

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Нововоронежский политехнический институт –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(НВПИ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДЕНА:

Руководителем НВПИ НИЯУ МИФИ



Е.Н. Булатова
« 17 » марта 2023г.


РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Переходные процессы в электроэнергетических системах»

Направление подготовки: 13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрические станции

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Нововоронеж 2023 г.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 кредитов, 288 часов.

***Контактная работа* 128 часов**

лекции 64 часа

практические занятия 48 часов

лабораторные занятия 16 часов

***Самостоятельная работа* 88 часов**

Контроль 72 часа

Форма отчетности:

экзамен 6,7 семестр

Курсы: 3, 4

Семестры: 6, 7

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цель дисциплины: освоения учебной дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах» является формирование знаний и умений у студентов о мероприятиях, обеспечивающих нормальную работу электрической системы при малых возмущениях (статическую устойчивость) и благополучный исход различных аварийных режимов (динамическую устойчивость).

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- формирование способности у студента анализировать параметры аварийных режимов, выявлять их причины, ликвидировать (по схеме) аварийные ситуации и принимать решения;
- формирование способности у студента работать с нормативными документами..

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части программы бакалавриата с присвоением квалификации «Бакалавр» по направлению подготовки 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника"

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и индикаторов их достижения:

общепрофессиональные компетенции:

ОПК-2- способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.

ОПК-4 - способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин.

ПК-7 - способен участвовать в пусконаладочных работах.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- понятия и принципы теории переходных процессов в электроэнергетических системах;
- основные принципы и требования построения алгоритмов, синтаксис языка программирования;

- методику расчетов режимов работы электрических цепей и электрических машин; методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока.

Уметь:

- разрабатывать алгоритмы для решения практических задач согласно предъявляемым требованиям;
- контролировать и анализировать режимы работы электрооборудования с учетом заданных параметров и характеристик;
- применять устройства для проверки и опробования устройств релейной защиты и автоматики, технологической, аварийной и пожарной сигнализации;

Владеть:

- средой программирования и отладки для разработки программ для практического применения;
- способами регулирования заданных параметров режимов работы; навыками анализа и моделирования;
- навыками расчета и выбора уставок защит станций и подстанций электроэнергетических систем.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов/зач.ед.	Семестр	
		ОФО	ОФО
	ОФО	6	7
Аудиторные занятия (всего)	128/3,6	64/1,8	64/1,8
В том числе:			
Лекции	64/1,8	32/0,9	32/0,9
Лабораторные работы	16/0,45	16/0,45	-
Практические занятия	48/1,35	16/0,45	32/0,9
Самостоятельная работа (всего)	88/2,4	44/1,2	44/1,2
В том числе:			
Подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям	52/1,4	26/0,7	26/0,7
Темы для самостоятельного изучения			
Подготовка к экзамену	36/1	18/0,5	18/0,5
Часы на контроль	72/2	36/1	36/1
Вид отчетности	экзамен	экзамен	экзамен
Общая трудоемкость дисциплины	ВСЕГО в часах	144	144
	ВСЕГО в зач.	4	4

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц. зан. часы	Лаб. зан. часы	Практ.зан. часы	СРС	Всего часов
1	Введение	2	-	-	-	2
2	Физический процесс при возникновении симметричного КЗ.	4	2	4	4	14
3	Расчеты токов и напряжений при возникновении симметричного переходного процесса	8	4	4	6	22
4	Несимметричные аварийные режимы. Продольная и поперечная несимметрия режимов.	14	4	6	8	32
5	Уравнения электромагнитного переходного процесса синхронной машины	4	6	2	8	20
6	Устойчивость электроэнергетической системы	8	-	8	6	22
7	Элементарная теория статической устойчивости электроэнергетической системы	8	-	12	10	30
8	Элементарная теория динамической устойчивости электроэнергетической системы	8	-	12	10	30
9	Устойчивость нагрузки	6	-	-	-	6
10	Мероприятия, направленные на повышение устойчивости работы электроэнергетических систем	2	-	-	-	2
11	Подготовка к экзамену	-	-	-	36	36
	Итого	64	16	48	88	216

5.2 Лабораторные работы

Таблица 3

Номер работы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
1	Внезапное короткое замыкание в простейшей трехфазной сети	2
2	Переходный процесс при подключении к сети ненагруженного трансформатора	2
3	Переходный процесс при симметричном коротком замыкании в электрической сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности	2
4	Переходный процесс при несимметричном коротком замыкании в электрической сети	2
5	Переходный процесс при обрыве фазы в электрической сети	2
6	Внезапное короткое замыкание синхронной машины без демпферных обмоток	4
7	Влияние и приближенный учет демпферных обмоток	2

5.3 Практические занятия

Таблица 4

Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
1	Определение вынужденных и свободных составляющих токов КЗ в каждой фазе электропередачи.	2
2	Нахождение максимального значения полного тока в каждой фазе для различных моментов возникновения симметричного КЗ, для различных сопротивлений до точки КЗ и различных токов предшествующего режима. Сравнение мгновенных значений фазных токов, их графическое представление.	2
3	Определение параметров схем замещения для расчетов симметричных КЗ. Преобразования схемы замещения.	2
4	Определение действующих значений токов на участках электрической сети для произвольного момента времени симметричных КЗ.	2

5	Составление схем замещения различных последовательностей несимметричных режимов.	2
6	Определение токов и напряжений всех фаз при двухфазном КЗ. Построение векторных диаграмм.	2
7	Определение токов и напряжений всех фаз в случае обрыва одной фазы. Построение векторных диаграмм. Определение токов и напряжений всех фаз в случае обрыва двух фаз. Построение векторных диаграмм.	2
8	Определение параметров синхронной машины в установившихся и переходных режимах (по оси «d» и по оси «q»).	2
9,10	Построение угловых характеристик синхронного генератора. Построение векторной диаграммы установившегося режима синхронного генератора..	4
11,12	Определение собственных и взаимных сопротивлений и проводимостей синхронных машин в сложной электроэнергетической системе.	4
13,14	Уравнения первого приближения и анализ состояния равновесия электроэнергетической системы.	4
15,16	Анализ статической устойчивости модели системы по корням характеристического уравнения.	4
17,18	Учет АРВ пропорционального действия.	4
19,20	Построение угловых характеристик для разных фаз динамического перехода. Качественная оценка устойчивости динамического перехода по энергетическим характеристикам системы.	4
21,22	Расчет сложного динамического перехода методом последовательных интервалов.	4
23,24	Определение предельного угла и времени отключения элемента, поврежденного коротким замыканием.	4
	Всего:	64

5.4 Примерная тематика контрольных работ

Контрольная работа №1

1. Изменения во времени фазных токов при возникновении трехфазного КЗ.
2. Определение наибольшего мгновенного тока в каждой фазе при возникновении трехфазного КЗ.
3. Графическое представление изменения во времени мгновенных токов при возникновении трехфазного КЗ.

Контрольная работа №2

1. Нахождение действующих значений периодических составляющих токов по всем ветвям электрической сети в начальный момент КЗ.
2. Определение суммарного тока КЗ и его составляющих для любого момента времени.

5.3 Примерная тематика коллоквиумов

Уравнения синхронной машины и ее параметры в установившихся и переходных режимах/ Физическая модель СМ.

Электрические схемы контуров ротора и статора СМ.

Исходные уравнения СМ в фазовых координатах.

Координаты d , q , θ . введение новой координатной системы для уравнений СМ. Матрица индуктивностей СМ в результате блонделевых преобразований. Уравнения СМ после преобразования (уравнения Парка-Горева).

Упрощенные уравнения Парка-Горева. Схемы замещения, отражающие уравнения СМ.

Параметры СМ в установившихся и переходных режимах (по оси « d » и по оси « q »).

Установившийся режим работы СМ. Векторная диаграмма. Определение составляющих векторной диаграммы по данным U , i , φ .

Физическая картина ПП в сг при внезапном трехфазном КЗ на выводах статорной обмотки.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

1. [Ульянов, Сергей Александрович. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах : учеб. для электротехн. и энергет. вузов и фак. / С. А. Ульянов . — Изд. 2-е, стер. — Москва : АРИС, 2010 .— 520 с. : ил. ; 21 см .— Библиогр.: с. 514 \(15 назв.\). — Допущено в качестве учебника .— ISBN 978-5-](#)

904673-01-7.

2. [Ульянов, Сергей Александрович.](#) Электромагнитные переходные процессы в электрических системах : [учеб. для электротехн. и энергет. вузов и фак.] / С. А. Ульянов .— Москва : Энергия, 1970 .— 517 с. : ил. ; 21 см .— На корешке загл.: Переходные процессы .— Библиогр.: с. 686-693 (145 назв.) .

3. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Электр. станции", "Электроэнергет. системы и сети", "Электроснабжение", "Релейная защита и автоматизация электроэнергет. систем" направления подгот. дипломированных специалистов "Электроэнергетика" / [И. П. Крючков и др.] ; под ред. И. П.

Крючкова, В. А. Старшинова .— 3-е изд., стер. — Москва : Академия, 2008 .— 416 с. : ил. ; 22 см .— (Высшее профессиональное образование, Энергетика) .— Авт. указаны на обороте тит. л. - Тираж 1500 экз. — Библиогр.: с. 406 (14 назв.). — Допущено в качестве учебного пособия .— ISBN 978-5-7695-5281-6.

Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Электр. станции", "Электроэнергет. системы и сети", "Электроснабжение", "Релейная защита и автоматизация электроэнергет. систем" направления подгот. дипломированных специалистов "Электроэнергетика" / [И. П. Крючков, Б. Н. Неклепаев, В. А. Старшинов и др.] ; под ред. И. П. Крючкова, В. А. Старшинова .— М. : Академия, 2005 .— 416 с. : ил. ; 22 см .— (Высшее профессиональное образование, Энергетика) .— Авт. указаны на обороте тит. л. — Библиогр.: с. 406 (14 назв.). — Допущено в качестве учебного пособия .— ISBN 5-7695-1998-3.

4. [Жуков, Василий Владимирович.](#) Короткие замыкания в электроустановках напряжением до 1 кВ / В. В. Жуков .— М. : МЭИ, 2004 .— 192 с. : ил. ; 21 см .— Библиогр.: с. 186-189 (60 назв.). — ISBN 5-7046-0958-9.

http://www.studmed.ru/zhukov-vv-korotkie-zamykaniya-v-elektrostanovkakh-napryazheniem-do-1-kv_c6177c81fff.htm

6.1.2.Дополнительная литература

1. [Ульянов, Сергей Александрович.](#) Сборник задач по электромагнитным переходным процессам в электрических системах : [для электротехн. и энергет. вузов и фил.] / С. А. Ульянов .— Москва : Энергия, 1968 .— 495 с. : черт. ; 21 см .— Библиогр.: с. 494-495 (22 назв.) .— 1,17.
2. Руководящие указания по расчету токов, короткого замыкания и выбору электрооборудования : РД 153-34.0-20.527-98 / Рос. АО энергетики и электрификации "ЕЭС России" ; [разраб.: К. И. Неклепаев, И. П. Крючков, В. В. Жуков и др. ; науч. ред. Б. И. Неклепаев] . — 3-е изд. — Москва : ЭНАС, 2008 .— 144 с. : ил. ; 24 см .— ISBN 978-5-93196-874-2.
3. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования : РД 153-34.0-20.527-98 / ЕЭС России ; [науч. ред. Б. Н. Неклепаев] .— 3-е изд. — Москва : НЦ ЭНАС, 2006 .— 144 с. : ил. ; 24 см .— ISBN 5-93196-081-3 : 175.00.
4. Электротехнический справочник : в 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / под общ. ред. В. Г. Герасимова [и др.] .— 9-е изд., стер. — Москва : МЭИ, 2004 .— 964 с.— ISBN 5-7046-0987-2.— ISBN 5-7046-0984-8.

7.1 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://ldivu-inf.narod.ru/telib.htm> Библиотека электротехника и электроэнергетика;
<http://docs.cntd.ru> Электронный фонд нормативно-технической документации
Техэксперт; <http://www.journals.cambridge.com> Cambridge University Press.

7.2 Электронные образовательные ресурсы

Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ/Электрические системы и сети. URL: http://study.urfu.ru/umk/umk_view.aspx?id=5716

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией и материалами. Ее содержание представлено в локальной сети института и находится в режиме свободного доступа для студентов. Для преподавания дисциплины используются плакаты и мультимедийные презентации.

Лаборатория электрооборудования электрических станций, сетей и систем\1

Столы ученические – 15 шт.;

Стулья ученические – 30 шт.;

Стол преподавателя;

Стул преподавателя.

Комплект мультимедийного оборудования:

мультимедиа-проектор, компьютер экран настенный.

Модульный учебный лабораторный стенд «Электрические измерения на электрических станциях и подстанциях» ГалСен® ЭЭ1М-ЭИЭСП-С-Р;

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Выполнение поставленной задачи в лаборатории. Подготовка ответов к контрольным вопросам: просмотр конспекта лекций, рекомендуемой литературы. Подготовка печатных отчетов к каждой лабораторной работе.
Индивидуальное домашнее задание	Работа с конспектом лекций, изучение материала по теме (рекомендуемая литература), формулирование вопросов, которые необходимо задать преподавателю в случае, если не удастся разобраться самостоятельно. Подготовка графической и текстовой частей задания.
Подготовка к тестированию	Работа с конспектом лекций, изучение рекомендуемой литературы, подготовка ответов к типовым заданиям (демонстрационному тесту).

