

Минобрнауки России

Бузулукский гуманитарно-технологический институт
(филиал) федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра общепрофессиональных и технических дисциплин

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)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Заочная

Год набора 2022

Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.В.13 Переходные процессы в электроэнергетических системах» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра общепрофессиональных и технических дисциплин

наименование кафедры

протокол № 7 от "08" 02 2022 г.

Декан строительно-технического факультета

подпись

расшифровка подписи

Завьялова И.В.

Исполнители:

доцент

должность

подпись

О. С. Манакова

расшифровка подписи

должность

подпись

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Заместитель директора по НМР

личная подпись

М. А. Зорина

расшифровка подписи

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

код наименование

личная подпись

О. С. Манакова

расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству кафедры

личная подпись

Е.В. Фролова

расшифровка подписи

© Манакова О.С., 2022

© БГТИ (филиал) ОГУ, 2022

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (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; изучение методов расчёта переходных процессов; воспитание способности к физической интерпретации результатов анализа; обучение пониманию и предвидению тяжести протекания переходных процессов в условиях управления режимами ЭЭС.

Задачи:

- формирование знаний о проблемах расчёта и анализа аварийных режимов;
- формирование знаний о видах устойчивости электроэнергетических систем и способы их расчёта;
- формирование знаний об основах выбора оборудования электроэнергетических систем;
- формирование знаний о проблемах управления режимами работы электроэнергетических систем;
- формирование знаний о требованиях, направленных на улучшения устойчивости энергосистем и мероприятиях по повышению устойчивости;
- формирование знаний об особенностях анализа режимов работы генераторов и двигателей
- формирование умений производить практические расчёты различных видов короткого замыкания;
- формирование умений выделять практические критерии области устойчивости режимов и оценки запасов устойчивости;
- формирование умений пользоваться формулами и выражениями для определения сопротивлений и ЭДС элементов схем электроэнергетических систем;
- формирование умений применять теоретический аппарат для выявления причины аварийных и нормальных переходных процессов
- формирование навыков разработки мероприятий по повышению устойчивости электроэнергетических систем;
- формирование навыков применения методик выбора и проверки электрооборудования на действие токов короткого замыкания.
- формирование навыков применения методик анализа переходных процессов в электроэнергетических системах.

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, Б1.Д.Б.17 Техническая механика, Б1.Д.В.4 Основы электроэнергетики*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.10 Электрические станции и подстанции, Б1.Д.В.12 Релейная защита и автоматика, 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	ПК*-2-В-7 Применяет новые методы исследования, режимов работы и расчета	Знать: - проблемы расчёта и

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
работы систем электроснабжения объектов	<p>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</p> <p>ПК*-2-В-9 Применяет практические расчёты различных видов короткого замыкания, выделяет практические критерии области устойчивости режимов и оценки запасов устойчивости систем электроснабжения</p>	<p>анализа аварийных режимов;</p> <ul style="list-style-type: none"> - виды устойчивости электроэнергетических систем и способы их расчёта; основы выбора оборудования электроэнергетических систем <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - производить практические расчёты различных видов короткого замыкания; - выделять практические критерии области устойчивости режимов и оценки запасов устойчивости; - пользоваться формулами и выражениями для определения сопротивлений и ЭДС элементов схем электроэнергетических систем <p><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками разработки мероприятий по повышению устойчивости электроэнергетических систем; - навыками применения методик выбора и проверки электрооборудования на действие токов короткого замыкания.
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	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - проблемы управления режимами работы электроэнергетических систем; - требования, направленные на улучшения устойчивости энергосистем и мероприятия по повышению устойчивости;

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		- особенности анализа режимов работы генераторов и двигателей Уметь: - применять теоретический аппарат для выявления причины аварийных и нормальных переходных процессов Владеть: - навыками применения методик анализа 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		
	6 семестр	7 семестр	всего
Общая трудоёмкость	144	180	324
Контактная работа:	13,25	19,5	32,75
Лекции (Л)	6	10	16
Практические занятия (ПЗ)	2	8	10
Лабораторные работы (ЛР)	4		4
Консультации	1	1	2
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,5	0,75
Самостоятельная работа: - выполнение контрольной работы (КонтрР); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - подготовка к лабораторным занятиям; - подготовка к практическим занятиям)	130,75	160,5 +	291,25
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	экзамен	экзамен	

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Общие положения	18	-	-	-	18
2	Характеристика переходного процесса при	23	2	-	2	19

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
	трёхфазном коротком замыкании					
3	Установившийся режим короткого замыкания	21	2	-	-	19
4	Начальный момент внезапного изменения режима	19	-	-	-	19
5	Методы расчёта токов трёхфазного короткого замыкания	21	2	-	-	19
6	Несимметричные короткие замыкания	21	-	2	-	19
7	Замыкания в распределительных сетях	21	-	-	2	19
	Итого:	144	6	2	4	132

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
8	Общие положения	27	-	-	-	27
9	Статическая устойчивость системы	31	2	2	-	27
10	Динамическая устойчивость	33	2	4	-	27
11	Устойчивость узлов нагрузки	31	2	2	-	27
12	Асинхронные режимы синхронных генераторов	29	2	-	-	27
13	Мероприятия по улучшению устойчивости	29	2	-	-	27
	Итого:	180	10	6		162
	Всего:	324	16	10	4	294

4.2 Содержание разделов дисциплины

6 семестр

1 Общие положения

Общие сведения об электромагнитных переходных процессах. Общие указания к расчёту коротких замыканий. Система относительных единиц. Составление схем замещения с использованием точного и приближённого приведения.

2 Характеристика переходного процесса при трёхфазном коротком замыкании

Общая характеристика переходного процесса при КЗ в простейших трёхфазных цепях, питающихся от источника неограниченной мощности. Характеристика переходного процесса при КЗ в цепи, питающейся от генератора без АРВ. Характеристика переходного процесса при КЗ в цепи, питающейся от генератора с АРВ.

3 Установившийся режим короткого замыкания

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_σ , предельный ток возбуждения $I_{гр}$). Влияние и учёт нагрузки в установившемся режиме КЗ (при питании нагрузки от генераторов без АРВ и с АРВ)

4 Начальный момент внезапного изменения режима

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

5 Методы расчёта токов трёхфазного короткого замыкания

Метод эквивалентных ЭДС (расчёт установившегося, сверхпереходного и ударного токов КЗ). Метод расчётных кривых (расчёт по общему и индивидуальному изменению токов). Метод ти-

повых кривых;

6 Несимметричные короткие замыкания

Основные положения метода симметричных составляющих. Уравнения Кирхгофа при несимметрии. Сопротивления отдельных элементов токам различных последовательностей (синхронные машины, асинхронные двигатели, обобщённая нагрузка, силовые трансформаторы и автотрансформаторы). 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. Основные соотношения при несимметричных КЗ (однофазном, двухфазном, двухфазном на землю). Правило эквивалентности прямой последовательности. Расчёт несимметричных КЗ методами расчётных кривых и типовых кривых. Соотношения между токами при различных видах КЗ

7 Замыкания в распределительных сетях

Простое замыкание на землю. Компенсация ёмкостного тока замыкания на землю.

7 семестр

1 Общие положения

Общие сведения об электромеханических переходных процессах (основные понятия и определения, классификация переходных процессов). Режимы электрических систем, требования, предъявляемые к режимам. Осуществимость режима, Устойчивость режима. Предел мощности при приёмной системе бесконечной мощности. Роль индуктивного сопротивления системы. Влияние явнополюсности генератора на угловую характеристику мощности. Понятие о статической устойчивости. Понятие о динамической устойчивости;

2 Статическая устойчивость системы

Влияние АРВ генератора на предел передаваемой мощности. Действительный предел передаваемой мощности. Характеристика мощности при сложной связи генератора с приёмной системой

3 Динамическая устойчивость

Схемы замещения при КЗ. Угловая характеристика мощности в переходном режиме. Динамическая устойчивость станции, работающей на шины бесконечной мощности. Правило площадей. Уравнение относительного движения ротора генератора. Метод последовательных интервалов

4 Устойчивость узлов нагрузки

Статическая устойчивость асинхронных двигателей. Вторичные критерии устойчивости нагрузки

5 Асинхронные режимы синхронных генераторов

Понятие асинхронного хода синхронного генератора. Процесс выпадения из синхронизма и возникновение асинхронного хода. Ресинхронизация генераторов

6 Мероприятия по улучшению устойчивости

Улучшение параметров элементов электрической системы. Дополнительные устройства. Режимные мероприятия.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
		6 семестр	
1	2	Исследование переходного процесса при трёхфазном КЗ в цепи, питающейся от источника неограниченной мощности	2
2	7	Исследование переходных процессов при замыкании на землю в распределительных сетях 6-35 кВ	2
		Итого:	4

4.4 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
		6 семестр	
1	6	Расчёт несимметричных КЗ методом типовых кривых	2
		7 семестр	
2	9	Угловые характеристики мощности простейшей системы.	2
3	10	Составление схемы замещения нормального режима системы, определение параметров режима, собственных и взаимных проводимостей схемы.	2
4	10	Составление схемы замещения аварийного режима системы при несимметричном КЗ. Определение собственных и взаимных проводимостей.	2
5	11	Расчёт устойчивости нагрузки с использованием вторичных критериев.	2
		Итого:	10

4.5 Контрольная работа (7 семестр)

Целью выполнения контрольной работы является овладение студентами практических навыков по использованию основных методов расчёта переходных процессов.

Тема контрольной работы: «Расчёт токов короткого замыкания».

В контрольной работе выполняются расчёты как трёхфазного, так и всех видов несимметричного КЗ двумя методами (эквивалентных ЭДС и типовых кривых). Задаются различные комбинации видов КЗ, мест их возникновения и методов их расчёта.

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1 Пилипенко, А. М. Основы анализа переходных процессов в линейных цепях : учебное пособие : [16+] / А. М. Пилипенко ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2020. – 123 с. : ил., схем. – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=598631>

2 Аксютин, В. А. Переходные процессы в электрических цепях : учебное пособие : [16+] / В. А. Аксютин ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 112 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576104>

5.2 Дополнительная литература

1 Булат, В. А. Электромагнитные переходные процессы : учебное пособие / В. А. Булат, А. Г. Губанович, С. М. Силюк. - Минск : БНТУ, 2020. - 214 с. - ISBN 978-985-550-958-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/247847>

2 Бобров, А. Э. Электромеханические переходные процессы в системах электроснабжения : учебное пособие / А. Э. Бобров, В. Н. Гиренков, А. М. Дяков. - Красноярск : СФУ, 2020. - 96 с. - ISBN 978-5-7638-4355-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/181643>

3 Мамонтов, Е. В. Электромеханические переходные процессы в системах электроснабжения : учебное пособие / Е. В. Мамонтов, Р. Н. Дятлов. - Рязань : РГРТУ, 2019. - 64 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168259>

5.3 Периодические издания

1 Электроэнергетика. Сегодня и завтра: информационно-аналитический журнал. – Москва: Деловая пресса.

5.4 Интернет-ресурсы

- 1 Информационный интернет ресурс посвященный теме электричества, электрической энергии, электротехнике и т.п.- Режим доступа <http://www.electrikpro.ru> -
- 2 Расширенная интернет версия отраслевого информационно-справочного журнала «Новости электротехники». – Режим доступа <http://www.news.elteh.ru>
- 3 <http://techlibrary.ru/> – Некоммерческий проект «Техническая библиотека»;
- 4 <https://elibrary.ru/> – Научная электронная библиотека;
- 5 <http://www.edu.ru> – Федеральный образовательный портал Российское образование

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

Программное обеспечение, используемые при проведении аудиторных учебных занятий и осуществлении самостоятельной работы студентами:

- 1 операционная система Microsoft Windows;
- 2 Microsoft Office;
- 3 операционная система: Linux RED OS MUROM 7.3.1;
- 3 Веб-приложение «Универсальная система тестирования БГТИ»;
- 4 программа аналогового, цифрового и смешанного моделирования и анализа цепей электронных устройств Micro-Cap 12;
- 5 Яндекс браузер;
- 6 eLIBRARY [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека / ООО Научная электронная библиотека. – Режим доступа: <https://elibrary.ru>;
- 7 Консультант Плюс [Электронный ресурс]: справочно-правовая система / Компания Консультант Плюс. – Электрон. дан. – Москва. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>;
- 8 Электронно-библиотечная система РУКОНТ - Режим доступа: <https://rucont.ru/>;
- 9 Электронно-библиотечная система Университетская библиотека онлайн – Режим доступа: <https://lib.osu.ru/login?redirect=L2FwaS9zZWftbGVzcy1hdXRoL29ubGluZQ==>
- 10 Электронно-библиотечная система ЛАНЬ – Режим доступа: <https://lib.osu.ru/login?redirect=L2FwaS9zZWftbGVzcy1hdXRoL2xhbg==>
- 11 Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM – Режим доступа: <https://lib.osu.ru/login?redirect=L2FwaS9zZWftbGVzcy1hdXRoL3puYW5pdW0=>
- 12 Электронно-библиотечная система "Консультант студента" – Режим доступа: <https://lib.osu.ru/login?redirect=L2FwaS9zZWftbGVzcy1hdXRoL2tvbnN1bHRhbnQ=>
- 13 ООО "ИВИС" – Режим доступа: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>;
- 14 Библиотека OCR Альдебаран – Режим доступа: <https://aldebaran.ru/>

Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа оснащены: переносными мультимедиа-проекторами и проекционными экранами, ноутбуком; посадочными местами для обучающихся; рабочим местом преподавателя; учебной доской.

Аудитории для самостоятельной работы оснащены: комплектами ученической мебели, компьютерной техникой подключенной к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ и филиала, электронным библиотечным системам.

Компьютерный класс оснащен: стационарным мультимедиа-проектором и проекционным экраном, оборудованием для организации локальной вычислительной сети, программным обеспечением «Универсальный тестовый комплекс», персональными компьютерами, рабочим местом преподавателя, учебной доской.

Учебные аудитории для проведения лабораторных и практических занятий оснащены: переносными мультимедиа-проекторами и проекционными экранами, ноутбуком, посадочными местами для обучающихся, рабочим местом преподавателя, учебной доской, учебными моделями электрических машин.

Учебные аудитории для проведения групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащены: комплектами ученической мебели, компьютерами с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ и филиала, электронным библиотечным системам