

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: и.о. ректора
Дата подписания: 28.03.2024 10:56:56
Уникальный программный ключ:
4e7c4ea90328ec8e65c5d8058549a2538d7400d1

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ТОМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Председатель КСН

 Г.А. Хмара

«30» мая 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины: Устойчивость электроэнергетических систем
направление подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
программа: Интеллектуальная электроэнергетика
форма обучения: очная, очно-заочная

Рабочая программа разработана в соответствии с утвержденным учебным планом от 22. 04.2019 г. и требованиями ОПОП 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника программа Интеллектуальная электроэнергетика к результатам освоения дисциплины Устойчивость электроэнергетических систем.

Рабочая программа рассмотрена
на заседании кафедры электроэнергетики
Протокол № 12 от «30» мая 2019 г.

И.о. заведующего кафедрой ЭЭ  Г.А. Хмара

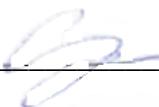
СОГЛАСОВАНО:

И.о. заведующего кафедрой ЭЭ  Г.А. Хмара

«30» мая 2019 г.

Рабочую программу разработал:

В.В. Сушков, профессор каф. ЭЭ, д-р. техн. наук, профессор



1. Цели и задачи освоения дисциплины/модуля

Цель дисциплины: формирование у обучающихся комплекса знаний, умений и практических навыков в области повышения устойчивости электроэнергетических систем.

Задачи дисциплины: ознакомить магистрантов с основными характеристиками режимов электроэнергетической системы и соотношениям между их параметрами; ознакомить магистрантов с критериями устойчивости и стабилизации режимов; ознакомить магистрантов с методом площадей и методом малых колебаний при анализе динамической и статической устойчивости; ознакомить магистрантов с методиками 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; научить принимать конкретные решения по выбору методов и средств улучшения условий сохранения устойчивости и стабилизации режимов простых и сложных энергосистем.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

- знание переходных процессов в электроэнергетических системах,
- умения определять параметры переходных процессов,
- владение методами анализа переходных процессов.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплины «Электротехнические комплексы и системы» и служит основой для освоения дисциплины «Перспективное планирование развития электротехнических комплексов и систем».

3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)
ПКС-1. Способен участвовать в научно-исследовательской деятельности на объектах электроэнергетики	ПКС-1.1. Проводит анализ состояния и динамики показателей качества объектов деятельности с использованием необходимых методов и средств исследований	Знать методы расчета устойчивости электроэнергетических систем, узлов нагрузки
		Уметь вычислять показатели устойчивости электроэнергетических систем, узлов нагрузки
		Владеть методами расчета устойчивости электроэнергетических систем,

		узлов нагрузки
	ПКС-1.2. практикует создание математических моделей объектов профессиональной деятельности	Знать математические модели объектов электроэнергетических систем, узлов нагрузки
		Уметь рассчитывать устойчивость электроэнергетических систем, узлов нагрузки
		Владеть навыком разработки математических моделей электроэнергетических систем, узлов нагрузки для расчета устойчивости
ПКС-2. Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения городов, промышленных предприятий, сельского хозяйства, транспортных систем и их объектов	ПКС-2.3. Находит компромиссные решения в условиях многокритериальности и неопределенности	Знать способы повышения устойчивости электроэнергетических систем и их влияние на показатели устойчивости
		Уметь вычислять влияние способов повышения устойчивости на её показатели
		Владеть методами выбора устройств по повышению устойчивости электроэнергетических систем

4. Объем дисциплины/модуля

Общий объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов.

Таблица 4.1.

Форма обучения	Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.			Самостоятельная работа, час.	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
очная	1/2	10	10	10	114	экзамен
очно-заочная	1/2	13	13	13	105	экзамен

5. Структура и содержание дисциплины/модуля

5.1. Структура дисциплины.

очная форма обучения (ОФО)

Таблица 5.1.1

№ п/п	Структура дисциплины/модуля		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1	1	Введение. Математические модели ЭЭС и её элементов	2	2	0	10	14	ПКС-1.1; ПКС-1.2	Письменный опрос
2	2	Статическая устойчивость ЭЭС	2	2	3	10	17	ПКС-1.1; ПКС-2.3	Отчет по лабораторной работе
3	3	Динамическая устойчивость ЭЭС	2	2	4	10	18	ПКС-1.1; ПКС-2.3	Отчет по лабораторной работе
4	4	Устойчивость нагрузки в ЭЭС	2	2	3	10	17	ПКС-1.1; ПКС-2.3	Письменный опрос
5	5	Мероприятия по повышению устойчивости ЭЭС	2	2	0	10	14	ПКС-2.3	Письменный опрос

6	Курсовой проект	-	-	-	28	28	ПКС-1.1; ПКС-1.2; ПКС-2.3	Курсовой проект
7	Экзамен	-	-	-	36	36	ПКС-1.1; ПКС-1.2; ПКС-2.3	Экзаменационные вопросы
Итого:		10	10	10	114	144		

очно-заочная форма обучения (ОЗФО)

Таблица 5.1.2

№ п/п	Структура дисциплины/модуля		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1	1	Введение. Математические модели ЭЭС и её элементов	2	2	0	10	14	ПКС-1.1; ПКС-1.2	Письменный опрос
2	2	Статическая устойчивость ЭЭС	3	2	4	8	17	ПКС-1.1; ПКС-2.3	Отчет по лабораторной работе
3	3	Динамическая устойчивость ЭЭС	3	2	5	8	18	ПКС-1.1; ПКС-2.3	Отчет по лабораторной работе
4	4	Устойчивость нагрузки в ЭЭС	3	2	4	8	17	ПКС-1.1; ПКС-2.3	Письменный опрос
5	5	Мероприятия по повышению устойчивости ЭЭС	2	5	0	7	14	ПКС-2.3	Письменный опрос
6	Курсовой проект		-	-	-	28	28	ПКС-1.1; ПКС-1.2; ПКС-2.3	Курсовой проект
7	Экзамен		-	-	-	36	36	ПКС-1.1; ПКС-1.2; ПКС-2.3	Экзаменационные вопросы
Итого:			13	13	13	105	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 устойчивость электроэнергетических 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 5.2.1

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема лекции
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1	1	2	-	2	Введение. Математические модели ЭЭС и её элементов
2	2	2	-	3	Статическая устойчивость ЭЭС
3	3	2	-	3	Динамическая устойчивость ЭЭС
4	4	2	-	3	Устойчивость нагрузки в ЭЭС
5	5	2	-	2	Мероприятия по повышению устойчивости ЭЭС
Итого:		10	-	13	

Практические занятия

Таблица 5.2.2

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема практического занятия
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1	1	2	-	2	Введение. Математические модели ЭЭС и её элементов
2	2	2	-	2	Статическая устойчивость ЭЭС
3	3	2	-	2	Динамическая устойчивость ЭЭС
4	4	2	-	2	Устойчивость нагрузки в ЭЭС
5	5	2	-	5	Мероприятия по повышению устойчивости ЭЭС
Итого:		10	-	13	

Лабораторные работы

Таблица 5.2.3

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Наименование лабораторной работы
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1	2	3	-	4	Исследование статической устойчивости ЭЭС
2	3	4	-	5	Исследование динамической устойчивости ЭЭС
3	4	3	-	4	Исследование устойчивости узла нагрузки
Итого:		10	-	13	

Самостоятельная работа студента

Таблица 5.2.4

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема	Вид СРС
		ОФО	ЗФО	ОЗФО		
1	1	10	-	10	Математические модели ЭЭС и её элементов	Подготовка к практическим занятиям
2	2	10	-	8	Статическая устойчивость ЭЭС	Выполнение типового расчета
3	3	10	-	8	Динамическая устойчивость ЭЭС	Выполнение типового

						расчета
4	4	10	-	8	Устойчивость нагрузки в ЭЭС	Подготовка отчета по лабораторной работе
5	5	10	-	7	Мероприятия по повышению устойчивости ЭЭС	Подготовка к практическим занятиям
6	1-5	28	-	28	-	Написание курсового проекта
7	1-5	36	-	36	-	Подготовка к экзамену
Итого:		114	-	105		

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

- лекция визуализация;
- работа в малых группах;
- разбор практических ситуаций.

6. Тематика курсовых работ/проектов

Расчет самозапуска синхронных электродвигателей.

7. Контрольные работы

Контрольные работы учебным планом не предусмотрены

8. Оценка результатов освоения дисциплины

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в Приложении 1.

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной и очно-заочной форм обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1 текущая аттестация		
1	Лабораторная работа №1	10
2	Работа на практических занятиях	20
3	Письменный опрос	20
	ИТОГО за первую текущую аттестацию	50
2 текущая аттестация		
4	Лабораторная работа №2	10
5	Лабораторная работа №3	10
6	Работа на практических занятиях	10
7	Письменный опрос	20
	ИТОГО за вторую текущую аттестацию	50
	ВСЕГО	100

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины/модуля

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 2.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы Полнотекстовая БД ТИУ, ЭБС издательства «Лань», Научная электронная библиотека ELIBRARY.RU, ЭБС «IPRbooks», ЭБС «Консультант студента».

9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства *Windows 8, Microsoft Office Professional Plus*.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля

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

Таблица 10.1

№ п/п	Перечень оборудования, необходимого для освоения дисциплины	Перечень технических средств обучения, необходимых для освоения дисциплины (демонстрационное оборудование)
1	Автоматизированное рабочее место диспетчерского управления, исполнение стендовое компьютерное, АРМ-ДУ-СК , Модель генерирующего узла, исполнение стендовое компьютерное, МГС-СК , Модель электрической сети с узлом комплексной нагрузки, исполнение стендовое компьютерное .	Компьютер, проектор, экран

11. Методические указания по организации СРС

11.1. Методические указания по подготовке к практическим, лабораторным занятиям.

На практических занятиях обучающиеся изучают методики и выполняют типовые расчеты. Подробное описание содержится в методических указаниях к практическим занятиям по дисциплине.

На лабораторных занятиях обучающиеся выполняют эксперименты с оборудованием. Подробное описание содержится в методических указаниях к лабораторным занятиям по дисциплине.

11.2. Методические указания по организации самостоятельной работы.

В ходе самостоятельной работы обучающиеся должны изучить теоретический материал по разделам. Подробное описание содержится в методических указаниях к самостоятельной работе по дисциплине.

Планируемые результаты обучения для формирования компетенции и критерии их оценивания

Дисциплина **Устойчивость электроэнергетических систем**

Направление подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль): Интеллектуальная электроэнергетика

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
			1-2	3	4	5
ПКС-1. Способен участвовать в научно-исследовательской деятельности на объектах электроэнергетики	ПКС-1.1. Проводит анализ состояния и динамики показателей качества объектов деятельности с использованием необходимых методов и средств исследований	Знать (З1.1) методы расчета устойчивости электроэнергетических систем, узлов нагрузки	Не воспроизводит методы расчета устойчивости электроэнергетических систем, узлов нагрузки	Воспроизводит часть методов расчета устойчивости электроэнергетических систем, узлов нагрузки	Воспроизводит методы расчета устойчивости электроэнергетических систем, узлов нагрузки	Воспроизводит методы расчета устойчивости электроэнергетических систем, узлов нагрузки, четко объясняя предназначение
		Уметь (У1.1) вычислять показатели устойчивости электроэнергетических систем, узлов нагрузки	Не умеет вычислять показатели устойчивости электроэнергетических систем, узлов нагрузки	Умеет вычислять показатели устойчивости электроэнергетических систем, узлов нагрузки, допуская незначительные ошибки	Умеет вычислять показатели устойчивости электроэнергетических систем, узлов нагрузки	Умеет вычислять показатели устойчивости электроэнергетических систем, узлов нагрузки, четко объясняя зависимости

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
			1-2	3	4	5
		Владеть (В1.1) методами расчета устойчивости электроэнергетических систем, узлов нагрузки	Не владеет методами расчета устойчивости электроэнергетических систем, узлов нагрузки	Владеет методами расчета устойчивости электроэнергетических систем, узлов нагрузки, допуская незначительные ошибки	Владеет методами расчета устойчивости электроэнергетических систем, узлов нагрузки	Владеет методами расчета устойчивости электроэнергетических систем, узлов нагрузки, четко объясняя зависимости
	ПКС-1.2. Практикует создание математических моделей объектов профессиональной деятельности	Знать (З1.2) математические модели объектов электроэнергетических систем, узлов нагрузки	Не воспроизводит математические модели объектов электроэнергетических систем, узлов нагрузки	Воспроизводит часть математических моделей объектов электроэнергетических систем, узлов нагрузки	Воспроизводит математические модели объектов электроэнергетических систем, узлов нагрузки	Воспроизводит математические модели объектов электроэнергетических систем, узлов нагрузки, четко объясняя предназначение
		Уметь (У1.1) рассчитывать устойчивость электроэнергетических систем, узлов нагрузки	Не умеет рассчитывать устойчивость электроэнергетических систем, узлов нагрузки	Умеет рассчитывать устойчивость электроэнергетических систем, узлов нагрузки, допуская незначительные ошибки	Умеет рассчитывать устойчивость электроэнергетических систем, узлов нагрузки	Умеет рассчитывать устойчивость электроэнергетических систем, узлов нагрузки, четко объясняя зависимости

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
			1-2	3	4	5
		Владеть (В1.1) навыком разработки математических моделей электроэнергетических систем, узлов нагрузки для расчета устойчивости	Не владеет навыком разработки математических моделей электроэнергетических систем, узлов нагрузки для расчета устойчивости	Владеет навыком разработки математических моделей электроэнергетических систем, узлов нагрузки для расчета устойчивости, допуская незначительные ошибки	Владеет навыком разработки математических моделей электроэнергетических систем, узлов нагрузки для расчета устойчивости	Владеет навыком разработки математических моделей электроэнергетических систем, узлов нагрузки для расчета устойчивости, четко объясняя зависимости
ПКС-2. Способен участвовать в проектировании и систем электроснабжения городов, промышленных предприятий, сельского хозяйства,	ПКС-2.3. Находит компромиссные решения в условиях многокритериальности и неопределенности	Знать (З2.3) способы повышения устойчивости электроэнергетических систем и их влияние на показатели устойчивости	Не воспроизводит способы повышения устойчивости электроэнергетических систем и их влияние на показатели устойчивости	Воспроизводит часть способов повышения устойчивости электроэнергетических систем и их влияние на показатели устойчивости	Воспроизводит способы повышения устойчивости электроэнергетических систем и их влияние на показатели устойчивости	Воспроизводит способы повышения устойчивости электроэнергетических систем и их влияние на показатели устойчивости, четко объясняя предназначение

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
			1-2	3	4	5
транспортных систем и их объектов		Уметь (У2.3) вычислять влияние способов повышения устойчивости на её показатели	Не умеет вычислять влияние способов повышения устойчивости на её показатели	Умеет вычислять влияние способов повышения устойчивости на её показатели, допуская незначительные ошибки	Умеет вычислять влияние способов повышения устойчивости на её показатели	Умеет вычислять влияние способов повышения устойчивости на её показатели, четко объясняя зависимости
		Владеть (У2.3) методами выбора устройств по повышения устойчивости электроэнергетических систем	Не владеет методами выбора устройств по повышения устойчивости электроэнергетических систем	Владеет методами выбора устройств по повышения устойчивости электроэнергетических систем, допуская незначительные ошибки	Владеет методами выбора устройств по повышения устойчивости электроэнергетических систем	Владеет методами расчета выбора устройств по повышения устойчивости электроэнергетических систем, четко объясняя зависимости

КАРТА
обеспеченности дисциплины (модуля) учебной и учебно-методической литературой

Дисциплина Устойчивость электроэнергетических систем
 Код, направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
 Программа Интеллектуальная электроэнергетика

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент обучающихся, использующих указанную литературу	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1	Фролов, Ю.М. Основы электроснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин - СПб.:Лань, 2012.-480 с.	Неогр. доступ	20	100	+
2	Калугин, Н. Г. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций [Текст] : учебник для студентов вузов / Н. Г. Калугин ; ред. Е. Е. Чаплыгин. - Москва : Академия, 2011. - 185 с.	21	20	100	-
3	Кудрин, Борис Иванович. Системы электроснабжения [Текст]: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Электроснабжение" направления подготовки "Электроэнергетика" / Б. И. Кудрин. - Москва : Академия, 2011. - 351 с.	21	20	100	-

И.о. заведующего кафедрой ЭЭ *Ашара* Г.А. Хмара

«30» мая 2019 г.

Директор БИК _____ Д.Х. Каюкова

«___» _____ 20__ г.

М.П.



М.П. А.И. Сырмачев

**Дополнения и изменения
к рабочей программе дисциплины (модуля)**

Устойчивость электроэнергетических систем

на 2021 - 2022 учебный год

В рабочую программу вносятся следующие дополнения (изменения):

1. Актуализировано лицензионное ПО;
2. Актуализированы информационные базы данных.

Дополнения и изменения внес:

В.В. Сушков, профессор кафедры электроэнергетики _____



Дополнения (изменения) в рабочую программу рассмотрены и одобрены на заседании кафедры электроэнергетики.

Протокол от «31» августа 2021 г. № 1.

Заведующий кафедрой электроэнергетики _____ Г.А. Хмара



«31» августа 2021 г.

**Дополнения и изменения
к рабочей программе дисциплины (модуля)**

Устойчивость электроэнергетических систем

на 2022 - 2023 учебный год

В рабочую программу вносятся следующие дополнения (изменения):

1. Актуализировано лицензионное ПО;
2. Актуализированы информационные базы данных.

Дополнения и изменения внес:

В.В. Сушков, профессор кафедры электроэнергетики _____



Дополнения (изменения) в рабочую программу рассмотрены и одобрены на заседании кафедры электроэнергетики.

Протокол от «30» августа 2022г. № 1.

Заведующий кафедрой электроэнергетики _____ Г.А. Хмара



«30» августа 2022 г.