Государственное образовательное учреждение

«Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко»

Физико-технический институт

Инженерно-технический факультет

Кафедра электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ
Директор физико-технического института, доцент

_____ Д.Н. Калошин
(подпись)
«30» _____ 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Б1.В.05 УСТОЙЧИВОСТЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

на 2024/2025 учебный год

Направление

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль
Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций, учреждений

Квалификация

Магистр

Форма обучения
очная

ГОД НАБОРА 2024

Тирасполь 2024 г.

Рабочая программа дисциплины **Устойчивость электроэнергетических систем** разработана в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта ВО по направлению подготовки **13.04.02 Электроэнергетика и Электротехника** и основной профессиональной образовательной программы (учебного плана) по профилям подготовки **Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций, учреждений.**

Составители рабочей программы:

д.т.н., профессор Киорсак М.В.

к.т.н., доцент Туртурика Н.Н.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры Электроэнергетики и электротехники

«30» 08 2024 г. протокол № 1

Зав. кафедрой
электроэнергетики и электротехники

«30» 08 2024 г. Д.Н. Калошин

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью изучения дисциплины является формирование необходимых базовых знаний о физике электромеханических переходных процессов в современных электроэнергетических системах, физической сути мероприятий по сохранению устойчивости энергосистем и математических основах исследования устойчивости. В результате изучения курса студенты должны получить практические навыки анализа условий протекания электромеханических переходных процессов, их расчета и физического истолкования получаемых результатов.

В результате изучения названной дисциплины студенты должны приобрести знания, умения и определенный опыт, необходимые для изучения специальных дисциплин и для дальнейшей профессиональной деятельности.

Приобретенные знания, умения и навыки позволят подготовить выпускника:

– к проектно-конструкторской деятельности, способности к расчету, анализу и проектированию электроэнергетических элементов, объектов и систем с использованием современных средств вычислительной техники;

– к научно-исследовательской деятельности, в том числе в междисциплинарных областях, связанной с математическим моделированием процессов в электроэнергетических системах и объектах, проведением экспериментальных исследований и анализом их результатов;

– к самостоятельному обучению и освоению новых знаний и умений для реализации своей профессиональной карьеры.

Задачей изучения дисциплины является приобретение студентами практических навыков и умений самостоятельно анализировать, рассчитывать и экспериментально исследовать неустановившиеся режимы с целью обеспечения устойчивой работы генераторов и потребителей электрической энергии.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Шифр дисциплины в учебном плане-Б1.В.05

Дисциплина относится к обязательной части блока Б1 учебного плана направления 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника в соответствии с Государственным образовательным стандартом ВО.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

3. Требования к результатам обучения по дисциплины (модуля):

Изучение дисциплины направлено на формирование компетенций, приведенных в таблице ниже

Задача ПД	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание
Тип задач профессиональной деятельности: эксплуатационный			
– контроль технического состояния технологического оборудования объектов ПД; – техническое обслуживание и ремонт объектов ПД	ПК-2 Способен по результатам исследований выбирать и проектировать новые эффективные технические решения в области профессиональной деятельности	ПК-2.1 Анализирует надежность электротехнических объектов на стадии проектирования. ПК-2.2 Формулирует критерии оптимальности при выборе известных технических решений и проектировании новых электротехнических объектов.	20.049

Задача ПД	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский			
– анализ и обработка научно-технической информации по тематике исследования из отечественных и зарубежных источников; – проведение экспериментов по заданной методике, обработка и анализ результатов исследований; – составление отчетов и представление результатов выполненной работы.	ПК-3 Способен участвовать в научно-исследовательской работе в области профессиональной деятельности.	ПК-3.2 Применяет современный набор инструментов управления качеством электрических и электронных аппаратов, включая статистические методы	20.049

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости в з.е/часах по видам аудиторной и самостоятельной работы студентов по семестрам:

Форма обучения	Семестр	Трудоемкость, з.е./часы	Количество часов					Форма контроля
			В том числе					
			Аудиторных				Самостоятельная работа (СР)	
			Всего	Лекций (Л)	Практических занятий (ПЗ)	Лабораторных занятий (ЛЗ)		
Очная	2	6/216	78	38	40		102	Эк(36)
	Итого:	6/216	78	38	40		102	Эк(36)

4.2. Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины

№ п/п	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа (СР)
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Схемы замещения и характеристики мощности электрической сети	38	2	12	-	24
2	Статическая устойчивость электроэнергетических систем	58	10	18	-	30
3	Динамическая устойчивость электроэнергетических систем	44	8	10	-	26
4	Общий подход к анализу устойчивости.	40	18		-	22
	Итого	5/180	38	40	-	102

4.3. Тематический план по видам учебной деятельности

Лекции

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем часов		Тема лекций	Учебно-наглядные пособия
		оч. ф	з.ф		
1.	1	2		***Устойчивость энергосистемы. Основные понятия и определения.*** Понятие статической и электродинамической устойчивости. Характеристика мощности простейшей электропередачи.	МП, ММП
Итого по разделу часов:		**2**			
2.	2	2		***Статическая устойчивость.*** Влияние индуктивного сопротивления системы на статическую устойчивость. Характеристика мощности при сложной связи генератора с приемной системой.	МП, ММП
3.		2		***Влияние параметров схемы на характеристики мощности.*** Характеристика мощности системы с регулируемыми генераторами.	МП, ММП
4.		2		***Характеристики приемной системы и устойчивость нагрузки.*** Статические характеристики узла нагрузки. Устойчивость нагрузки. Первичные и вторичные признаки устойчивость нагрузки.	
5.		2		***Действительный предел мощности.*** Определение действительного предела мощности.	
6.		2		***Расчет статической устойчивости*** простейшей системы и коэффициента запаса по статической устойчивости.	МП, ММП
Итого по разделу часов:		**10**			
7.	3	2		***Динамическая устойчивость.*** Схемы замещения сети при коротком замыкании. Переходное индуктивное сопротивление синхронных машин.	МП, ММП
8.		2		***Динамическая устойчивость. электростанции работающей на шины бесконечной мощности.*** Устойчивость двух электростанций конечной мощности. Правило площадей и последовательных интервалов.	МП, ММП
9.		2		***Динамическая устойчивость сложных систем.*** Определение мощностей по принципу наложения. Определение собственных и взаимных проводимости ветвей.	МП, ММП
10.		2		***Расчет динамической устойчивости сложных систем.*** Упрощение сложных систем при расчете динамической устойчивости .	МП, ММП
Итого по разделу часов		**8**			
11.		2		Динамическая и результирующая устойчивость. Уравнения Горева-Парка	МП, ММП
12.		2		Устойчивость по Ляпунову.	ММП
13.		2		Критерий Гурвица для оценки статической устой-	ММП

	4			чивости.	
14.		2		Критерий устойчивости Михайлова.	МП, ММП
15.		2		Динамическая устойчивость при отключении и коротком замыкании на линии	
16.		2		Оценка эффективности АПВ линий электропередачи методом площадей	
17.		2		Расчет устойчивости системы с несколькими электростанциями	МП, ММП
18.		2		Расчет устойчивости системы с несколькими электростанциями	
19.		2		Мероприятия по повышению устойчивости энергосистем.	ММП
Итого по разделу часов:		**18**			
ИТОГО:		**38**			

МП – методическое пособие, ММП – мультимедиа–презентация

Практические занятия

№ п/п	**Номер раздела дисциплины**	**Объем часов**		**Тема практических занятий**	**Учебно-наглядные пособия**
		оч. ф	**з. ф**		
1	1	2		Схемы замещения и определение параметров элементов электроэнергетических систем.	МП
2		2		Схемы замещения и определение параметров элементов электроэнергетических систем.	
3		2		Схемы замещения и определение параметров элементов электроэнергетических систем.	
4		2		Преобразование схемы замещения электроэнергетических систем.	
5		2		Определение собственных и взаимных сопротивлений электростанций электрической сети методом преобразования схемы сети.	МП
6		2		Определение собственных и взаимных сопротивлений электростанций электрической сети методом преобразования схемы сети.	
Итого по разделу часов:		**12**			
7		2		Построение угловых характеристик системы с генераторами без АРВ, определение предела передаваемой мощности и коэффициент запаса статической устойчивости	
8		2		Построение угловых характеристик с генераторами с АРВ СД , определение предела передаваемой мощности и коэффициент запаса статической устойчивости	
9		2		Построение угловых характеристик с генераторами с АРВ ПД , определение предела передаваемой мощности и коэффициент запаса статической устойчивости	

10	**2**	2		Построение векторной диаграммы электрической системы с генераторами с АРВ СД .	МП
11		2		Расчет и построение угловой характеристики генераторов эл. системы с учетом нагрузки	
12		2		Для генераторов станции работающей в энергосистеме построить угловые характеристики: внутренней реактивной мощности и на шинах генератора	
13		2		Расчет и проверка устойчивости по Михайлову, Гурвица и Рауса для заданного характеристического уравнения энергосистемы	
14		2		Для заданной эл. системы исследовать влияние шунтирующего реактора на статическую устойчивость	
15		2		Определение предела мощности и устойчивости для заданной электрической системы	
Итого по разделу часов:		**18**			
16	3	2		Построение динамических характеристик мощности и расчет предельного угла отключения короткого замыкания для сохранения устойчивости	МП
17		2		Определение предельного время отключения и обратного включения ЛЭП для сохранения динамической устойчивости	
18		2		Рассчитать размах колебаний угла и максимальный угол δ при включение мощной нагрузки	
19		2		Определить сохранение динамической устойчивости эл. системы при двухфазном к.з. и переходе его в трехфазное к.з.	
20		2		Для заданной схемы эл. системы определить критическое напряжение на шинах нагрузки и коэффициент запаса устойчивости	
Итого по разделу часов:		**10**			
ИТОГО:		**40**			

Самостоятельная работа обучающегося

Раздел дисциплины	№ п/п	Тема и вид СРС	Трудоемкость (в часах)
Раздел 1	1	**Тема:** Схемы замещения и определение параметров элементов электроэнергетических систем. **СРС 1:** Расчёт параметров схем замещения электроэнергетических систем.	24
Раздел 2	2	**Тема:** Устойчивость нагрузки электроэнергетических систем. **СРС 2:** Определение пределов устойчивой работы асинхронных и синхронных двигателей.	15

	3	**Тема:**Характеристики мощности генераторов с АРВ **СРС 3:** Расчёт характеристик мощности и анлиз статической устойчивости электроэнергетических систем.Определение пределов передаваемой мощности генераторов без АРВ, с АРВ пропорционального типа и с АРВ сильного действия.	15
Раздел 3	4	**Тема:** Математические модели элементов электроэнергетических систем. **СРС 4:** Математическая модель синхронной машины по Парку – Гореву. Упрощённые уравнения Парка - Горева. Уравнения Лебедева – Жданова. Математические модели трансформаторов и линий электропередачи.	10
	5	**Тема:** Динамическая устойчивость электроэнергетических систем. **СРС 5:** Расчёт динамических характеристик системы, анализ динамической устойчивости и определение предельного времени отключения аварийных режимов	16
Раздел 4	6	**Тема:** Устойчивость сложных электроэнергетических систем. **СРС 6:** Анализ устойчивости энергосистем с помощью критериев устойчивости.	22
		Итого	**102**

Примечание: ДЗ – домашнее задание; ***СИТ***– самостоятельное изучение темы, ***ИДЛ*** – изучение дополнительной литературы. Допускается использование других сокращений, при условии указания расшифровки под таблицей.

Вид занятий: лекция, практическая работа, самостоятельная работа и другие.

Учебно– наглядные пособия: плакат, стенд, карточки с заданиями, раздаточный материал, методическое пособие, методические рекомендации.

5. Примерная тематика курсовых проектов (работ) *(при наличии)*

Курсовых работ не предусмотрено.

6. Учебно- методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

6.1 Обеспеченность обучающихся учебниками, учебными пособиями

№ п/п	Наименование учебника, учебного пособия	Автор	Год издания	Кол-во экземпляров	Электронная версия	Место размещения электронной версии
Основная литература						
1	Устойчивость электроэнергетических систем	Калентионок Е.В.	2007		+	https://rep.bntu.by/handle/data/51585
2	Переходные процессы в электрических	Куликов Ю.А.	2002		+	https://www.t-library.net/showBook.php?id=5191
3	Устойчивость энергосистем.	Мелешкин Г.А.	2002		+	http://xn--c1adbmahetqny4b7f.xn--p1ai/metod/u

№ п/п	Наименование учебника, учебного пособия	Автор	Год издания	Кол-во экземпляров	Электронная версия	Место размещения электронной версии
						1/mm0.pdf
4	Устойчивость электроэнергетических систем. Сборник задач и примеры их решений	Калентионок Е.В., Волков А.А., Мышковец Е.В., В.М. Цыганков В.М.	2007		+	https://cchgeu.ru/upload/iblock/50a/5u4ybm7cm5m4s0s4cf7165uggp6ndqoe/Praktika-Ustoychivost-EES.pdf
Дополнительная литература						
5	Переходные электромеханические процессы в электрических системах. – М.: Высшая школа,	Веников В.А.	1985		+	https://lib-bkm.ru/12335
6	Вопросы устойчивости электрических систем. – М.: Энергия,	Жданов П.С.	1978		+	https://www.c-o-k.ru/library/document/12763
Итого по дисциплине:6						

6.2. Программное обеспечение и Интернет- ресурсы

Программное обеспечение: ОС *Windows.*

6.3. Методические указания и материалы по видам занятий

Киорсак М.В., Зайцев Д.А., Туртурика Н.Н., Добровольская О.М, Калошин Д.Н. Методические указания по организации выполнения оформления и защиты всех видов отчетной документации студентов по всем направлениям подготовки кафедры «Электроэнергетики и электротехники, ИТИ ПГУ им.Т.Г. Шевченко. кафедра электроэнергетики и электротехники. – Тирасполь: 2016. – 80с.

Лекции и практические занятия: руководящие указания, ГОСТы, плакаты-схемы , Power-Point,

7.Материально- техническое обеспечение дисциплины:

Для освоения дисциплины необходимы компьютерные классы с 10-14 компьютерами.

8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:

Обучающийся, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен знать основные определения, понятия, аксиомы, методы доказательств.

Успешное освоение курса требует напряженной самостоятельной работы обучающегося. В программе курса отведено минимально необходимое время для работы обучающегося над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;

- проработку учебного материала (по конспектам занятий, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенные для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств, решение задач;

- подготовка к экзамену;

- подготовка к защите курсового проекта;

Руководство и контроль за самостоятельной работой обучающегося осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов следует обращаться за консультациями к лектору.

Рабочая учебная программа по дисциплине «Устойчивость электроэнергетических систем» составлена в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта ВО по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» и учебного плана по профилю подготовки «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций, учреждений»

9. Технологическая карта дисциплины

Курс **1**
Группа ФТ24ДР68ЭТ
семестр 2
Преподаватель – проф., д.т.н. Киорсак М.В.

Наименование дисциплины/курса	Уровень образования (бакалавриат, специалитет, магистратура)	Статус дисциплины в учебном плане (А, Б)	Количество ЗЕ
Устойчивость электроэнергетических систем	магистратура	Б	6

СМЕЖНЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ ПО УЧЕБНОМУ ПЛАНУ:				
Современные средства защиты и автоматики. Оперативное управление в электроэнергетике. Производство и диспетчеризация электроэнергии.				
БАЗОВЫЙ МОДУЛЬ (проверка знаний и умений по дисциплине)				
Тема, задание или мероприятие текущего контроля	Виды текущей аттестации	Аудиторная или внеаудиторная	Минимальное количество баллов	Максимальное количество Баллов
Тест №1	Т1	аудиторная	10	20
Практическое занятие №1	ПЗ 1	аудиторная	5	10
Практическое занятие №2	ПЗ 2	аудиторная	5	10
Практическое занятие №3	ПЗ 3	аудиторная	5	10
РУБЕЖНЫЙ КОНТРОЛЬ	**РК**		**25**	**50**
Тест №2	Т2	аудиторная	10	20
Практическое занятие №3	ПЗ 3	аудиторная	5	10
Практическое занятие №4	ПЗ 4	аудиторная	5	10
Практическое занятие №5	ПЗ 5	аудиторная	5	10
РУБЕЖНАЯ АТТЕСТАЦИЯ	**РА**	**50**	**25**	**50**
		Итого	**50**	**100**