

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич  
Должность: и.о. ректора  
Дата подписания: 07.02.2025 14:46:23  
Уникальный программный ключ:  
4e7c4ea90328ec8e65c5d8058549a2538d740

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИПТИ  
А.Н. Халин  
2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины: Теория устойчивости электротехнических систем  
научная специальность: 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

Рабочая программа разработана в соответствии с утвержденным учебным планом от 29.08.2022 г. и требованиями программы аспирантуры 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы к результатам освоения дисциплины.

Рабочая программа рассмотрена  
на заседании кафедры электроэнергетики  
Протокол № 1 от «30» 08 2022г.

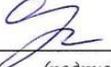
Заведующий выпускающей кафедрой  Г.А. Хмара  
(подпись)

СОГЛАСОВАНО:

Начальник УНИиР  Д.В. Пяльченков  
(подпись)  
« 30 » 08 2022г.

Начальник ОПНиНПК  Е.Г. Ишкина  
(подпись)  
« 30 » 08 2022г.

Рабочую программу разработал:

В.В. Сушков, профессор, д.т.н., профессор   
(подпись)

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины - проверка сформированности у аспирантов углубленных знаний о физике электромеханических переходных процессов в современных автоматически регулируемых электроэнергетических системах, физической сути мероприятий по сохранению устойчивости энергосистем и математических основах ее исследования.

Задачи дисциплины - оценка формирования у аспирантов компетенций в области методики расчета устойчивости и переходных процессов в сложной энергосистеме с учетом действия регулирующих устройств (регуляторов возбуждения и скорости вращения турбин), а также анализа асинхронных режимов, возникающих в энергосистеме после нарушения устойчивости; в области выбора методов и средств улучшения условий сохранения устойчивости и стабилизации режимов простых и сложных энергосистем.

## 2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина относится к дисциплинам обязательной части учебного плана. (Блок 2.1.5 «Элективные дисциплины (модули) по выбору 1 (ДВ.1)», образовательный компонент учебного плана (2.1.5.1).

## 3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у выпускников способностей к построению математических моделей объектов исследования и выбору численного метода их моделирования, к разработке нового или выбору приоритетного алгоритма решения задачи; к самостоятельному освоению и применению новых систем компьютерной математики и систем компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга, к овладению современными языками программирования и разработке оригинальных пакетов прикладных программ и проведению с их помощью расчетов электротехнических устройств, обеспечивающих оптимальные режимы работы; к овладению новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований по электродинамическим процессам в электротехнических устройствах, к обработке, анализу и обобщению результатов экспериментов.

## 4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Таблица 1

Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.		Самостоятельная работа, час.	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Практические занятия		
1/1	24	24	96	Зачет

## 5. Структура и содержание дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.		СРО, час.	Всего, час.	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.			
1	1	Введение. Математические модели ЭЭС и её элементов	4	4	16	24	Устный опрос
2	2	Статическая устойчивость ЭЭС	6	6	24	36	Устный опрос
3	3	Динамическая	6	6	24	36	Устный

		устойчивость ЭЭС					опрос
4	4	Устойчивость нагрузки в ЭЭС	4	4	16	24	Устный опрос
5	5	Мероприятия по повышению устойчивости ЭЭС	4	4	16	24	Устный опрос
Итого:			24	24	96	144	

## 5.2. Содержание дисциплины.

### 5.2.1. Содержание разделов дисциплины.

#### **Раздел 1.** Введение. Математические модели ЭЭС и её элементов.

Краткая история возникновения и развития проблемы устойчивости электроэнергетических систем. Основные понятия и определения. Математические модели и схемы замещения синхронной машины. Математические модели и схемы замещения асинхронного двигателя. Математические модели и схемы замещения электрической сети. Математические модели комплексной нагрузки.

#### **Раздел 2.** Статическая устойчивость ЭЭС.

Характеристика мощности простейшей системы электропередачи. Понятие о статической устойчивости системы. Характеристика мощности при сложной связи синхронной машины с энергосистемой. Влияние параметров схемы на характеристики мощности. Характеристики мощности генераторов с автоматическими регуляторами возбуждения. Действительный предел мощности. Векторные диаграммы и основные уравнения простейшей системы. Упрощенное представление генераторов в расчетах статической устойчивости.

#### **Раздел 3.** Динамическая устойчивость ЭЭС.

Понятие о динамической устойчивости системы. Основные допущения упрощенного анализа динамической устойчивости. Схемы замещения системы при коротком замыкании. Оценка динамической устойчивости системы методом площадей. Определение предельного угла отключения короткого замыкания. Оценка эффективности АПВ линий электропередачи методом площадей. Аналитическое определение предельного времени отключения трехфазного короткого замыкания. Численное решение уравнения движения ротора методом последовательных интервалов.

#### **Раздел 4.** Устойчивость нагрузки в ЭЭС.

Общая характеристика узлов нагрузки. Характеристики синхронных двигателей. Характеристики асинхронных двигателей. Оценка статической устойчивости асинхронных и синхронных двигателей. Вторичные критерии устойчивости нагрузки. Лавина напряжения в узле нагрузки. Влияние больших возмущений на режим работы нагрузки. Динамическая устойчивость двигателей при изменении напряжения. Наброс нагрузки на двигатели. Самозапуск двигателей.

#### **Раздел 5.** Мероприятия по повышению устойчивости ЭЭС.

Классификация мероприятий повышающих Теория устойчивости электротехнических систем. Конструктивное улучшение параметров основных элементов электроэнергетической системы. Дополнительные средства повышения устойчивости. Повышение устойчивости средствами автоматики. Мероприятия эксплуатационного характера для обеспечения устойчивости электроэнергетических систем.

## 5.2.2. Содержание дисциплины по видам учебных занятий.

### Лекционные занятия

Таблица 3

№ п/п	Номер раздела	Объем, час.	Тема лекции
1	1	4	Краткая история возникновения и развития проблемы устойчивости электроэнергетических систем. Основные понятия и определения. Математические модели и схемы замещения синхронной машины. Математические модели и схемы замещения асинхронного двигателя. Математические модели и схемы замещения электрической сети. Математические модели нагрузки.
2	2	6	Характеристика мощности простейшей системы электропередачи. Понятие о статической устойчивости системы. Характеристика мощности при сложной связи синхронной машины с энергосистемой. Влияние параметров схемы на характеристики мощности. Характеристики мощности генераторов с автоматическими регуляторами возбуждения. Действительный предел мощности. Векторные диаграммы и основные уравнения простейшей системы. Упрощенное представление генераторов в расчетах статической устойчивости.
3	3	6	Понятие о динамической устойчивости системы. Основные допущения упрощенного анализа динамической устойчивости. Схемы замещения системы при коротком замыкании. Оценка динамической устойчивости системы методом площадей. Определение предельного угла отключения короткого замыкания. Оценка эффективности АПВ линий электропередачи методом площадей. Аналитическое определение предельного времени отключения трехфазного короткого замыкания. Численное решение уравнения движения ротора методом последовательных интервалов.
4	4	4	Общая характеристика узлов нагрузки. Характеристики синхронных двигателей. Характеристики асинхронных двигателей. Оценка статической устойчивости асинхронных и синхронных двигателей. Вторичные критерии устойчивости нагрузки. Лавина напряжения в узле нагрузки. Влияние больших возмущений на режим работы нагрузки. Динамическая устойчивость двигателей при изменении напряжения. наброс нагрузки на двигатели. Самозапуск двигателей.
5	5	4	Классификация мероприятий повышающих Теория устойчивости электротехнических систем. Конструктивное улучшение параметров основных элементов электроэнергетической системы. Дополнительные средства повышения устойчивости. Повышение устойчивости средствами автоматики. Мероприятия эксплуатационного характера для обеспечения устойчивости электроэнергетических систем
Итого:		24	

### Практические занятия

Таблица 4

№ п/п	Номер раздела	Объем, час.	Тема занятия
1	1	4	Расчет параметров математической модели ЭЭС
2	2	6	Анализ статической устойчивости ЭЭС методом площадей

3	3	6	Анализ динамической устойчивости ЭЭС
4	4	4	Анализ самозапуска асинхронных электродвигателей
5	5	4	Анализ мероприятий по повышению устойчивости
Итого:		24	

### Самостоятельная работа

Таблица 5

№ п/п	Номер раздела	Объем, час.	Тема	Вид СРО
1	1	16	Введение. Математические модели ЭЭС и её элементов	Подготовка к практическим занятиям
2	2	24	Статическая устойчивость ЭЭС	Подготовка к практическим занятиям
3	3	24	Динамическая устойчивость ЭЭС	Подготовка к практическим занятиям
4	4	16	Устойчивость нагрузки в ЭЭС	Подготовка к практическим занятиям
5	5	16	Мероприятия по повышению устойчивости ЭЭС	Подготовка к практическим занятиям
Итого:		96		

5.2.3. Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

*Традиционные образовательные технологии* ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к обучающемуся (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения).

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

## 6. Перечень вопросов для подготовки к зачету

### Раздел 1. Введение. Математические модели ЭЭС и её элементов

1. Математические модели и схемы замещения синхронной машины.
2. Математические модели и схемы замещения асинхронного двигателя.
3. Математические модели и схемы замещения электрической сети.
4. Математические модели комплексной нагрузки.

### Раздел 2. Статическая устойчивость ЭЭС

1. Характеристика мощности простейшей системы электропередачи.
2. Влияние параметров схемы на характеристики мощности.
3. Характеристики мощности генераторов с автоматическими регуляторами возбуждения.
4. Векторные диаграммы и основные уравнения простейшей системы.

### Раздел 3. Динамическая устойчивость ЭЭС

1. Оценка динамической устойчивости системы методом площадей.
2. Оценка эффективности АПВ линий электропередачи методом площадей.
3. Определение предельного угла отключения короткого замыкания.
4. Численное решение уравнения движения ротора методом последовательных интервалов.

#### **Раздел 4. Устойчивость нагрузки в ЭЭС**

1. Оценка статической устойчивости асинхронных и синхронных двигателей.
2. Вторичные критерии устойчивости нагрузки.
3. Лавина напряжения в узле нагрузки.
4. Динамическая устойчивость двигателей при изменении напряжения.

#### **Раздел 5. Мероприятия по повышению устойчивости ЭЭС**

1. Конструктивное улучшение параметров основных элементов электроэнергетической системы.
2. Дополнительные средства повышения устойчивости.
3. Повышение устойчивости средствами автоматики.
4. Мероприятия эксплуатационного характера для обеспечения устойчивости электроэнергетических систем.

### **7. Оценка результатов освоения программы**

7.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения в соответствии с планируемыми результатами обучения.

«Зачтено» выставляется тогда, когда обучающийся освоил суть дисциплины, устные ответы содержат защищаемые положения без существенных неточностей.

«Не зачтено» выставляется тогда, когда обучающийся не знает значительную часть или вообще не знает теоретический материал, устные ответы не соответствуют защищаемым положениям.

### **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

8.1. Перечень рекомендуемой литературы в Приложении 1.

8.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Электронный каталог библиотечно-издательского комплекса ТИУ: <http://webirbis.tsogu.ru>
2. Полнотекстовая база данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tyuiu.ru>
3. Научная электронная библиотека eLibrary.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
4. Базы данных Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (Роспатент) – Режим доступа: [http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content\\_ru/ru](http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru)
5. Система поддержки дистанционного обучения Educon [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <https://educon2.tyuiu.ru/login/index.php>
6. Ресурсы, предоставленные Библиотечно-издательским комплексом ТИУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tyuiu.ru/university/subdivisions/teachbookdep/bibliotechno-izdatelskij-kompleks/bibliotechnye-resursy/>
- 8.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства *Mathcad 14.0, Microsoft Office Professional Plus, Microsoft Windows, Scilab* Свободно-распространяемое ПО.

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Таблица 6

№ п/п	Перечень оборудования, необходимого для освоения дисциплины	Перечень технических средств обучения, необходимых для освоения дисциплины (демонстрационное оборудование)
1	Учебные стенды лабораторий кафедры электроэнергетики	Компьютеры, мультимедийные проекторы, видео- и аудио аппаратура
2	Производственное оборудование организаций и предприятий электроэнергетической отрасли	Компьютеры, научно-исследовательское, производственное оборудование, измерительная техника

**КАРТА**  
**обеспеченности дисциплины учебной и учебно-методической литературой**

Дисциплина **Теория устойчивости электротехнических систем**

Научная специальность **2.4.2 Электротехнические комплексы и системы**

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент аспирантов, использующих указанную литературу	Обеспеченность аспирантов литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1	Основы электроснабжения [Электронный ресурс]: учебное пособие / Фролов Ю.М., Шелякин В.П. - СПб.: Лань, 2012. - 480 с.	5+	5	100%	+
2	Системы электроснабжения [Текст]: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Электроснабжение» направления подготовки «Электроэнергетика» / Б. И. Кудрин. - Москва: Академия, 2011. - 351 с.	5+	5	100%	+
3	Электропитание устройств и систем телекоммуникаций [Текст]: учебник для студентов вузов / Н. Г. Калугин ; ред. Е. Е. Чаплыгин. - Москва: Академия, 2011. - 185 с.	5+	5	100%	+