

Минобрнауки России
Кумертауский филиал
федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра электроснабжения промышленных предприятий

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по УМиНР

М.ф. Полякова Л.Ю.

(подпись, расшифровка подписи)

" 15 " *января* 2025 г



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.13 Переходные процессы в электроэнергетических системах»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки)

Электроснабжение

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Кумертау 2025

Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.В.13 Переходные процессы в электроэнергетических системах» /сост. С.Г. Шарипова. - Кумертау: Кумертауский филиал ОГУ, 2025

Рабочая программа предназначена обучающимся очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.01 Электроэнергетика и электротехника

©Шарипова С.Г. 2025
© Кумертауский филиал ОГУ, 2025

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины:

- формирование знаний студентов по расчету и анализу аварийных режимов при эксплуатации электроэнергетических систем (ЭЭС) на основе системного подхода;
- развитие инженерного мышления, основанное на понимании физики явлений, происходящих в ЭЭС при протекании аварийных процессов.

Задачи:

- познакомить с физическими явлениями аварийных процессов, происходящих при эксплуатации элементов электроэнергетических систем;
- познакомить с физическими явлениями аварийных процессов, происходящих при эксплуатации элементов электроэнергетических систем;
- научить производить расчет параметров электромагнитного переходного процесса при эксплуатации электроэнергетических систем;
- научить применять анализ факторов, влияющих на безопасность электроэнергетических систем.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.12 Информатика, Б1.Д.Б.15 Физика, Б1.Д.Б.17 Математика, Б1.Д.Б.20 Теоретические основы электротехники*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.10 Электрические станции и подстанции, Б1.Д.В.16 Электроснабжение промышленных предприятий*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-2 Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов	ПК*-2-В-7 Применяет новые методы исследования, режимов работы и расчета параметров основного электроэнергетического оборудования источников и систем электроснабжения ПК*-2-В-8 Применяет методы расчёта переходных процессов в линейных и нелинейных электрических цепях, методы расчёта и проектирования электроэнергетических систем, методы расчёта устойчивости генераторов станций и двигателей нагрузки	Знать: - проблемы расчёта и анализа аварийных режимов; - виды устойчивости электроэнергетических систем и способы их расчёта; - проблемы управления режимами работы электроэнергетических систем; - требования, направленные на улучшения устойчивости энергосистем и мероприятия по повышению устойчивости; - особенности анализа режимов работы генераторов и двигателей. Уметь: применять методы расчёта режимов переходных процессов в электроэнергетических системах. Владеть: методами расчета параметров электротехнических устройств и

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
	ПК*-2-В-9 Применяет практические расчёты различных видов короткого замыкания, выделяет практические критерии области устойчивости режимов и оценки запасов устойчивости систем электроснабжения	электроустановок.
ПК*-9 Способен использовать современное программное обеспечение для проектирования и эксплуатации систем электроснабжения	ПК*-9-В-5 Производит практические расчёты различных видов короткого замыкания, выделяет практические критерии области устойчивости режимов и оценки запасов устойчивости	Знать: современные информационные и телекоммуникационные систем для расчёта переходных процессов в электроэнергетических системах. Уметь: пользоваться современными информационными и телекоммуникационными систем. Владеть: навыками применения современных компьютерных систем для получения информации о результатах расчёта переходных процессов в электроэнергетических системах.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц (324 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	5 семестр	6 семестр	всего
Общая трудоёмкость	144	180	324
Контактная работа:	48,25	52,5	100,75
Лекции (Л)	16	18	34
Практические занятия (ПЗ)	16	16	32
Лабораторные работы (ЛР)	16	16	32
Консультации		1	1
Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий		1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,5	0,75
Самостоятельная работа:	95,75	127,5	223,25
- выполнение курсовой работы (КР);		27	27
- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;	45,75	50,5	96,25
- подготовка к лабораторным занятиям;	25	25	50
- подготовка к практическим занятиям;	15	15	30
- подготовка к рубежному контролю и т.п.)	10	10	20
Вид итогового контроля (зачет, экзамен,	зачет	экзамен	

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	5 семестр	6 семестр	всего
дифференцированный зачет)			

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Сведения об электромагнитных переходных процессах	33	2	16		15
2	Характеристика переходного процесса при трёхфазном коротком замыкании	35	4		16	15
3	Установившийся режим короткого замыкания	15	2			13
4	Начальный момент внезапного изменения режима	17	2			15
5	Методы расчёта токов трёхфазного короткого замыкания	17	2			15
6	Несимметричные короткие замыкания	12	2			10
7	Замыкания в распределительных сетях и сетях промышленных предприятий	15	2			13
	Итого:	144	16	16	16	96

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
8	Режимы электрических систем, требования, предъявляемые к режимам	50	2	-	8	40
9	Статическая устойчивость системы	44	4	2	8	30
10	Динамическая устойчивость	38	6	2	-	30
11	Устойчивость узлов нагрузки	48	6	12	-	30
	Итого:	180	18	16	16	130
	Всего:	324	34	32	32	226

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1 Сведения об электромагнитных переходных процессах

1.1 Общие указания к расчёту коротких замыканий (КЗ). Система относительных единиц;

1.2 Составление схем замещения с использованием точного и приближённого приведения.

Преобразование схем замещения и рекомендации по их преобразованию.

Раздел 2 Характеристика переходного процесса при трёхфазном коротком замыкании

2.1 Общая характеристика переходного процесса при КЗ в простейших трёхфазных цепях, питающихся от источника неограниченной мощности;

2.2 Характеристика переходного процесса при КЗ в цепи, питающейся от генератора без АРВ;

2.3 Характеристика переходного процесса при КЗ в цепи, питающейся от генератора с АРВ.

Раздел 3 Установившийся режим короткого замыкания

3.1 Параметры синхронного генератора

тора в установившемся режиме КЗ (отношение короткого замыкания, синхронные реактивности по продольной и поперечной осям X_d и X_q , реактивность рассеяния X_σ , предельный ток возбуждения, предельный ток возбуждения $I_{f_{np}}$);

3.2 Влияние и учёт нагрузки в установившемся режиме КЗ (при питании нагрузки от генераторов без АРВ и с АРВ);

Раздел 4 Начальный момент внезапного изменения режима

4.1 Параметры синхронного генератора в начальный момент переходного процесса. Переходные и сверхпереходные ЭДС и реактивности генератора.

4.2 Учёт нагрузки в начальный момент переходного процесса;

Раздел 5 Методы расчёта токов трёхфазного короткого замыкания

5.1 Метод эквивалентных ЭДС (расчёт установившегося, сверхпереходного и ударного токов КЗ);

5.2 Метод расчётных кривых (расчёт по общему и индивидуальному изменению токов);

5.3 Метод типовых кривых;

5.4 Учёт питающей системы;

Раздел 6 Несимметричные короткие замыкания

6.1 Основные положения метода симметричных составляющих.

Уравнения Кирхгофа при несимметрии.

6.2 Сопротивления отдельных элементов токам различных последовательностей (синхронные машины, асинхронные двигатели, обобщённая нагрузка, силовые трансформаторы и автотрансформаторы);

6.3 Составление схем замещения различных последовательностей (прямой, обратной и нулевой). Соотношения между токами и напряжениями с двух сторон трансформатора со схемой соединения обмоток У/Д-11 и У0/Д-11;

6.4 Основные соотношения при несимметричных КЗ (однофазном, двухфазном, двухфазном на землю). Правило эквивалентности прямой последовательности;

6.5 Расчёт несимметричных КЗ методами расчётных кривых и типовых кривых. Соотношения между токами при различных видах КЗ;

Раздел 7 Замыкания в распределительных сетях и сетях промышленных предприятий

7.1 Простое замыкание на землю;

7.2 Особенности расчёта токов КЗ в сетях предприятий ТЭК и металлургии.

Раздел 8 Режимы электрических систем, требования, предъявляемые к режимам. Осуществимость режима, Устойчивость режима;

8.1 Качество переходного процесса. Задачи расчётов переходных процессов. Понятие о статической устойчивости. Понятие о динамической устойчивости;

Раздел 9 Статическая устойчивость системы

9.1 Предел мощности при приёмной системе бесконечной мощности. Роль индуктивного сопротивления системы. Влияние явнополюсности генератора на угловую характеристику мощности;

9.2 Влияние АРВ генератора на предел передаваемой мощности;

9.3 Действительный предел передаваемой мощности;

9.4 Характеристика мощности при сложной связи генератора с приёмной системой;

Раздел 10 Динамическая устойчивость

10.1 Схемы замещения при КЗ. Угловая характеристика мощности в переходном режиме;

10.2 Динамическая устойчивость станции, работающей на шины бесконечной мощности. Правило площадей;

10.3 Неустойчивый динамический переход. Определение зависимости $\delta = f(t)$;

10.4 Уравнение относительного движения ротора генератора;

10.5 Метод последовательных интервалов;

Раздел 11 Устойчивость узлов нагрузки

11.1 Статическая устойчивость асинхронных двигателей;

11.2 Вторичные критерии устойчивости нагрузки.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	2	Исследование переходного процесса при трёхфазном КЗ в цепи, питающейся от источника неограниченной мощности	8
2	2	Влияние АРВ синхронного генератора на характер переходного процесса и его показатели при трёхфазном коротком замыкании	8
3	8	Анализ переходного процесса при различных видах несимметричного короткого замыкания	8
4	9	Исследование переходных процессов при замыкании на землю в распределительных сетях 6-35 кВ	8
		Итого:	32

4.4 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Составление схем замещения.	16
2	9	Расчёт статической устойчивости и предела передаваемой по линии мощности	2
3	10	Расчёты динамической устойчивости	2
4	11	Расчёты при качаниях генераторов	2
5	11	Математическое описание электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах для исследования устойчивости	2
6	11	Устойчивость режимов систем при малых возмущениях	2
7	11	Устойчивость режимов систем при больших возмущениях динамическая устойчивость	2
8	11	Асинхронные режимы в электрических системах	2
9	11	Лавинные процессы в электроэнергетической системе	2
		Итого:	32

4.5 Курсовая работа (6 семестр)

Тема курсовой работы: «Расчёт токов короткого замыкания» (по вариантам)

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Лыкин, А. В. Электроэнергетические системы и сети : учебник для вузов / А. В. Лыкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 360 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04321-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561003>
2. Хрущев, Ю. В. Электроэнергетические системы и сети. Электромеханические переходные процессы : учебное пособие для вузов / Ю. В. Хрущев, К. И. Заповодников, А. Ю. Юшков. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 153 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02713-6. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/537222>.

5.2 Дополнительная литература

1. Ушаков, В. Я. Электроэнергетические системы и сети: учебник для вузов / В. Я. Ушаков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 393 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18061-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561302>
2. Ананичева, С. С. Электроэнергетические системы и сети: модели развития: учебник для вузов / С. С. Ананичева, П. Е. Мезенцев, А. Л. Мызин; под научной редакцией П. И. Бартоломея. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 148 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07671-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/565058>
3. Воропай, Н. И. Переходные процессы в электроэнергетических системах. Основы электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах: учебное пособие / Н. И. Воропай, Д. Н. Ефимов, Е. В. Сташкевич. — Иркутск: ИРНИТУ, 2020. — 138 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/325007>.

5.3 Периодические издания

1. Электричество: журнал. Подписной индекс 71106. — Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Национальный исследовательский университет МЭИ, ISSN 0013-5380, 2025/
2. Энергобезопасность и энергосбережение: журнал. Подписной индекс (Роспечать) - 84676 и 46577. - Частное учреждение высшего образования Московский институт энергобезопасности и энергосбережения, ISSN 2071-2219, 2025.
3. Теплоэнергетика. Теплоснабжение: журнал. Подписной индекс 18323. - Общество с ограниченной ответственностью Международная академическая издательская компания "Наука/Интерпериодика", ISSN 0040-3636, 2025.
4. Новости электротехники: электрон. журнал. Подписной индекс 14222. - Закрытое акционерное общество "Новости Электротехники". Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru>.

5.4 Интернет-ресурсы

- <http://electrichelp.ru/elektricheskie-mashiny-v-pomoshh-studentu/> - информационный проект для работников энергетических служб и студентов электротехнических вузов
- <http://www.dom-eknig.ru/texnicheskie/19960-elektromehanika.html> - каталог бесплатных книг по электромеханике (электронные ресурсы);
- <https://openedu.ru/> - «Открытое образование»; Каталог курсов, MOOK: «Электрические машины».
- <https://minobrnauki.gov.ru> – Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации;
- <http://www.edu.ru> – Федеральный портал «Российское образование»;
- <http://window.edu.ru> – Портал информационно-коммуникационных технологий в образовании;
- <http://rucont.ru> - Национальный цифровой ресурс «РУКОНТ» ЭБС ОГУ;
- <http://www.biblioclub.ru> - Университетская библиотека онлайн;
- <http://znanium.com> - ЭБС Znanium издательства «Инфра-М»;
- <https://aist.osu.ru> - Система АИССТ - Автоматизированная Интерактивная Система Сетевого Тестирования

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- компьютеризированные посадочные места по количеству обучающихся;
- компьютеризированное рабочее место преподавателя;
- доска аудиторная;
- комплект учебно-методической документации;
- информационно-дидактическое обеспечение;
- информационные стенды;
- наглядные пособия;
- операционная система РЕД ОС
- пакет офисных приложений LibreOffice (Writer, Calc, Impress, Math, Draw, Base)
- САПР Компас-3D
- 7zip — архиватор: P7Zip
- веб-браузер с поддержкой ГОСТовского шифрования для работы с ГИС (госИС): Chromium
- программа для создания и обработки растровой графики с частичной поддержкой работы с векторной графикой: GIMP
- простой редактор файлов PDF: PDFedit
- <https://yandex.ru/> - бесплатный российский Интернет обозреватель Яндекс. Браузер
- <http://aist.osu.ru/> АИССТ ОГУ - автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования ОГУ.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные и практические занятия проводятся в учебных аудиториях. Для проведения лабораторного практикума предназначена специализированная лаборатория:

- лаборатория «Электроснабжение» (аудитория 2104).

Для проведения лабораторных работ используются универсальные лабораторные стенды. Базовые эксперименты выполняются на комплектах типового лабораторного оборудования.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети «Интернет», и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду филиала и ОГУ.

К рабочей программе прилагаются:

- Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника;

Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины.

ЛИСТ
согласования рабочей программы

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
код и наименование

Профиль: Электроснабжение

Дисциплина: Б1.Д.В.13 Переходные процессы в электроэнергетических системах

Форма обучения: очная

Год набора 2025

РЕКОМЕНДОВАНА на заседании кафедры
электроснабжения промышленных предприятий
наименование кафедры

протокол № 8 от "04 " апреля 2025 г.

Ответственный исполнитель, и.о. зав. кафедрой
электроснабжения промышленных предприятий
наименование кафедры


подпись

С.Г. Шарипова
расшифровка подписи

Исполнители:

доцент каф. ЭПП
должность


подпись

С.Г. Шарипова
расшифровка подписи

должность

подпись

расшифровка подписи

ОДОБРЕНА на заседании НМС, протокол № 6 от «15» мая 2025 г.

Председатель НМС


подпись

Л.Ю. Полякова
расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

И.о. зав. кафедрой ЭПП


подпись

С.Г. Шарипова
расшифровка подписи

Заведующий библиотекой


подпись

С.Н. Козак
расшифровка подписи