Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий
Кафедра «Атомная энергетика»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах»

Направления подготовки
«13.03.02. Электроэнергетика и электротехника»

Основная профессиональная образовательная программа
«Электроснабжение»

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная

Балаково

Цель освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются формирование систематизированных знаний в области переходных процессов как в энергетической системе в целом, так и в отдельных ее элементах, приобретение студентами навыков их расчета при трехфазных и несимметричных коротких замыканиях, а также при обрывах фаз, навыков расчета и анализа переходных режимов электрических систем и узлов нагрузки с учетом действия систем автоматического регулирования и управления.

Задачи изучения дисциплины:

• освоение студентами математических моделей различных элементов электроэнергетических систем – синхронных генераторов, асинхронных электродвигателей, трансформаторов и др., отражающих особенности переходных процессов в этих элементах;

• получение знаний в области методов исследования переходных процессов, практических методов расчета токов короткого замыкания;

• изучение методов и алгоритмов расчетов токов и напряжений при несимметричных коротких замыканиях и обрывах фаз, в том числе и с помощью программно-вычислительных комплексов;

• формирование навыков по расчету переходных процессов в электроэнергетических системах.

Согласно профессиональным стандартам: «24.089. Специалист в области электротехнического обеспечения атомной станции» , «24.033. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики атомной станции».

Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина изучается студентами на третьем году обучения в пятом семестре.

Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо студентам для изучения курса «Электромагнитные переходные процессы в электро-энергетических системах» составляют дисциплины математического и естественнонаучного модуля, а также отдельные дисциплины профессионального модуля: «Математика», «Физика», «Теоретические основы электротехники», «Основы электроэнергетики» («Передача и распределение электрической энергии»).

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при осуществлении профессиональной деятельности бакалавра, выполнении выпускной квалификационной работы и изучении основных дисциплин по профилю подготовки.

В свою очередь данная дисциплина является основой для изучения дисциплин «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», «Электроснабжение», «Эксплуатация системы электроснабжения» и др.

Изучение дисциплины «Электромагнитные переходные процессы в электро-энергетических системах» направлено на формирование у студентов трудовых функций:

- А/02.6. Контроль оперативного обслуживания и режимов ЭТО и устройств в соответствии с требованиями ЛНА и НТД АС.

- С/04.6.Организация оперативного обслуживания ЭТО и устройств с производством сложных переключений АС.

- В/01.6. Обеспечение эксплуатации СИ, СА и аппаратуры СУЗ на АС.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции:

профессиональные

Задачи профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Контроль соблюдения заданных параметров режимов оборудования	Электрические станции и подстанции; электроэнергетические системы и сети; системы электроснабжения промышленных предприятий и их объекты	ПК-4 Способен соблюдать и оценивать параметры пусковых режимов оборудования с обеспечением своевременного и безопасного включения его в работу	З-ПК-4 Знать: главные схемы и схемы собственных нужд электростанции, способов обеспечения нормальных режимов работы оборудования и предотвращения и/или ликвидации ненормальных и аварийных режимов У-ПК-4 Уметь: выполнять требования нормативно-технической документации, организовывать и контролировать процесс выполнения работ подчиненным оперативным персоналом смены цеха при вводе в работу турбогенераторов, трансформаторов, автотрансформаторов и шунтирующих реакторов В-ПК-4 Владеть: навыками работы с современными системами управления, сбора и передачи данных, постоянного мониторинга состояния оборудования, параметров его режима работы и их анализа

Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины реализуются следующие задачи воспитания:

Направление/ цели	**Создание условий, обеспечивающих**	**Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин**	**Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность**
Профессиональное воспитание	- формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения **(В18)**	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками	1.Организация научно-практических конференций, круглых столов, встреч с ведущими специалистами предприятий экономического сектора города по вопросам технологического лидерства России. 2. Участие в подготовке

		образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.	публикаций в высокорейтинговых рецензируемых научных изданиях
Профессиональное воспитание	- формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства **(В20)**	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.	1. Организация научного подхода и чувства «Все в одной команде» через участие студентов в проведении круглых столов и семинаров. 2. Формирование вертикальных связей и формальных правил жизни при проведении студенческих конкурсов

Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 6-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 ак. часов.

Календарный план

№ Раздела	№ Темы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттестация раздела (форма*)	Максимальный балл за раздел**
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС/КРС		
1	1	Общие сведения о переходных процессах	20	2	2/1	-	16	КР1	25
	2	Короткие замыкания в системах электроснабжения	29/2	2		1/1	26		
	3	Переходные процессы в электрических машинах при трехфазных коротких замыканиях	40	2	2	2	34		
	4	Токи трехфазного короткого замыкания	36	1		1	34		
2	5	Практические методы расчета токов симметричного корот-кого замыкания	38/2	1	2/1	1	34	КР2	25
	6	Основные положения расчета несимметричных режимов	24	1		1/	22		
	7	Поперечная не симметрия	29	1		2	26		
Вид промежуточной аттестации			**216/4**	**10**	**6/2**	**8/2**	**192**	**Э**	**50**

* - сокращенное наименование формы контроля

** - сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КР	Контрольная работа
Э	Экзамен

Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	**2**	**3**
Лекция 1. Режимы систем электроснабжения. Причины возникновения электромагнитных переходных процессов. Назначение расчетов переходных процессов.	2	1-5

Лекция 2. Виды, причины и последствия коротких замыканий. Основные допущения при расчетов токов короткого замыкания. Расчетные схемы и параметры их элементов. Схемы замещения и их преобразования. Приведение параметров элементов короткозамкнутой цепи к базисным условиям.	2	1-5
Лекция 3. Переходный процесс в синхронной машине без демпферных обмоток. Переходный процесс в синхронной машине с демпферными обмотками. Уравнение переходного процесса. Особенности расчетов переходных процессов в электродвигателях.	2	1-5
Лекция 4. Короткое замыкание на зажимах генератора без автоматического регулирования возбуждения. Короткое замыкание на зажимах генератора с автоматическим регулированием возбуждения. Короткие замыкания в удаленных точках системы электроснабжения. Начальный ток короткого замыкания.	1	1-5
Лекция 4. Расчет начального значения тока короткого замыкания. Определение тока короткого замыкания в произвольный момент времени по расчетным и типовым кривым. Расчет тока короткого замыкания по его общему и индивидуальному изменениям. Учет электродвигателей при расчете токов короткого замыкания. Учет токов короткого замыкания создаваемых электродвигателями в установках собственных нужд тепловых электростанций.	1	1-5
Лекция 5. Метод симметричных составляющих. Основные соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений. Сопротивление элементов токам отдельных последовательностей. Схемы замещения отдельных последовательностей. Результирующие ЭДС и сопротивления.	1	1-5
Лекция 5. Общие сведения. Однофазное короткое замыкание. Двухфазное короткое замыкание. Двухфазное короткое замыкание на землю. Учет переходного сопротивления в месте короткого замыкания. Правило эквивалентности прямой последовательности. Комплексные схемы замещения. Сравнение токов при различных видах несимметричного короткого замыкания. Векторные диаграммы токов и напряжений.	1	1-5

Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	**Всего часов**	**Учебно-методическое обеспечение**
1	**2**	**3**
Составление схемы замещения трехфазного КЗ. Приведение параметров КЗ к базисным условиям. Точный и приближенный методы приведения в именованных единицах. Приведение к базисным условиям в относительных единицах. Определение результирующего сопротивления короткозамкнутой цепи.	4	1-5
Определение аварийного тока в месте замыкания и цепях автотрансформатора. Нахождение начального значения периодической составляющей аварийного тока. Нахождение линейных напряжений в электрически мало удаленных от КЗ точках.	2	1-5
Определение мощности и ударного тока в месте КЗ без учета и с учетом двигательной нагрузки.	2	1-5

Перечень лабораторных работ

Темы лабораторных работ. Вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Регистрация и отображение кривой тока трехфазного короткого замыкания в электрической сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности	2	1-5
Регистрация и отображение кривой тока трехфазного короткого замыкания в электрической сети, питающейся от синхронного генератора ограниченной мощности	2	1-5
Определение соотношения токов короткого замыкания различных видов при замыкании в одной и той же точке сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности	2	1-5

Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Ток короткого замыкания в произвольный момент времени. Установившийся режим короткого замыкания.	64	1-5
Расчеты токов короткого замыкания в электроустановках напряжением до 1 кВ. Расчет тока короткого замыкания с использованием ПК.	64	1-5
Применение метода расчетных кривых для расчета несим-метричных коротких замыканий. Замыкание на землю в сетях с изолированной нейтралью.	64	1-5

Расчетно-графическая работа не предусмотрена учебным планом

Курсовая работа не предусмотрена учебным планом

Образовательные технологии

В соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий:

1) разбор конкретных ситуаций при решении задач по контрольным заданиям;

2) разбор конкретных ситуаций при проведении лекционных занятий, в том числе в форме коллоквиумов;

3) внеаудиторную работу в рамках текущих внеаудиторных консультаций с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

В рамках учебных курсов могут быть предусмотрены встречи с представителями компаний, университетов, государственных и общественных организаций, мастер-классы экспертов и специалистов.

Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах»:

1) самостоятельная работа студентов с использованием информационной справочной системы ИОС;

2) активная работа с современными пакетами прикладных программ для обработки результатов экспериментальных данных.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка также включает в себя занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Короткие замыкания в системах электроснабжения, токи трехфазных коротких замыканий (к.з.), переходные процессы при трехфазных к.з.	З-ПК-4;У-ПК-4; В-ПК-4	Контрольная работа 1
2	Практические методы расчета токов к.з.	З-ПК-4;У-ПК-4; В-ПК-4	Контрольная работа 2
Промежуточная аттестация			
1	Экзамен	З-ПК-4;У-ПК-4; В-ПК-4	Вопросы к экзамену (письменно)

Оценочные средства для входного контроля представляют собой вопросы, которые задаются студентам в устной форме.

В качестве оценочного средства текущего контроля используются устный и письменный опрос, выполнение практических контрольных заданий.

В качестве оценочного средства аттестации раздела используются итоговая контрольная работа.

Для промежуточной аттестации предусмотрены экзаменационные вопросы.

По итогам обучения выставляется экзамен.

Вопросы входного контроля

1. Перечислите законы коммутации.

2. Трехфазные цепи. Определения в трехфазных цепях. Какими достоинствами объясняется широкое распространение трехфазных цепей в энергетике?

3. Мощности в цепях переменного тока. Мгновенная, активная, реактивная, полная мощности. Коэффициент мощности.

4. Понятие о входных и взаимных проводимостях ветвей. Входное сопротивление.

5. Электрическая цепь. Источники ЭДС и тока. Приемники электрической энергии.

6. Явления самоиндукции и взаимоиндукции. Взаимная индуктивность.

7. Трансформаторы. Определение сопротивлений обмоток трансформаторов.

8. Соотношения между фазными и линейными величинами при соединении приемников по схеме звезда и треугольник.

9. Назначение нейтрального провода. Как изменятся напряжения и токи потребителя электроэнергии в четырехпроводной трехфазной симметричной системе при отключении нейтрального провода?

10. Расчет и измерение мощности в трехфазных цепях.

Вопросы текущего контроля

Устный опрос 1

1. Каковы основные этапы развития исследований и совершенствования расчетов переходных процессов?

2. Какие виды режимов и процессов имеют место в системах электроснабжения (СЭС)?

3. Что такое параметры режима и параметры СЭС?

4. Что понимается под статической и результирующей устойчивостью?

5. Какие причины возникновения переходных процессов в СЭС?

6. Для чего необходимо рассчитывать переходные процессы?

7. Каковы причины появления электромагнитных переходных процессов в СЭС и их возможные последствия?

8. Каковы основные виды коротких замыканий (КЗ) и вероятности их возникновения в элементах СЭС в сетях различного напряжения?

9. Что понимается под термином «короткое замыкание», «простое замыкание»? Каковы обозначения видов замыкай в зависимости от режима нейтрали сети?

10. Какие условия и основные допущения принимают при расчетах КЗ?

11. Как выбираются и пересчитываются базисные условия для различных ступеней напряжения СЭС?

12. Зависит ли результат расчета токов КЗ от выбора базисных условий?

13. На чем основаны точное и приближенное приведение сопротивлений элементов короткозамкнутой цепи (генераторов, трансформаторов, ЛЭП и реакторов) в схемах замещения?

14. Каковы цели расчета КЗ? Какова последовательность преобразования схем замещения при расчетах?

15. Что понимается под электрической удаленностью точки КЗ от источника питания?

Устный опрос 2

1. Какой вид имеет принципиальная схема машины с демпферными обмотками и без них?

2. Как протекает переходный процесс при КЗ на зажимах синхронной машины без демпферных обмоток?

3. Какие значения эдс и индуктивного сопротивления синхронной машины называют переходными?

4. Какие особенности переходного процесса при КЗ на зажимах синхронной машины с

демпферными обмотками?

5. Как определяются сверхпереходные эдс и сопротивления синхронной машины?

6. Какой вид имеют векторные диаграммы синхронной машины с демпферными обмотками и без них?

7. Как описать переходный процесс синхронной машины системой дифференциальных уравнений в фазных координатах?

8. Как можно преобразовать систему дифференциальных уравнений переходного процесса в фазных координатах в систему уравнений Парка-Горева?

9. Как описывается переходный процесс в асинхронных двигателях с помощью системы уравнений Парка-Горева?

10. Что представляют собой сверхпереходные эдс и сопротивления асинхронных двигателей и обобщенных нагрузок?

11. Как изменяются полный ток и его составляющие при трехфазном КЗ на за-жимах генератора без АРВ?

12. Как влияет АРВ генератора на изменение тока при трехфазном КЗ?

Устный опрос 3

1. Какой ток КЗ называется ударным и при каких условиях он возникает?

2. От каких параметров зависит ударный коэффициент?

3. Как определяется действующее значение полного тока КЗ?

4. Как изменяется полный ток и его составляющие при КЗ в удаленных точках СЭС?

5. Какими выражениями определяется периодическая составляющая начального тока КЗ?

6. Какое различие между переходными и сверхпереходными токами КЗ?

7. Можно ли аналитически определить ток КЗ в произвольный момент времени?

8. Какой режим называется установившимся?

9. Как определить ток КЗ в установившемся режиме?

10. Как определить начальное значение тока КЗ, создаваемого источником неограниченной мощности, генератором, двигателем, обобщенной нагрузкой?

11. На чем основан метод расчетных кривых? Какова область применения этого метода?

12. Для каких расчетных условий определения тока КЗ применяются типовые кривые?

13. Как определяется значение периодической составляющей тока КЗ в расчетный момент времени по расчетным (типовым) кривым?

14. Можно ли при расчете токов КЗ по расчетным кривым объединить в один эквивалентный источник ветвь питания от электрической системы с ветвями питания от генераторов конечной мощности?

15. В каких случаях можно выполнять расчет токов КЗ по их общему изменению?

16. Когда возникает необходимость расчета токов КЗ по их индивидуальному изменению?

17. Как выполняется расчет при подпитке точки КЗ синхронными (асинхронными) двигателями?

18. Каковы особенности расчета токов КЗ в электрических сетях напряжением до 1 кВ?

19. Как определяется активное переходное сопротивление при КЗ на различных ступенях распределения электрической энергии в сети напряжением до 1 кВ?

Устный опрос 4

20. Каковы основные достоинства метода симметричных составляющих? Как определяется особая фаза?

21. В чем сущность основных положений метода симметричных составляющих?

22. В чем состоит расчет несимметричных режимов по методу симметричных составляющих?

23. Как раскладывается произвольная система несимметричных векторов на три симметричные системы?

24. Как по произвольно построенным симметричным системам (прямой, обрат-ной и нулевой последовательностей) получить несимметричную систему?

25. Каковы сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательностей различных элементов короткозамкнутой цепи?

26. Почему для одного и ого же элемента электрической цепи значения сопротивлений прямой z1 , обратной z2 и нулевой z0 последовательностей в общем случае различны?

27. Как определяются сопротивления нулевой последовательности двух и трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов?

28. Чем объясняется тот факт, что сопротивление на фазу для нулевой последовательности z0 трехстержневого трансформатора не равно сопротивлению на фазу для прямой последовательности z1 , но z1=z2 , где z2 - сопротивление на фазу для обратной последовательности?

29. Как составляются расчетные схемы замещения различных последовательностей короткозамкнутой цепи при несимметричных КЗ?

30. Каковы особенности схемы замещения нулевой последовательности?

31. Как определяются результирующие сопротивления схем замещения разных последовательностей?

32. Что такое поперечная не симметрия?

33. Каковы граничные условия для всех видов КЗ?

34. Какое различие между схемами прямой, обратной и нулевой последовательностей?

35. Как определить токи и напряжения при однофазном КЗ?

36. Какой вид имеют векторные диаграммы токов и напряжений при однофазном КЗ?

37. Как определить токи и напряжения при двухфазном КЗ?

38. Какой вид имеют векторные диаграммы токов и напряжений при двухфазном КЗ?

39. Как определить токи и напряжения при двухфазном КЗ на землю?

40. Что такое коэффициент взаимосвязи токов? Каково его значение для определения различных видов КЗ?

41. В чем заключается правило эквивалентности прямой последовательности?

42. Что представляют собой комплексные схемы замещения?

43. Какой вид имеют соотношения между дополнительными реактивными сопротивлениями (токами, напряжениями) при различных видах КЗ?

44. В каких практических случаях возникают наибольшие (наименьшие) значения кратности токов несимметричных КЗ?

45. Как деформируются векторные диаграммы токов и напряжений при различных видах КЗ по мере удаления от места КЗ и при переходе через трансформатор?

46. Как определяются токи несимметричных КЗ по расчетным кривым?

Задания для аттестации разделов

Контрольная работа 1: Для участка электроэнергетической системы, представленного на рис. 1 (исходные данные параметров элементов системы представлены ниже), составить схему замещения в относительных единицах при приближенном приведении.

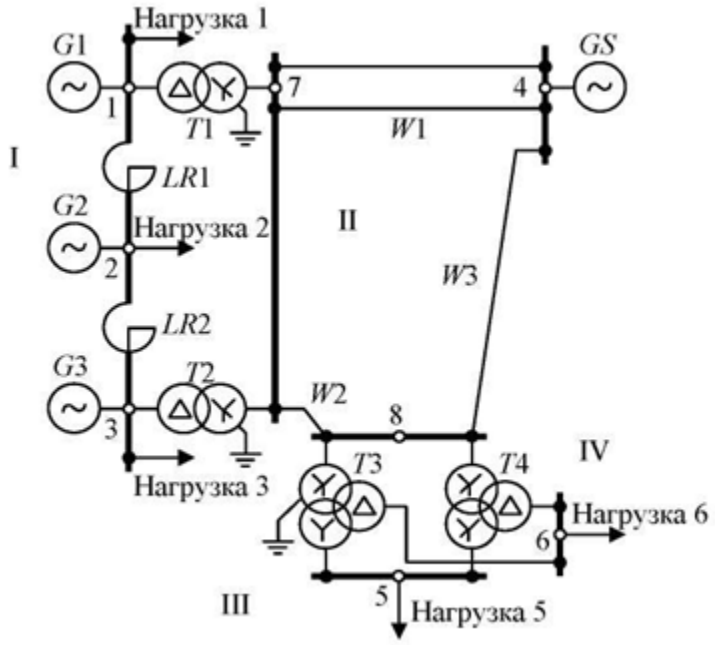


Рис. 1 Участок электроэнергетической системы

Обозначения на схеме. Типы и параметры элементов ЭЭС

GS – электроэнергетическая система;
S_{GS} = 1200 МВ·А; $X_{(1)}$=0,25; $X_{(0)}$=1,5· $X_{(1)}$;
*G*1, *G*2, *G*3 – синхронные генераторы ТВС-32У3;
$S_{ном}$ = 40,0 МВ·А; $U_{ном}$ = 10,5 кВ; X''_d = 0,153; X_2 = 0,187;
*T*1, *T*2 – трансформаторы ТД-40000/110;
$S_{ном}$ = 40,0 МВ·А; $u_к$ = 10,5 %;
*T*3, *T*4 – трансформаторы ТДТН-40000/110;
$S_{ном}$ = 40,0 МВ·А; $u_{к,вн}$ = 17,5 %; $u_{к,вс}$ = 10,5 %; $u_{к,сн}$ = 6,5 %;
*LR*1, *LR*2 – токоограничивающие реакторы РБГ 10-2500-0,2У3;
*W*1, *W*2, *W*3 – линии электропередачи;
*W*1: l = 50 км; $X_{(1)}$ = 0,405 Ом/км; $X_{(0)}/X_{(1)}$ = 4,5;
*W*2: l = 20 км; $X_{(1)}$ = 0,420 Ом/км; $X_{(0)}/X_{(1)}$ = 3,0;
*W*3: l = 40 км; $X_{(1)}$ = 0,413 Ом/км; $X_{(0)}/X_{(1)}$ = 2,8;
Нагрузки 1, 2, 3 $S_н$ = 25 МВ·А; $U_{ср.ном}$ = 10,5 кВ;
Нагрузка 5 $S_н$ = 30 МВ·А; $U_{ср.ном}$ = 37,0 кВ;
Нагрузка 6 $S_н$ = 25 МВ·А; $U_{ср.ном}$ = 10,5 кВ;

Контрольная работа 2: Для участка электроэнергетической системы, представленного на рис. 1, при трехфазном КЗ в заданном узле вычислить начальное значение периодической составляющей тока КЗ, мощность КЗ, ударный ток КЗ.

Вопросы к экзамену

1. Какие причины возникновения переходных процессов в СЭС?
2. Для чего необходимо рассчитывать переходные процессы?

3. Каковы причины появления электромагнитных переходных процессов в СЭС и их возможные последствия?

4. Каковы основные виды КЗ и вероятности их возникновения в элементах СЭС в сетях различного напряжения?

5. Что понимается под термином «короткое замыкание», «простое замыкание»? Каковы обозначения видов замыканий в зависимости от режима нейтрали сети?

6. Какие условия и основные допущения принимают при расчетах КЗ?

7. Как выбираются и пересчитываются базисные условия для различных ступеней напряжения СЭС?

8. Зависит ли результат расчета токов КЗ от выбора базисных условий?

9. На чем основаны точное и приближенное приведение сопротивлений элементов короткозамкнутой цепи (генераторов, трансформаторов, ЛЭП и реакторов) в схемах замещения?

10. Каковы цели расчета КЗ? Какова последовательность преобразования схем замещения при расчетах?

11. Что понимается под электрической удаленностью точки КЗ от источника питания?

12. Какой вид имеет принципиальная схема машины с демпферными обмотками и без них?

13. Как протекает переходный процесс при КЗ на зажимах синхронной машины без демпферных обмоток?

14. Какие значения эдс и индуктивного сопротивления синхронной машины называют переходными?

15. Какие особенности переходного процесса при КЗ на зажимах синхронной машины с демпферными обмотками?

16. Как определяются сверхпереходные эдс и сопротивления синхронной машины?

17. Какой вид имеют векторные диаграммы синхронной машины с демпферными обмотками и без них?

18. Как описать переходный процесс синхронной машины системой дифференциальных уравнений в фазных координатах?

19. Как можно преобразовать систему дифференциальных уравнений переходного процесса в фазных координатах в систему уравнений Парка-Горева?

20. Как описывается переходный процесс в асинхронных двигателях с помощью системы уравнений Парка-Горева?

21. Что представляют собой сверхпереходные эдс и сопротивления асинхронных двигателей и обобщенных нагрузок?

22. Как изменяются полный ток и его составляющие при трехфазном КЗ на зажимах генератора без АРВ?

23. Как влияет АРВ генератора на изменение тока при трехфазном КЗ?

24. Какой ток КЗ называется ударным и при каких условиях он возникает?

25. От каких параметров зависит ударный коэффициент?

26. Как определяется действующее значение полного тока КЗ?

27. Как изменяется полный ток и его составляющие при КЗ в удаленных точках СЭС?

28. Какими выражениями определяется периодическая составляющая начального тока КЗ?

29. Какое различие между переходными и сверхпереходными токами КЗ?

30. Можно ли аналитически определить ток КЗ в произвольный момент времени?

31. Какой режим называется установившимся?

32. Как определить ток КЗ в установившемся режиме?

33. Как определить начальное значение тока КЗ, создаваемого источником неограниченной мощности, генератором, двигателем, обобщенной нагрузкой?

34. На чем основан метод расчетных кривых? Какова область применения этого метода?

35. Для каких расчетных условий определения тока КЗ применяются типовые кривые?

36. Как определяется значение периодической составляющей тока КЗ в расчетный момент времени по расчетным (типовым) кривым?

37. Можно ли при расчете токов КЗ по расчетным кривым объединить в один эквивалентный источник ветвь питания от электрической системы с ветвями питания от генераторов конечной мощности?

38. В каких случаях можно выполнять расчет токов КЗ по их общему изменению?

39. Когда возникает необходимость расчета токов КЗ по их индивидуальному изменению?

40. Как выполняется расчет при подпитке точки КЗ синхронными (асинхронными) двигателями?

41. Каковы особенности расчета токов КЗ в электрических сетях напряжением до 1 кВ?

42. Как определяется активное переходное сопротивление при КЗ на различных ступенях распределения электрической энергии в сети напряжением до 1 кВ?

43. каковы основные достоинства метода симметричных составляющих? Как определяется особая фаза?

44. В чем сущность основных положений метода симметричных составляющих?

45. В чем состоит расчет несимметричных режимов по методу симметричных составляющих?

46. Как раскладывается произвольная система несимметричных векторов на три симметричные системы?

47. Как по произвольно построенным симметричным системам (прямой, обратной и нулевой последовательностей) получить несимметричную систему?

48. Каковы сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательностей различных элементов короткозамкнутой цепи?

49. Почему для одного и ого же элемента электрической цепи значения сопротивлений прямой z_1 , обратной z_2 и нулевой z_0 последовательностей в общем случае различны?

50. Как определяются сопротивления нулевой последовательности двух и трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов?

51. Чем объясняется тот факт, что сопротивление на фазу для нулевой последовательности z_0 трехстержневого трансформатора не равно сопротивлению на фазу для прямой последовательности z_1 , но $z_1=z_2$, где z_2 - сопротивление на фазу для обратной последовательности?

52. Как составляются расчетные схемы замещения различных последовательностей короткозамкнутой цепи при несимметричных КЗ?

53. Каковы особенности схемы замещения нулевой последовательности?

54. Как определяются результирующие сопротивления схем замещения разных последовательностей?

55. Что такое поперечная не симметрия?

56. Каковы граничные условия для всех видов КЗ?

57. Какое различие между схемами прямой, обратной и нулевой последовательностей?

58. Как определить токи и напряжения при однофазном КЗ?

59. Какой вид имеют векторные диаграммы токов и напряжений при однофазном КЗ?

60. Как определить токи и напряжения при двухфазном КЗ?

61. Какой вид имеют векторные диаграммы токов и напряжений при двухфазном КЗ?

62. Как определить токи и напряжения при двухфазном КЗ на землю?

63. В чем заключается правило эквивалентности прямой последовательности?

64. Что представляют собой комплексные схемы замещения?

65. Какой вид имеют соотношения между дополнительными реактивными сопротивлениями (токами, напряжениями) при различных видах КЗ?

66. В каких практических случаях возникают наибольшие (наименьшие) значения кратности токов несимметричных КЗ?

67. Как деформируются векторные диаграммы токов и напряжений при различных видах КЗ по мере удаления от места КЗ и при переходе через трансформатор?

68. Как определяются токи несимметричных КЗ по расчетным кривым?

Шкалы оценки образовательных достижений

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	**Баллы за разделы**	**Оценка (балл за ответ на экзамене)**	**Требования к знаниям**
90-100	45-50	*«отлично» 45-50*	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он выполнил контрольную работу на оценку “отлично”, показал глубокие и прочные знания в области переходных процессов в электроэнергетических системах, причин их возникновения и последствий воздействия токов коротких замыканий. Знает режимы систем электроснабжения, причины возникновения электромагнитных переходных процессов, виды, причины и последствия коротких замыканий, основные допущения при расчетах токов короткого замыкания, переходные процессы в электрических машинах, понятие начального тока короткого замыкания. Умеет составлять и читать расчетные схемы, схемы замещения, выполнять их преобразования, определять параметры элементов схем, осуществлять приведение параметров элементов короткозамкнутой цепи к базисным условиям. Владеет методикой расчета параметров элементов схем участков электроэнергетической сети, эквивалентирования схем, приведения параметров элементов схемы к базисным условиям. При этом не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал дополнительной литературы
70-89	35-44	*«хорошо» 35-45 баллов*	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он выполнил контрольную работу на оценку “хорошо”, показал хорошие знания в области переходных процессов в электроэнергетических системах, причин их возникновения и последствий воздействия токов коротких замыканий. Знает режимы систем электроснабжения, причины возникновения электромагнитных переходных процессов, виды, причины и последствия коротких замыканий, основные допущения при

			расчетах токов короткого замыкания, переходные процессы в электрических машинах, понятие начального тока короткого замыкания. Умеет составлять и читать расчетные схемы, схемы замещения, выполнять их преобразования, определять параметры элементов схем, осуществлять приведение параметров элементов короткозамкнутой цепи к базисным условиям. Владеет методикой расчета параметров элементов схем участков электроэнергетической сети, эквивалентирования схем, приведения параметров элементов схемы к базисным условиям. При этом не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос.
60-69	30-34	*«удовлетво-рительно» 30-35 баллов*	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он выполнил контрольную работу на оценку “удовлетворительно”, показал удовлетворительные знания в области переходных процессов в электроэнергетических системах, причин их возникновения и последствий воздействия токов коротких замыканий. Удовлетворительно знает режимы систем электроснабжения, причины возникновения электромагнитных переходных процессов, виды, причины и последствий коротких замыканий, основные допущения при расчетах токов короткого замыкания, переходные процессы в электрических машинах, понятие начального тока короткого замыкания. Умеет удовлетворительно составлять и читать расчетные схемы, схемы замещения, выполнять их преобразования, определять параметры элементов схем, осуществлять приведение параметров элементов короткозамкнутой цепи к базисным условиям. Удовлетворительно владеет методикой расчета параметров элементов схем участков электроэнергетической сети, эквивалентирования схем, приведения параметров элементов схемы к базисным условиям. При этом не усвоил всех деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала.
менее 60	менее 30	*«неудовле-творительно» 0-29 баллов*	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он выполнил контрольную работу на оценку “неудовлетворительно”, не показал знаний в области переходных процессов в электроэнергетических системах, причин их возникновения и последствий воздействия токов коротких замыканий. Не знает режимы систем электроснабжения, причины возникновения электромагнитных переходных процессов, виды, причины и последствия коротких замыканий, основные допущения при расчетах токов короткого замыкания, переходные процессы в электрических машинах, понятие начального тока короткого замыкания. Не умеет составлять и читать расчетные схемы, схемы замещения, выполнять их преобразования, определять параметры элементов схем, осуществлять приведение параметров элементов короткозамкнутой цепи к базисным условиям. Не владеет методикой расчета параметров элементов схем участков электроэнергетической сети, эквивалентирования схем, приведения параметров элементов схемы к базисным условиям.

Сумма баллов	Оценка по 4-х бальной шкале	Зачет	Оценка (ECTS)	Градация
90 – 100	5 (отлично)	зачтено	A	отлично
85 – 89	4 (хорошо)		B	очень хорошо
75 – 84			C	хорошо
70 – 74			D	удовлетворительно
65 – 69	3 (удовлетворительно)			
60 – 64			E	посредственно
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	не зачтено	F	неудовлетворительно

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

Основная литература:

1. Переходные процессы в электроэнергетических системах: учебное пособие / А. Е. Веселов, А. С. Карпов, Г. П. Фастий, В. В. Ярошевич. - Мурманск: МГТУ, 2015. – 134 с. https://e.lanbook.com/book/142607

2. Кирилина, О. И. Переходные процессы в электроэнергетических системах: лабораторный практикум : учебное пособие / О. И. Кирилина. — Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. — 43 с. https://e.lanbook.com/book/177587

3. Кирилин, А. А. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах : учебное пособие / А. А. Кирилин. — 2-е изд. — пос. Караваево : КГСХА, 2016. — 40 с. https://e.lanbook.com/book/133720

Дополнительная литература:

4. Невретдинов, Ю. М. Переходные процессы и перенапряжения : учебное пособие / Ю. М. Невретдинов, Г. П. Фастий. - Мурманск : МГТУ, 2017. - 180 с. https://e.lanbook.com/book/142622

5. Сенько, В. В. Несимметричные электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах : учебное пособие / В. В. Сенько. — Самара : АСИ СамГТУ, 2015. — 54 с. https://e.lanbook.com/book/127587

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования - http://www.normacs.ru/Doclist/doc/15G3.html

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) - http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98464/

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Занятия проводятся в учебной аудитории, предназначенной для проведения занятий лекционного и практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория оснащена необходимым оборудованием. Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях, оснащенных необходимым оборудованием.

В распоряжении обучающихся студентов имеются электронно-библиотечные системы.

Учебно-методические рекомендации для студентов

Дисциплина «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических

системах» является дисциплиной вариативной части общепрофессионального модуля учебного плана. Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при осуществлении профессиональной деятельности бакалавра, выполнении выпускной квалификационной работы и изучении основных дисциплин по профилю подготовки.

Для эффективного освоения дисциплины студентам необходимо проявлять наибольшую активность во время аудиторных занятий, следовать указаниям ведущего преподавателя, выполнять самостоятельную работу в объеме, установленном рабочей программой дисциплины.

Лекционные занятия составляют основу теоретического обучения и позволяют сформировать систематизированные основы знаний по дисциплине, позволяют раскрыть наиболее сложные, основополагающие вопросы.

В ходе лекционных занятий надлежит конспектировать наиболее важные положения изучаемой темы, а по окончании занятия задавать вопросы, вызывающие затруднения с усвоением рассматриваемой темы. Рекомендуется перед следующим лекционным занятием повторить материал рассмотренной темы, изучить современную литературу, выполнить самостоятельную работу в заданном объеме.

Практические занятия по дисциплине позволяют проверить усвоение теоретического материала, формировать практические навыки и умения под руководством преподавателя, углубляют, расширяют, детализируют полученные на лекции знания. Практическое занятие предполагает выполнение по заданию и под руководством преподавателя одной или нескольких практических работ. Для успешного выполнения практических заданий и освоения дисциплины перед каждым практическим занятием необходимо выучить теоретический материал соответствующей темы, используя как конспект лекций, так и рекомендуемую литературу. По результатам выполнения практической работы проводится оценка текущей успеваемости, которая суммируется к результатам аттестации разделов.

Лабораторные занятия представляют собой в большей степени самостоятельности выполнение лабораторных работ, углубляют и закрепляют теоретические знания. На этих занятиях осваиваются навыки экспериментальных способов анализа действительности, формируются умения работать с приборами и современным оборудованием. Лабораторное занятие проводится в составе академической группы с разделением на подгруппы. Для успешного выполнения лабораторных работ и освоения дисциплины следует знать теоретический материал соответствующей темы, четко следовать методике выполнения лабораторных работ, выданной преподавателем. По результатам выполнения лабораторной работы проводится оценка текущей успеваемости, которая суммируется к результатам аттестации разделов.

Самостоятельная работа подразумевает под собой проработку теоретического материала с использованием рекомендуемой литературы по той или иной теме, последующий отчет по результатам самостоятельной работы в форме, установленной преподавателем.

Средством информационной поддержки организации самостоятельной работы студентов в рамках учебной дисциплины являются информационно-образовательная среда (ИОС), электронно-библиотечные системы, доступные БИТИ НИЯУ МИФИ, абонемент и периодика.

Для выполнения самостоятельной работы студенту нужен либо домашний компьютер с доступом в интернет, либо компьютерные класс №222.

Каждый студент имеет свой логин и пароль для входа в ИОС.

Методические рекомендации для преподавателей

На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в процессе подготовки бакалавра по направлению «Электроэнергетика и электротехника», ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

В ходе изложения лекционного материала следует приводить наиболее яркие и запоминающиеся примеры, задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к практическому занятию.

При подготовке к практическому занятию преподавателю необходимо уточнить план его проведения, продумать перечень задач, подлежащих решению во время практического занятия. Оказывать методическую помощь студентам в подготовке к занятию, выполнению домашних заданий. В ходе практического занятия во вступительном слове раскрыть теоретическую и практическую значимость темы, определить порядок его проведения, количество решаемых задач. Целесообразно в ходе решения задач задавать обучающимся дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения глубины знание по рассматриваемой теме. В заключительной части практического занятия следует подвести его итоги: дать объективную оценку ответов каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного практического занятия. Ответить на вопросы студентов. Назвать тему очередного занятия.

При подготовке к лабораторному занятию преподавателю необходимо ознакомиться с новейшими научными разработками, периодической печатью по тематике занятия для того, чтобы подчеркнуть важность изучаемых вопросов в области электромагнитных переходных процессов в системах электроснабжения, обозначить необходимость знания и понимания основополагающих теоретических вопросов, как базиса для последующего изучения дисциплин и успешного освоения квалификации бакалавра по направлению «Электроэнергетика и электротехника». В начале занятия необходимо четко обозначить цель, требования к выполнению лабораторных работ, содержание отчета по лабораторной работе. По результатам выполнения лабораторных работ целесообразно задавать обучающимся дополнительные и уточняющие вопросы с целью повышения глубины знаний по рассматриваемой теме. Вопросы необходимо построить таким образом, чтобы их содержание отражало наиболее значимые теоретические и практические результаты, получаемые в результате выполнения лабораторной работы. В конце занятия преподаватель должен ответить на вопросы студентов, обозначить наиболее важные выводы по тематике

проводимого занятия.

После каждого лекционного, практического и лабораторного занятия необходимо сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине.

В результате освоения дисциплины студенты сдают экзамен.

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 13.03.02. Электроэнергетика и электротехника.

Рабочую программу составил доцент Костин Д.А.

Рецензент: профессор Разуваев А.В.

Программа одобрена на заседании УМКН 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Председатель учебно-методической комиссии профессор Кобзев Р.А.