

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Мурманский арктический государственный университет»
в г. Апатиты

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ОД.11 Переходные процессы и перенапряжения

(название дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)

основной профессиональной образовательной программы
по направлению подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
направленность (профиль) «Высоковольтные электроэнергетика и
электротехника»

(код и наименование направления подготовки
с указанием направленности (профиля) (наименования магистерской программы))

высшее образование – бакалавриат

уровень профессионального образования: высшее образование – бакалавриат / высшее образование –
специалитет, магистратура / высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

бакалавр

квалификация

очная

форма обучения

2018

год набора

Составитель:

Кириллов И.Е., к.т.н., доцент кафедры
физики, биологии и инженерных
технологий

Утверждено на заседании кафедры физики,
биологии и инженерных технологий
(протокол № 8 от 15 июня 2018 г.)

Зав. кафедрой



подпись

Николаев В.Г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) – Цели дисциплины состоят:

- в освоении студентами современных аналитических и численных методов и алгоритмов расчета нестационарных процессов в сложных схемах замещения высоковольтных устройств с сосредоточенными и распределенными параметрами, зависящими от напряжения, тока, частоты и времени;

- в овладение методами исследований атмосферных и внутренних перенапряжений в электрических системах, основами теории расчетов и анализа физических процессов в электроэнергетических установках в переходных режимах, а также методами координации их изоляции и условий функционирования.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

знать:

- основы физики электромагнитных и электромеханических переходных процессов в синхронных и асинхронных машинах, узлах комплексной нагрузки и электроэнергетической системе в целом;

- методы анализа статической и динамической устойчивости электроэнергетических систем, а также основные мероприятия по обеспечению статической, динамической и результирующей устойчивости систем;

- общие закономерности развития внутренних перенапряжений на объектах электроэнергетики высокого и сверхвысокого напряжения в зависимости от режима заземления нейтрали;

- нормативные требования и предписания, а также уметь применять на стадии проектирования и эксплуатации различные методы и средства защиты от внутренних перенапряжений;

уметь:

- составлять расчетные схемы и соответствующие схемы замещения по отношению к токам прямой, обратной и нулевой последовательностей и определять параметры различных элементов этих схем разными методами;

владеть:

- навыками расчетов переходных процессов при трехфазных и несимметричных коротких замыканиях, а также при обрывах фаз;

- общими методами анализа переходных и установившихся процессов, возникающих при развитии внутренних перенапряжений;

навыками решения задачи координации изоляции по условию воздействия внутренних перенапряжений с учетом атмосферных перенапряжений и длительно воздействующих рабочих напряжений.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

- способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2);

- способностью обрабатывать результаты экспериментов (ПК-2).

3. УКАЗАНИЕ МЕСТА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.

Данная дисциплина является обязательной.

Теоретическую и методологическую основу дисциплины «Переходные процессы и перенапряжения» составляет ряд дисциплин:

- высшая математика (векторная алгебра, комплексные числа, дифференциальные и операционные исчисления и др.);
- физика (законы электричества и электромагнетизма);
- теоретические основы электротехники (основные законы электротехники, теория цепей, переходные процессы в цепях с сосредоточенными и распределенными параметрами);
- электротехническое и конструкционное материаловедение (свойства электротехнических материалов);
- электрические машины (принципы действия электрических машин, трансформаторы, синхронные и асинхронные машины);

На данной дисциплине базируются изучаемые в дальнейшем:

- электроэнергетические системы и сети (параметры схемы замещения воздушных и кабельных линий электропередачи, трансформаторов различного исполнения, методы расчёта рабочих режимов);
- электрические станции и подстанции (выбор основного оборудования);
- релейная защита и автоматизация ЭЭС (выбор защит от вида КЗ);
- молниезащита;
- диагностика изоляции.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

(из расчета 1 ЗЕТ= 36 часов).

Курс	Семестр	Трудоемкость в ЗЕТ	Общая трудоемкость (час.)	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	Кол-во часов на СРС	Курсовые работы	Кол-во часов на контроль	Форма контроля
				ЛК	ПР	ЛБ						
3	6	4	144	34	34	-	68	-	40		36	Экзамен
Итого:		4	144	34	34	-	68	-	40	-	36	Экзамен

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ.

№ п/п	Наименование раздела, темы	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	Кол-во часов на СРС
		ЛК	ПР	ЛБ			
1.	Общая характеристика и классификация перенапряжений.	2	2	-	4	-	2
2.	Решение системы дифференциальных уравнений электрических цепей через матричную экспоненту.	2	2	-	4	-	2
3.	Расчет переходных процессов с учетом частотных зависимостей параметров схем замещения высоковольтных устройств.	2	2	-	4	-	2
4.	Частотные характеристики типовых внешних напряжений в узлах схем замещения.	2	2	-	4	-	2
5.	Решение уравнений многопроводной линии с частотнозависимыми потерями.	2	2	-	4	-	2
6.	Режимы заземления нейтрали энергосистем.	2	2	-	4	-	2
7.	Дуговые перенапряжения.	2	2	-	4	-	2
8.	Коммутационные перенапряжения в сети с заземлением нейтрали через дугогасящий реактор.	2	2	-	4	-	2
9.	Коммутационные перенапряжения.	2	2	-	4	-	2
10.	Резонансные перенапряжения.	2	2	-	4	-	2
11.	Резонансные перенапряжения и защита от них.	2	2	-	4	-	4
12.	Резонансные перенапряжения в неполнофазных режимах.	2	2	-	4	-	4
13.	Самовозбуждение генераторов .	2	2	-	4	-	4
14.	Коммутационные перенапряжения при АПВ и отключениях шунтирующих реакторов, нештатных режимов (асинхронный режим).	2	2	-	4	-	2
15.	Феррорезонансные перенапряжения.	2	2	-	4	-	2
16.	Феррорезонансные перенапряжения при последовательно-параллельном включении нелинейной индуктивности трансформаторов и емкости сети.	2	2	-	4	-	2
17.	Координация изоляции.	2	2	-	4	-	2
	Итого:	34	34	-	68	-	40

	Экзамен					36
--	---------	--	--	--	--	----

Содержание разделов дисциплины

№ тем ы	Содержание темы
1.	Общая характеристика и классификация перенапряжений. Переходные процессы в электрических цепях. Матричная запись дифференциальных уравнений. Собственные значения (СЗ) и собственные векторы (СВ) матриц.
2.	Решение системы дифференциальных уравнений электрических цепей через матричную экспоненту. Преобразование подобия. Приведение вещественных матриц общего вида для схем без потерь к симметричным матрицам.
3.	Расчет переходных процессов с учетом частотных зависимостей параметров схем замещения высоковольтных устройств. Интегральные преобразования Фурье по Карсону и Лапласу. Решение систем дифференциальных уравнений с помощью интегрального преобразования Фурье.
4.	Частотные характеристики типовых внешних напряжений в узлах схем замещения. Многорезонансные передаточные функции сложных схем. Аналитические и численные этапы решения при заданной форме внешних воздействий в многоузловых схемах. Применение преобразования Лапласа к уравнениям в частных производных.
5.	Решение уравнений многопроводной линии с частотнозависимыми потерями. Волновые каналы многопроводной линии.
6.	Режимы заземления нейтрали энергосистем. Повышение напряжения в несимметричных режимах. Частичное разземление нейтрали. Расчеты токов замыкания в сети с заземленной и изолированной нейтралью.
7.	Дуговые перенапряжения. Гипотезы развития дуговых перенапряжений. Моделирование и методы исследования дуговых перенапряжений. Дуговые перенапряжения в сети с заземлением нейтрали через дугогасящий реактор. Методы ограничения дуговых перенапряжений.
8.	Коммутационные перенапряжения в сети с заземлением нейтрали через дугогасящий реактор. Перенапряжения при обрыве тока в реакторе при ликвидации замыканий на землю. Методы расчетов. Требования к размещению дугогасящих реакторов.
9.	Коммутационные перенапряжения. Виды, характеристики и особенности формирования. Коммутации ненагруженных трансформаторов. Преобразование энергий. Учет характеристик коммутационных аппаратов. Методы оценки перенапряжений. Ограничение перенапряжений. Коммутации ненагруженных ЛЭП. Методы моделирования и оценки характеристик перенапряжений. Мероприятия, ограничивающие уровни перенапряжений.
10.	Резонансные перенапряжения. Эффект Ферранти. Методы расчетов. Анализ факторов, влияющих на уровень перенапряжений. Методы ограничения перенапряжений при проявлении емкостного эффекта.
11.	Резонансные перенапряжения и защита от них, резонансное смещение нейтрали, емкостной эффект в симметричных режимах линий электропередачи (двухстороннее питание электропередачи)
12.	Резонансные перенапряжения в неполнофазных режимах блочных электропередач. Резонансные перенапряжения в несимметричных режимах. Мероприятия по подавлению нечетных гармоник.
13.	Самовозбуждение генераторов, работающих на емкостную нагрузку; перенапряжения в переходных режимах при коммутациях, плановых и аварийных,

	разрыв передачи вследствие асинхронного хода.
14.	Коммутационные перенапряжения при АПВ и отключениях шунтирующих реакторов, нештатных режимов (асинхронный режим). Статистические характеристики коммутационных перенапряжений. Факторы, влияющие на кратность перенапряжений. Высокочастотные перенапряжения при коммутациях ненагруженных шин. Условия формирования, методы оценки и ограничений. Организационные мероприятия.
15.	Феррорезонансные перенапряжения. Физика возбуждения. Феррорезонансные явления при последовательном соединении нелинейной индуктивности трансформаторов и емкости сети.
16.	Феррорезонансные перенапряжения при последовательно-параллельном включении нелинейной индуктивности трансформаторов и емкости сети. Перенапряжения при отключениях шин с трансформаторами напряжения. Методы ограничения феррорезонансных перенапряжений
17.	Координация изоляции. Задачи координации изоляции. Критерии выбора изоляции ЛЭП. Характеристики защитных аппаратов. Координация изоляции электрооборудования подстанций.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

а) основная литература:

1. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины: в 2-х томах. - М.: МЭИ, 2006 (12 экз)
2. Бочаров Ю. Н. Техника высоких напряжений: учебное пособие - Издательство Политехнического университета, 2013, 265 с. - [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=363032

б) дополнительная литература:

1. Цапенко Е. Ф. Перенапряжения в системах электроснабжения: учебное пособие - Издательство Московского государственного горного университета, 2008, 63 с. - [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=100035
2. Юриков П. А. Перенапряжения и электрическая прочность высоковольтной изоляции - Энергия, 1964, 72 с. - [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=118034
3. Гуревич В. И. Защита оборудования подстанций от электромагнитного импульса: учебно-практическое пособие Инфра-Инженерия, 2016, 299 с. - [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=444165
4. Чеботаев Н. И. Электрификация горного производства: учебное пособие для вузов - Горная книга, 2010, 136 с. - [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=100039

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В образовательном процессе используются:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мебель

аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), комплект мультимедийного оборудования, включающий мультимедиапроектор, экран, переносной ноутбук для демонстрации презентаций; учебно-наглядные пособия; обеспечивающие тематические иллюстрации);

- помещения для самостоятельной работы (оснащены компьютерными столами, стульями, доской аудиторной, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета);

- помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (оснащены наборами инструментов, оборудованием, расходными материалами для монтажа, ремонта и обслуживания информационно-телекоммуникационной сети филиала и вычислительной техники);

- лаборатория информационных технологий (оснащена компьютерными столами, стульями, мультимедийным проектором, экраном проекционным, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета).

7.1 ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

1. Microsoft Windows.
2. Microsoft Office / LibreOffice.

7.2 ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ

ЭБС «Издательство Лань»[Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Издательство Лань». – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>;

ЭБС «Электронная библиотечная система ЮРАЙТ» [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/>;

ЭБС «Университетская библиотека онлайн»[Электронный ресурс]: электронно-периодическое издание; программный комплекс для организации онлайн-доступа к лицензионным материалам / ООО «НексМедиа». – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/>.

7.3 СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ

1. Электронная база данных Scopus.

7.4 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

1. Справочно-правовая информационная система Консультант Плюс <http://www.consultant.ru/>

2. Электронный справочник "Информιο" для высших учебных заведений <http://www.informio.ru/>

8. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И МАТЕРИАЛЫ НА УСМОТРЕНИЕ ВЕДУЩЕЙ КАФЕДРЫ

Не предусмотрено.

9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ

Для обеспечения образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализация дисциплины может осуществляться в адаптированном виде, с учетом специфики освоения и дидактических требований, исходя из индивидуальных возможностей и по личному заявлению обучающегося.