

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УМР

\_\_\_\_\_ Е.В. Коновалова

16 июня 2022 г., протокол УС №6

# МОДУЛЬ ДИСЦИПЛИН ПРОФИЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

## Переходные процессы в электроэнергетических системах

### рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Радиоэлектроники и электроэнергетики**

Учебный план bz130302-Энерг-22-4.plx  
13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА  
Направленность (профиль): Электроэнергетические системы и сети

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **заочная**

Общая трудоемкость **8 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 288

в том числе:

аудиторные занятия 34

самостоятельная работа 236

часов на контроль 18

Виды контроля на курсах:  
экзамены 4, 5  
курсовые проекты 5

#### Распределение часов дисциплины по курсам

Курс	4		5		Итого	
	уп	рп	уп	рп		
Лекции	8	8	4	4	12	12
Лабораторные	6	6	4	4	10	10
Практические	8	8	4	4	12	12
Итого ауд.	22	22	12	12	34	34
Контактная работа	22	22	12	12	34	34
Сам. работа	113	113	123	123	236	236
Часы на контроль	9	9	9	9	18	18
Итого	144	144	144	144	288	288

Программу составил(и):

*старший преподаватель, Антипин Дмитрий Павлович*

Рабочая программа дисциплины

**Переходные процессы в электроэнергетических системах**

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 144)

составлена на основании учебного плана:

13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Направленность (профиль): Электроэнергетические системы и сети

утвержденного учебно-методическим советом вуза от 16.06.2022 протокол № 6.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Радиоэлектроники и электроэнергетики**

Зав. кафедрой к.ф.-м.н., доцент Рыжаков В.В.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1	Целью дисциплины является получение необходимых теоретических знаний по анализу переходных процессов в электроэнергетических системах; изучения влияния этих процессов на режимы работы электротехнического оборудования, электроэнергетические системы и их объекты; усвоение практических методов расчета и анализа режимов коротких замыканий статической и динамической устойчивости.
-----	---

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

Цикл (раздел) ООП:	Б1.В.01
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Учебная практика, практика по получению первичных навыков научно-исследовательской работы
2.1.2	Электроэнергетические системы и сети
2.1.3	Алгоритмы задач электроэнергетики
2.1.4	Общая энергетика
2.1.5	Силовая электроника
2.1.6	Теоретические основы электротехники
2.1.7	Учебная практика, ознакомительная практика
2.1.8	Электрические машины
2.1.9	Введение в профессиональную деятельность
2.1.10	Электрический привод
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Электроэнергетические системы и сети
2.2.2	Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения
2.2.3	Монтаж и эксплуатация оборудования электрических сетей
2.2.4	Оперативно-диспетчерское управление
2.2.5	Производственная практика, преддипломная практика
2.2.6	Системы автоматизации диспетчерского управления
2.2.7	Эксплуатация электрических сетей
2.2.8	Электроснабжение

**3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ПК-4.2:** Рассчитывает параметры и режимы работы технологического оборудования объектов профессиональной деятельности

**ОПК-6.1:** Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность

**ОПК-4.1:** Использует методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока

**ОПК-4.2:** Использует методы расчета переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока

**ОПК-3.2:** Применяет математический аппарат теории функции нескольких переменных, теории функций комплексного переменного, теории рядов, теории дифференциальных уравнений

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	- типовые методики обработки результатов экспериментов;
3.1.2	- параметры оборудования и режимы работы объектов профессиональной деятельности;
3.1.3	- типовую техническую документацию
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	- определять параметры оборудования и рассчитывать режимы работы по заданной методике;
3.2.2	- использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса;

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Примечание
-------------	---	----------------	-------	-------------	------------	------------

	<b>Раздел 1. Общие положения курса. Основные понятия, определения. Причины возникновения и последствия переходных процессов.</b>				
1.1	Общие сведения об электромагнитных переходных процессах. Основные определения, причины возникновения и последствия переходных процессов. Назначение расчетов и требования, предъявляемые к ним. Выбор расчетных условий. Основные допущения при расчетах. Система относительных и именованных единиц. /Лек/	4	1	ПК-4.2 ОПК-4.2 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.4 Э1 Э2 Э3
1.2	Система относительных единиц. Расчет основных характеристик короткого замыкания. /Пр/	4	4	ПК-4.2 ОПК-4.1 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.5 Э1 Э2 Э3
1.3	1. Переходный процесс при подключении к сети ненагруженного трансформатора 2. Переходный процесс при симметричном коротком замыкании в электрической сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности /Лаб/	4	3	ОПК-6.1	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Э1 Э2
1.4	Система относительных единиц. Расчет основных характеристик короткого замыкания Оценка погрешности в расчетах токов КЗ при приближенном приведении параметров схемы замещения. Понятие простейшей трехфазной цепи. /Ср/	4	48	ПК-4.2 ОПК-4.1 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3
	<b>Раздел 2. Переходные процессы при трехфазном КЗ в простейшей цепи</b>				
2.1	Трехфазное КЗ в простейшей цепи, подключенной к источнику бесконечной мощности. Законы изменения периодической и аperiodической составляющих тока в функции времени. Определение начального значения аperiodической составляющей тока и постоянной времени затухания. Ударный ток КЗ. /Лек/	4	4	ПК-4.2 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.4 Э1 Э2 Э3
2.2	Трехфазное КЗ в цепи с источником неограниченной мощности. /Пр/	4	4	ПК-4.2 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.4 Э1 Э2 Э3
2.3	1. Переходный процесс при подключении к сети ненагруженного трансформатора 2. Переходный процесс при симметричном коротком замыкании в электрической сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности /Лаб/	4	3	ПК-4.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2

2.4	Влияние предшествующего режима и фазы включения на величину тока КЗ. Параметры, схемы замещения синхронной машины в установившемся режиме. Схемы замещения синхронной машины без демпферных обмоток. Понятие о сверхпереходных ЭДС и реактивностях синхронной машины. Схемы замещения синхронной машины с демпферными обмотками в переходном режиме. Расчет сверхпереходных ЭДС и сверхпереходных токов. Сравнение реактивностей синхронных машин.	4	35	ПК-4.2 ОПК-4.2 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3	
<b>Раздел 3. Практические методы расчета режимов трехфазного короткого замыкания</b>						
3.1	Допущения в практических расчетах коротких замыканий. Влияние и учет нагрузки в начальный момент трехфазного КЗ. Аналитический метод расчета начального сверхпереходного тока. Расчет ударного тока. Приближенный учет системы при расчетах переходного тока КЗ. Метод расчетных кривых. /Лек/	4	3	ПК-4.2 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.4 Э1 Э2 Э3	
3.2	Гашение магнитного поля системы возбуждения генератора. Системы автоматического регулирования возбуждения генератора и их влияние на переходный процесс. Понятие установившегося режима короткого замыкания. Влияние АРВ на установившийся ток КЗ. Расчет установившегося режима КЗ генератора с АРВ. Исследование влияния двигательной нагрузки на токи КЗ. Способы учета фактора «теплого спада тока короткого замыкания» при расчете КЗ и оценка его влияния на результаты расчетов.	4	30	ПК-4.2 ОПК-4.2 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3	
3.3	Экзамен /Экзамен/	4	9	ПК-4.2 ОПК-4.2 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.5Л3.1 Л3.4 Э1 Э2 Э3	Контрольная работа
<b>Раздел 4. Динамическая устойчивость ЭЭС. Определение условий динамической устойчивости ЭЭС</b>						
4.1	Динамическая устойчивость ЭЭС: определение, задачи расчетов, основные допущения. Способ площадей. Определение запаса динамической устойчивости: 1) по соотношению площадей возможного торможения и ускорения. 2) по предельному значению мощности турбины. Аналитическое определение, определение для частного случая разрыва связи с системой. Определение предельного времени отключения трехфазного короткого замыкания в простейшей ЭЭС. Область применения способа площадей. /Лек/	5	2	ПК-4.2 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.5Л2.1 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3	

4.2	Определение предела передаваемой мощности электропередачи и коэффициентов запаса статической устойчивости. Анализ угловых характеристик мощности. Анализ зависимости предельного значения мощности генератора и коэффициента запаса от коэффициента мощности. /Пр/	5	2	ПК-4.2 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3	
4.3	1. Определение предельного времени отключения короткого замыкания в одномашиной электрической системе 2. Снятие угловых характеристик синхронного генератора /Лаб/	5	2	ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.6 Э1	
4.4	Анализ зависимости предельного значения мощности генератора и коэффициента запаса от коэффициента мощности. Применение способа площадей для системы «станция - станция». Анализ зависимости предельного значения мощности генератора и коэффициента запаса от коэффициента мощности. /Ср/	5	38	ПК-4.2 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3	
<b>Раздел 5. Статическая устойчивость ЭЭС. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости ЭЭС</b>						
5.1	Статическая устойчивость электро энергетических систем. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости. /Лек/	5	2	ПК-4.2 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3	
5.2	Линеаризация дифференциальных уравнений переходных процессов. Характеристическое уравнение, его корни. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости. /Пр/	5	2	ПК-4.2 ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-3.2	Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.3 Л2.4 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3	
5.3	1. Переходный процесс в одномашиной электрической системе при коротком замыкании на линии электропередачи 2. Переходный процесс в одномашиной электрической системе при потере возбуждения генератора /Лаб/	5	2	ОПК-6.1	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.6 Э1	
5.4	Статическая устойчивость электро энергетических систем. Определение устойчивости состояния равновесия по Ляпунову. Теорема Ляпунова. Линеаризация дифференциальных уравнений переходных процессов. Характеристическое уравнение, его корни. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости. Определение условий статической устойчивости простейшей ЭЭС при АРВ пропорционального действия генератора. /Ср/	5	40	ПК-4.2 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3	
<b>Раздел 6. Практические критерии устойчивости</b>						

6.1	Практический критерий статической устойчивости . Исследование с помощью этого критерия влияния поперечной емкостной компенсации на статическую устойчивость узла нагрузки. /Ср/	5	45	ПК-4.2 ОПК-4.2 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3	
6.2	Курсовой проект /КП/	5	0	ПК-4.2 ОПК-4.1 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3	
6.3	Экзамен /Экзамен/	5	9	ПК-4.2 ОПК-4.1 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.4Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3	

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 5.1. Контрольные вопросы и задания

Представлены отдельным документом

### 5.2. Темы письменных работ

Представлены отдельным документом

### 5.3. Фонд оценочных средств

Представлены отдельным документом

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л1.1	Пилипенко В. Т.	Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: Учебно-методическое пособие	Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014, электронный ресурс	1
Л1.2	Кудряков А.Г., Сазыкин В.Г.	Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: учебник	Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018, электронный ресурс	1
Л1.3	Кудряков А. Г., Сазыкин В. Г.	Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: Учебник	Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018, электронный ресурс	1
Л1.4	Кувшинов А. А., Греков Э. Л.	Теория электропривода. Часть 3. Переходные процессы в электроприводе: Учебное пособие	Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017, электронный ресурс	1

Л1.5	Крючков И.П., Старшинов В.А., Гусев Ю.П., Пираторов М.В.	Переходные процессы в электроэнергетических системах: учебник	Москва: МЭИ, 2021, электронный ресурс	2
<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Хрущев Ю. В., Заповодников К. И., Юшков А. Ю.	Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: Учебное пособие	Томск: Томский политехнический университет, 2012, электронный ресурс	1
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.2	Котова Е.Н., Паниковская Т.Ю.	Электромагнитные переходные процессы в электрических системах: учебно-методическое пособие	Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2014, электронный ресурс	1
Л2.3	Пилипенко В. Т.	Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: Учебно-методическое пособие	Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014, электронный ресурс	1
Л2.4	Хрущев Ю. В., Заповодников К. И., Юшков А. Ю.	Электроэнергетические системы и сети. Электромеханические переходные процессы: Учебное пособие	Москва: Издательство Юрайт, 2019, электронный ресурс	1
Л2.5	Кирилина О. И.	Переходные процессы в электроэнергетических системах: лабораторный практикум: учебное пособие	Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021, электронный ресурс	1
Л2.6	Иванов А.С., Иванова О.А.	Переходные процессы в электроэнергетических системах. Часть 1: Учебно-методическая литература	Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный аграрный университет, 2020, электронный ресурс	1
<b>6.1.3. Методические разработки</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л3.1	Харитонов С. А.	Электромагнитные процессы в системах генерирования электрической энергии для автономных объектов	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), 2011, электронный ресурс	1
Л3.2	Хрущев Ю. В., Заповодников К. И., Юшков А. Ю.	Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: Учебное пособие	Томск: Томский политехнический университет, 2012, электронный ресурс	1



	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
ЛЗ.3	Армеев Д. В., Гусев Е. П., Долгов А. П., Чебан В. М., Чекмазов Э. М., Чебан В. М.	Электромеханические переходные процессы в электрических системах: Сборник задач	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010, электронный ресурс	1
ЛЗ.4	Папков Б. В., Вуколов В. Ю.	Электроэнергетические системы и сети. Токи короткого замыкания: Учебник и практикум	Москва: Издательство Юрайт, 2019, электронный ресурс	1
ЛЗ.5	Антипин Д. П., Мищенко В.В., Бурмистрова Е. А.	Переходные процессы в электроэнергетических системах: методические рекомендации по выполнению лабораторных работ	Сургут: Издательский центр СурГУ, 2020, электронный ресурс	1
ЛЗ.6	Антипин Д. П. и др.	Переходные процессы в электроэнергетических системах: Ч. 1: методические рекомендации	Сургут: Издательский центр СурГУ, 2021, электронный ресурс	1

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	«Издания по естественным и техническим наукам»
Э2	КиберЛенинка - научная электронная библиотека
Э3	Научная электронная библиотека (eLIBRARY.RU)

#### 6.3.1 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	Microsoft Excel, MathCAD, VMAES
---------	---------------------------------

#### 6.3.2 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1	КиберЛенинка - научная электронная библиотека – <a href="http://cyberleninka.ru/">http://cyberleninka.ru/</a>
6.3.2.2	Научная электронная библиотека (eLIBRARY.RU) – <a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>
6.3.2.3	«Издания по естественным и техническим наукам» – <a href="http://dlib.eastview.com">http://dlib.eastview.com</a>

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1	Аудитория №206У
7.2	В лаборатории «электрические системы» находятся
7.3	Модульный учебный комплекс «МУК-ППЭС» реализует на каждом рабочем месте эксперименты дисциплине «Переходные процессы в электрических системах»
7.4	В состав модульного учебного комплекса «МУК-ЭСС» входят следующие блоки:
7.5	1 – блок амперметра-вольтметра, измеритель параметров одно 3-фазной сети;
7.6	2 – Однофазный трансформатор и автоматический однополюсный выключатель;
7.7	3 – Коммутатор измерителя мощностей;
7.8	4 – Нагрузка индуктивная, активная, емкостная и устройство продольной емкостной компенсации ;
7.9	5 – Модель линии электропередачи;
7.10	6 – Одно 3-фазный источники питания;
7.11	7 – Электромашинный агрегат (с машиной постоянного тока, машиной переменного тока и преобразователем углового перемещения.
7.12	8 - Источник питания двигателя постоянного тока
7.13	9 - Возбудитель синхронной машины

7.14	10 - Трехполюсный выключатель
7.15	11 - Терминал
7.16	12 - Линейный реактор
7.17	13 - Блок синхронизации и ввода/вывода цифровых сигналов
7.18	14 - Трехфазная трансформаторная группа
7.19	15 - Блок измерительных трансформаторов тока и напряжения
7.20	16 - Блок датчиков тока и напряжения
7.21	17 -Измеритель напряжений и частот
7.22	18 - Указатель угла нагрузки синхронной машины
7.23	19 - Указатель частоты вращения
7.24	20 - Коннектор
7.25	21 - Программный осциллограф установленный на компьютере
7.26	С помощью 2,4,5,6,7,8,9,10,12,14 блоков собирается модель некоторой электрической сети.
7.27	Блоки 1,11,13,15,16,17,18,19 предназначены для измерения и контроля электрических параметров переменного тока и напряжения.
7.28	Коммутатор измерителя мощностей блок 3 предназначен для измерения перетоков активной, реактивной и полной мощностей.