

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Кумертауский филиал  
федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»  
(Кумертауский филиал ОГУ)

Кафедра электроснабжения промышленных предприятий (КФ)



## 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

**Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.В.13 «Переходные процессы в электроэнергетических системах» /сост. Федоров С.В. - Кумертау: Кумертауский филиал ОГУ, 2021**

Рабочая программа предназначена студентам очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

**Цели** освоения дисциплины: формирование у обучающихся профессиональных знаний и умений в области анализа и учета последствий возникновения переходных процессов в электроэнергетических системах.

### **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.11 Информатика, Б1.Д.Б.12 Физика, Б1.Д.Б.14 Математика, Б1.Д.Б.16 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 ПК*-2-В-9 Применяет практические расчёты различных видов короткого замыкания, выделяет практические критерии области устойчивости	<b>Знать:</b> режимы электрических систем, требования, предъявляемые к режимам <b>Уметь:</b> применять методы расчёта режимов переходных процессов в электроэнергетических системах <b>Владеть:</b> методами расчета параметров электротехнических устройств и электроустановок

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
	режимов и оценки запасов устойчивости систем электроснабжения	
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	<b>Знать:</b> современные информационные и телекоммуникационные системы для расчёта переходных процессов в электроэнергетических системах <b>Уметь:</b> пользоваться современными информационными и телекоммуникационным и систем <b>Владеть:</b> 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
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>144</b>	<b>180</b>	<b>324</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>67,25</b>	<b>60,5</b>	<b>127,75</b>
Лекции (Л)	34	30	64
Практические занятия (ПЗ)	16	14	30
Лабораторные работы (ЛР)	16	14	30
Консультации	1	1	2
Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий		1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,5	0,75
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>76,75</b>	<b>119,5</b>	<b>196,25</b>
- выполнение курсовой работы (КР);		19,5	19,5

Вид работы	Трудоёмкость, академических часов		
	5 семестр	6 семестр	всего
- <i>самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий);</i>	34,75	62	96,75
- <i>подготовка к лабораторным занятиям;</i>	16	14	30
- <i>подготовка к практическим занятиям;</i>	16	14	30
- <i>подготовка к рубежному контролю и т.п.)</i>	10	10	20
<b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)</b>	<b>экзамен</b>	<b>экзамен</b>	

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	31	4	16	-	11
2	Характеристика переходного процесса при трёхфазном коротком замыкании	31	4	-	16	11
3	Установившийся режим короткого замыкания	15	4	-	-	11
4	Начальный момент внезапного изменения режима	15	4	-	-	11
5	Методы расчёта токов трёхфазного короткого замыкания	17	6	-	-	11
6	Несимметричные короткие замыкания	17	6	-	-	11
7	Замыкания в распределительных сетях и сетях промышленных предприятий	18	6	-	-	12
	<b>Итого:</b>	<b>144</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>78</b>

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
6	Несимметричные короткие замыкания	22	-	-	8	-
7	Замыкания в распределительных сетях и сетях промышленных предприятий	6	-	-	6	-
8	Режимы электрических систем, требования, предъявляемые к режимам	34,5	4	-	-	30,5
9	Статическая устойчивость системы	38,5	8	2	-	30,5
10	Динамическая устойчивость	38,5	8	2	-	30,5
11	Устойчивость узлов нагрузки	40,5	10	10	-	30,5
	<b>Итого:</b>	<b>180</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>122</b>
	<b>Всего:</b>	<b>324</b>	<b>64</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>200</b>

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

5 семестр

### 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.

### 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.

### 3 Установившийся режим короткого замыкания

3.1 Параметры синхронного генератора в установившемся режиме КЗ (отношение короткого замыкания, синхронные реактивности по продольной и поперечной осям  $X_d$  и  $X_q$  , реактивность рассеяния  $X_\sigma$  , 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);

### 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;

### 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;

### 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;

### 7 Замыкания в распределительных сетях и сетях промышленных предприятий

7.1 Простое замыкание на землю;

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

6 семестр

### 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;

### 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;

#### 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;

#### 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	6	Анализ переходного процесса при различных видах несимметричного короткого замыкания	8
4	7	Исследование переходных процессов при замыкании на землю в распределительных сетях 6-35 кВ	6
		Итого:	30

### 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	1
9	11	Лавинные процессы в электроэнергетической системе	1
		Итого:	30

### 4.5 Курсовая работа (6 семестр)

Тема курсовой работы: «Расчёт токов короткого замыкания».

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Основная литература

1. Шабад, В.К. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах [Текст] : учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / В. К. Шабад. - Москва : Академия, 2013. - 192 с. - (Бакалавриат). - ISBN 978-5-7695-9822-7.

### 5.2 Дополнительная литература

1. Куликов, Ю. А. Переходные процессы в электрических системах [Текст] : учеб. пособие. – Новосибирск: НГТУ, М.: Мир: ООО «Издательство АСТ», 2003. – 283с. – ISBN 5-7782-0324-1.
2. Федоров С.В. Методические рекомендации для выполнения курсовой работы по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» / С.В. Федоров; Кумертауский филиал ОГУ – Кумертау: Кумертауский филиал ОГУ, 2019. – 25 с.
3. Федоров С.В. Методические рекомендации для проведения лабораторных работ по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» / С.В. Федоров; Кумертауский филиал ОГУ – Кумертау: Кумертауский филиал ОГУ, 2019. – 63 с.
4. Федоров С.В. Методические рекомендации для проведения практических занятий по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» / С.В. Федоров; Кумертауский филиал ОГУ – Кумертау: Кумертауский филиал ОГУ, 2019. – 34 с.

### 5.3 Периодические издания

1. Электричество: журнал. Подписной индекс 71106. – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Национальный исследовательский университет МЭИ, ISSN 0013-5380, 2019.
2. Энергобезопасность и энергосбережение: журнал. Подписной индекс (Роспечать) - 84676 и 46577. - Частное учреждение высшего образования Московский институт энергобезопасности и энергосбережения, ISSN 2071-2219, 2019.
3. Теплоэнергетика. Теплоснабжение: журнал. Подписной индекс 18323. - Общество с ограниченной ответственностью Международная академическая издательская компания "Наука/Интерпериодика", ISSN 0040-3636, 2019
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://www.mon.gov.ru> – Официальный сайт Министерства образования и науки 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».



- <http://www.nelbook.ru/> - Электронно-библиотечная система для энергетиков "НЭЛБУК".
- <https://aist.osu.ru/cgi-bin/auth.cgi> - АИССТ Автоматизированная Интерактивная Система Сетевого Тестирования.

## 5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

1. Операционная система Microsoft Windows
2. Пакет настольных приложений Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, OneNote, Outlook, Publisher, Access)
3. Онлайн электрик: база данных - портал "Онлайн Электрик", содержит справочную, теоретическую и нормативную информацию для энергетика. Режим доступа: <https://online-electric.ru/dbase.php>
4. «Техэксперт» - профессиональные справочные системы по электрооборудованию. Режимы доступа: <http://техэксперт.рус/>
5. Национальная электронная библиотека (НЭБ) - Федеральная государственная информационная система, обеспечивающая доступ к фондам публичных библиотек России федерального, регионального, муниципального уровней, библиотек научных и образовательных учреждений, а также правообладателей. Режим доступа: <https://нэб.рф>.
6. Прикладное программное обеспечение общего назначения Яндекс. Браузер.

## 6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

- лаборатория «Электропривода и релейной защиты» (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;
- Федоров С.В. Методические рекомендации для выполнения курсовой работы по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» / С.В. Федоров; Кумертауский филиал ОГУ – Кумертау: Кумертауский филиал ОГУ, 2019. – 25 с.
- Федоров С.В. Методические рекомендации для проведения лабораторных работ по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» / С.В. Федоров; Кумертауский филиал ОГУ – Кумертау: Кумертауский филиал ОГУ, 2019. – 63 с.
- Федоров С.В. Методические рекомендации для проведения практических занятий по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» / С.В. Федоров; Кумертауский филиал ОГУ – Кумертау: Кумертауский филиал ОГУ, 2019. – 34 с.
- Федоров С.В. Методические рекомендации к организации самостоятельной работы по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» / С.В. Федоров; Кумертауский филиал ОГУ – Кумертау: Кумертауский филиал ОГУ, 2019. – 7 с.

**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 \_\_\_\_\_  
(очная, очно-заочная, заочная)

Год набора 2021

РЕКОМЕНДОВАНА на заседании кафедры  
электроснабжения промышленных предприятий  
наименование кафедры

протокол №1 от «30»августа 2021г.

Ответственный исполнитель, и.о. заведующего кафедрой  
электроснабжения промышленных предприятий  
наименование кафедры  А.В.Бондарев  
подпись расшифровка подписи

*Исполнители:*  
Доцент кафедры ЭПП  
должность  Федоров С.В.  
подпись расшифровка подписи

ОДОБРЕНА на заседании НМС, протокол № 1 от «30» августа 2021г.

Председатель НМС  Л.Ю.Полякова  
подпись расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Зав.кафедрой ЭПП  А.В.Бондарев  
подпись расшифровка подписи

Заведующий библиотекой  С.Н. Козак  
подпись расшифровка подписи