойчивость

Динамическая устойчивость и критерии динамической устойчивости. Энергетические критерии динамической устойчивости. Площадка торможения и ускорения. Понятие о фазовой плоскости как эффективном методе исследования нелинейных систем. Расчет площадок ускорения и торможения. Определение критических углов. Угловое положение равновесия. Сепаратрисса как граница области устойчивости системы.

Темы лекций:

1. Энергетические критерии динамической устойчивости. Площадка торможения и ускорения. Понятие о фазовой плоскости как эффективном методе исследования нелинейных систем.

Темы практических занятий:

2. Расчет площадок ускорения и торможения.

Названия лабораторных работ:

3. Исследование динамической устойчивости одномашиной системы. Расчет площадок ускорения и торможения. Изменение угла генератора и частоты во времени и на фазовой плоскости.

Раздел 7. Динамическая устойчивость при 3х фазном, однофазном двух фазном коротких замыканиях.

Влияние коротких замыканий на устойчивость энергосистемы. Используемые комплексные схемы замещения для расчета шунтов при 3х, 2х и однофазном к.з. Определения точек положения равновесия для нелинейной системы, определения критических углов и углов переключения генератора. Определение переключения углов генератора при различных аварийных режимах. Успешное и не успешное АПВ. Отключение генераторов.

Темы лекций:

1. Используемые комплексные схемы замещения для расчета шунтов при 3х, 2х и однофазном к.з.

Темы практических занятий:

2. Определение переключения углов генератора при различных аварийных режимах.

Раздел 8. Динамическая устойчивость при дефиците мощности. Электрическое торможение. Устойчивость нагрузки

Динамическая устойчивость. Предотвращение выпадения из синхронизма. Дефицит мощности на передающем конце линии. Короткое замыкание в приемной энергосистеме. Электрическое как способ предотвращения выпадения из синхронизма. Построения фазовых портретов для анализа устойчивости системы с дефицитом мощности. Критерии устойчивости нагрузки. Критерии устойчивости нагрузки.

Темы лекций:

1. Дефицит мощности на передающем конце линии. Короткое замыкание в приемной энергосистеме. Электрическое как способ предотвращения выпадения из синхронизма.

Темы практических занятий:

2. Построения фазовых портретов для анализа устойчивости системы с дефицитом мощности.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование устойчивости работы асинхронного двигателя.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Хрущев Ю.В. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: учебное пособие / Ю.В. Хрущев, К.И. Заповодников, А.Ю. Юшков; Томский политехнический университет. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 154 с. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m492.pdf> (дата обращения: 19.06.2019) Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный
2. Куликов, Ю. А. Сопротивление материалов. Курс лекций : учебное пособие / Ю. А. Куликов. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 272 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/91882> (дата обращения: 19.06.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Жданов, Петр Сергеевич. Вопросы устойчивости электрических систем / П. С. Жданов; под ред. Л. А. Жукова. — Изд. стер.. — Москва: Альянс, 2015. — 455 с.: ил.. — Текст

Дополнительная литература:

1. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах» для студентов IV курса, обучающихся по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); сост. Ю. В. Хрущёв; Е. О. Кулешова; Е. Б. Шандарова — Томск: Изд-во ТПУ, 2017. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2017/m063.pdf> (дата обращения: 19.06.2019) Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный
2. **Фикс Н. П.** Методы расчёта устойчивости энергосистем: электронный курс / Н. П. Фикс, Ю. В. Хрущёв; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), 2015. — URL: <http://design.lms.tpu.ru/enrol/index.php?id=532> (дата обращения: 19.06.2019) Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный
3. Хрущев, Ю. В. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах : учебное пособие / Ю. В. Хрущев, К. И. Заповодников, А. Ю. Юшков. — Томск : ТПУ, 2012. — 154 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/10327> (дата обращения: 19.06.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. **Вайнштейн Р. А.** Математические модели элементов электроэнергетических систем в расчетах установившихся режимов и переходных процессов: учебное пособие — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m202.pdf> (дата обращения: 19.06.2019) Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный
5. Вайнштейн Р.А. Основы управления режимами энергосистем по частоте и активной мощности, по напряжению и реактивной мощности: учебное пособие / Р. А. Вайнштейн, Н. В. Коломиец, В. В. Шестакова. — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m235.pdf> (дата обращения: 19.06.2019) Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный

6.2. Информационное и программное обеспечение

1. Информационно-справочных система «Кодекс» - <http://kodeks.lib.tpu.ru/>
2. Научно-электронная библиотека eLIBRARY.RU - <https://elibrary.ru/defaultx.asp>
3. Электронно-библиотечная система «Консультант студента»
<http://www.studentlibrary.ru/>
4. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
5. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
6. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Программно-интегрированная среда Mathcad-15, академическая лицензия
2. Программно-интегрированная среда MATLAB-Simulink, академическая лицензия.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий: 634034 г. Томская область, Томск, Усова улица, д.7, учебный корпус №8, учебная аудитория 201	Компьютер – 1 шт.; проектор – 1 шт
2.	Учебная аудитория для проведения практических занятий: 634034 г. Томская область, Томск, Усова улица, д.7, учебный корпус №8, учебная аудитория 201	Компьютер – 1 шт.; проектор – 1 шт
3.	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий: 634034 г. Томская область, Томск, Усова улица, д.7, учебный корпус №8, учебная аудитория 119	компьютеры – 15 шт.
4.	Аудитория для самостоятельной работы: 634034 г. Томская область, Томск, Усова улица, д.7, учебный корпус №8, учебная аудитория 127	компьютеры – 32 шт.;

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника Промышленная электротехника и автоматизация (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент ОЭЭ		Рубан Н.Ю.

Программа одобрена на заседании Отделения электроэнергетики и электротехники; протокол от 25.06.2020 г. № ____6____

Руководитель ОЭЭ

к.т.н, доцент



_____/ Ивашутенко А.С./

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЭЭ протокол
2020_/ 21_ учебный год	1. Дополнено содержание разделов дисциплины 2. Обновлено программное обеспечение 3. Актуализированы исходные данные для курсового проектирования	От 25.06.2020 г. № ____6____
2021__/22__ учебный год	1. Дополнено содержание разделов дисциплины 2. Обновлено программное обеспечение 3. Актуализированы исходные данные для курсового проектирования	От 11.05.2021 г. № 6
2022__/23__ учебный год	1. Дополнено содержание разделов дисциплины 2. Обновлено программное обеспечение 3. Актуализированы исходные данные для курсового проектирования	От 29.06.2022 г. № 6