

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроматериаловедение, физика и техника электрической изоляции, кабелей и электроконденсаторостроения

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННАЯ ТЕХНИКА

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 4; 2 семестр - 3; всего - 7
Часов (всего) по учебному плану:	252 часа
Лекции	1 семестр - 32 часа; 2 семестр - 32 часа; всего - 64 часа
Практические занятия	1 семестр - 16 часов; 2 семестр - 16 часов; всего - 32 часа
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	1 семестр - 16 часов; 2 семестр - 2 часа; всего - 18 часов
Самостоятельная работа	1 семестр - 75,4 часа; 2 семестр - 57,5 часа; всего - 132,9 часа
в том числе на КП/КР	1 семестр - 7,4 часов;
Иная контактная работа	1 семестр - 4 часа;
включая: Тестирование Контрольная работа Проверочная работа Домашнее задание Реферат Расчетное задание	
Промежуточная аттестация:	
Защита курсовой работы	1 семестр - 0,3 часа;
Зачет с оценкой	1 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,1 часа

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Серебрянников С.В.
	Идентификатор	Rb6c649b4-SerebriannikSV-50420d

С.В.
Серебрянников

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Леонов В.М.
	Идентификатор	Rae2e323d-LeonovVM-ccc02b9b

В.М. Леонов

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

А.З. Славинский

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Формирование знаний о принципах и особенностях конструирования и эксплуатации систем электрической изоляции и электроизоляционных изделий и умений применения знаний

Задачи дисциплины

- изучение различных видов электроизоляционных изделий и систем электрической изоляции;
- изучение основных технологических приемов изготовления систем электрической изоляции;
- освоение теоретических и практических основ разработки и изготовления электрической изоляции;
- освоение основных методов электрического, теплового и механического расчета электроизоляционных изделий и систем электрической изоляции.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен проводить исследования материалов и изделий электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники	ИД-1 _{ПК-1} Способен проводить исследования материалов и изделий электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники	знать: - 1. основные этапы расчетов высоковольтных электроизоляционных изделий. уметь: - 5. проводить электрические и тепловые расчёты основных видов электроизоляционных изделий.
ПК-1 Способен проводить исследования материалов и изделий электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники	ИД-2 _{ПК-1} Проводит исследования характеристик изделий электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники	знать: - 5. основные виды электроизоляционных изделий, систем электрической изоляции и основные методы их расчета. уметь: - 3. выбирать серийные и проектировать новые электроизоляционные изделия и системы изоляции.
ПК-4 Способен участвовать в проектной деятельности по созданию и модернизации изделий электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники	ИД-1 _{ПК-4} Демонстрирует знания методик проектирования изделий электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники	знать: - 2. классификацию и виды электрических изоляторов. уметь: - 2. самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в области проектирования и технологий производства изделий электроизоляционной техники.
ПК-4 Способен участвовать в проектной	ИД-2 _{ПК-4} Демонстрирует понимание взаимосвязи	знать: - 3. современные технологические

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
деятельности по созданию и модернизации изделий электроизоляционной , кабельной и конденсаторной техники	задач проектирования и эксплуатации изделий электроизоляционной , кабельной и конденсаторной техники	приемы при изготовлении материалов и изделий электроизоляционной и кабельной техники; - 4. особенности эксплуатационных воздействий на электрическую изоляцию, применение различных материалов и конструкций в конкретных условиях эксплуатации. уметь: - 1. использовать теоретические положения для электрических и тепловых расчетов изделий электроизоляционной техники; - 4. принимать нестандартные решения при решении задач выбора материалов для изготовления изоляции и оценивать качество полученных решений.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электроматериаловедение, физика и техника электрической изоляции, кабелей и электроконденсаторостроения (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные методы расчета электрических полей
- знать диэлектрические и проводниковые материалы и физико-химические явления при их производстве и эксплуатации
- знать основы механических и тепловых расчетов в материаловедении
- уметь решать уравнения математической физики
- уметь использовать характеристики надежности изделий

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.Условия эксплуатации электроизоляционных конструкций и систем электрической изоляции	7	1	2	-	1	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], параграфы 3.2 - 3.5 [4], параграфы 3.2 - 3.5
1.1	1. Условия эксплуатации электрической изоляции в различных конструкциях	7		2	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
2	2. Внутренняя и внешняя изоляция. Классификация по исполнению и размещению	8		3	-	1	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Внутренняя и внешняя изоляция. Классификация по исполнению и размещению и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], параграф 2.2. [4], параграф 2.2
2.1	2. Внешняя изоляция. Виды внутренней изоляции	8		3	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
3	3. Методы электрического расчета конструкций. Изоляция конденсаторного типа	8		3	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
3.1	3. Исходные данные и основная задача расчета	8		3	-	1	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы электрического расчета конструкций. Изоляция конденсаторного типа"

	электроизоляционных конструкций, методы расчета													<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 3-103 [4], параграфы 4.4, 5.5, 5.1 [5], параграфы 2.6, 2.9, 4.1. 4.5
4	4. Расчет электрических полей	7		3	-	1	-	-	-	-	-	3	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Расчет электрических полей" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 3-103 [2], параграфы 4.4, 5.5, 5.1 [5], параграф 4.4
4.1	4. Уравнения Лапласа и Пуассона. Обзор методов расчета электрических полей. Метод конформных преобразований.	7		3	-	1	-	-	-	-	-	3	-	
5	5. Высоковольтные изоляторы. Материалы в изоляторной технике	20		4	-	4	-	-	-	-	-	12	-	
5.1	5. Классификация изоляторов, назначение и условия эксплуатации, материалы для изготовления изоляторов	5		1	-	1	-	-	-	-	-	3	-	
5.2	6. Опорные, проходные и линейные изоляторы	5		1	-	1	-	-	-	-	-	3	-	
5.3	7. Изоляторы для работы на АЭС. Применение пластмасс в	5		1	-	1	-	-	-	-	-	3	-	

	изоляторостроении.												
5.4	8. Нелинейные ограничители перенапряжений	5		1	-	1	-	-	-	-	-	3	-
6	6. Высоковольтные вводы	51		11	-	5	-	-	-	-	-	35	-
6.1	9. Назначение, классификация, условия эксплуатации, элементы конструкции	9		3	-	2	-	-	-	-	-	4	-
6.2	10. Внутренняя и внешняя изоляция	8		3	-	1	-	-	-	-	-	4	-
6.3	11. Электрический расчет внутренней и внешней изоляции	25		2	-	1	-	-	-	-	-	22	-
6.4	12. Тепловой расчет ввода	9		3	-	1	-	-	-	-	-	5	-
7	7. Изоляция высоковольтных трансформаторов	15		6	-	3	-	-	-	-	-	6	-
7.1	13. Система изоляции трансформаторов, условия эксплуатации изоляции, материалы и конструкция	5		2	-	1	-	-	-	-	-	2	-
7.2	14. Электрический расчет изоляции трансформаторов	5		2	-	1	-	-	-	-	-	2	-
7.3	15. Расчет индекса технического состояния	5		2	-	1	-	-	-	-	-	2	-
	Зачет с оценкой	0.3		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-
	Курсовая работа (КР)	27.7		-	-	-	16	-	4	-	0.3	7.4	-
	Всего за семестр	144.0		32	-	16	16	-	4	-	0.6	75.4	-
	Итого за семестр	144.0		32	-	16	16	16	4	0.6	0.6	75.4	
8	8. Системы изоляции электрических машин	20	2	9	-	4	-	-	-	-	-	7	-

Подготовка курсовой работы: Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: Провести электрический и тепловой расчете высоковольтного ввода для трансформаторов. Номинальное напряжение 220 кВ. Номинальный ток 2000 А. Внутренняя бумажно-пропитанная изоляция. Фарфоровые покрышки.

Изучение материалов литературных источников:
[11], 125-176

Самостоятельное изучение теоретического материала: Изучение дополнительного материала по разделу "Изоляция высоковольтных трансформаторов"

Изучение материалов литературных источников:
[2], параграфы 10.1 - 10.4
[3], параграф 2.7
[4], параграфы 10.1 - 10.4

Подготовка к текущему контролю:
Повторение материала по разделу "Системы

8.1	16. Классификация элементов изоляции, типы изоляции, условия эксплуатации	6		3	-	1	-	-	-	-	-	2	-	изоляция электрических машин" <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Системы изоляции электрических машин" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [6], Глава 4 [7], Главы 1, 2, 4
8.2	17. Материалы, входящие в систему изоляции машин высокого напряжения.	7		3	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
8.3	18. Виды изоляции от корпуса	7		3	-	1	-	-	-	-	-	3	-	
9	9. Классификация, основные характеристики и условия работы конденсаторов.	9		4	-	2	-	-	-	-	-	3	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Классификация, основные характеристики и условия работы конденсаторов." <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Классификация, основные характеристики и условия работы конденсаторов." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [8], раздел 1
9.1	19. Основные сведения о конденсаторах	9		4	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
10	10. Конденсаторы с твердым диэлектриком	27		12	-	6	-	-	-	-	-	9	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Решение задачи по расчету диэлектрических параметров комбинированного диэлектрика <u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходим провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском
10.1	20. Исходные данные и этапы расчета конденсаторов.	6		3	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
10.2	21. Слюдяные конденсаторы	7		3	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
10.3	22. Керамические конденсаторы.	6		3	-	1	-	-	-	-	-	2	-	

10.4	23. Конденсаторы с твердой органической изоляцией. Бумажно-пропитанные и бумажно-пленочно-пропитанные конденсаторы.	8		3	-	2	-	-	-	-	-	3	-	занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: - Фильтровые конденсаторы; - Образцовые конденсаторы; - Косинусные конденсаторы; - Импульсные конденсаторы и др. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], параграф 13.3 [5], параграфы 7.2 - 7.3 [9], Главы 1 - 2, 4 [10], Главы 11А, 11Б, 12А, параграф 86
11	11. Особенности конденсаторов для электротермии.	8		4	-	2	-	-	-	-	-	2	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Особенности конденсаторов для электротермии."
11.1	24. Конденсаторы для электротермических установок.	8		4	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
12	12. Газовые и жидкостные конденсаторы.	8		3	-	2	-	-	-	-	-	3	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Газовые и жидкостные конденсаторы." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [5], параграф 7 4. [10], параграфы 56 - 60
12.1	25. Конденсаторы с жидким и газообразным диэлектриком.	8		3	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	108.0		32	-	16	-	2	-	-	0.5	24	33.5	
	Итого за семестр	108.0		32	-	16	2		-		0.5	57.5		
	ИТОГО	252.0	-	64	-	32	18		4		1.1	132.9		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. 1. Условия эксплуатации электроизоляционных конструкций и систем электрической изоляции

1.1. 1. Условия эксплуатации электрической изоляции в различных конструкциях

Виды нагрузок, действующих на изоляцию (постоянные, переменные, случайные). Электрические нагрузки и классы напряжения. Влияние температуры на работу изоляции. Внутренние и внешние механические воздействия. Влажность, химически активные вещества, живые организмы, излучения и др..

2. 2. Внутренняя и внешняя изоляция. Классификация по исполнению и размещению

2.1. 2. Внешняя изоляция. Виды внутренней изоляции

Бумажно-пропитанная, масло-барьерная. пластмассовая, керамическая, газовая изоляция. Изоляция на основе слюды. Нефтяные и синтетические жидкости, картоны, слюды, поливинилхлорид, полиэтилен, полипропилен, электрофарфор, элегаз, азот, сжатый воздух и др. Стандартизация в области классификации электротехнических конструкций, унификация условий эксплуатации, категории размещения конструкций.

3. 3. Методы электрического расчета конструкций. Изоляция конденсаторного типа

3.1. 3. Исходные данные и основная задача расчета электроизоляционных конструкций, методы расчета

Общая схема электрических явлений, приводящих к потере конструкцией изоляционных свойств, расчет по испытательному напряжению, номинальному напряжению и заданному сроку службы. Гипотеза А.Ф.Иоффе..

4. 4. Расчет электрических полей

4.1. 4. Уравнения Лапласа и Пуассона. Обзор методов расчета электрических полей. Метод конформных преобразований.

Уравнения для анализа электростатических полей, аналитические и численные методы, пакеты прикладных программ. Интеграл Кристоффеля-Шварца и его применение в конформных преобразованиях. отображения различных электрических полей. Конденсатор В.Роговского.

5. 5. Высоковольтные изоляторы. Материалы в изоляторной технике

5.1. 5. Классификация изоляторов, назначение и условия эксплуатации, материалы для изготовления изоляторов

Классификация по применению изоляторов для наружной, внутренней и наружно-внутренней установки. Электрический фарфор, стекло, металлы для арматуры изоляторов. Вспомогательные материалы..

5.2. 6. Опорные, проходные и линейные изоляторы

Изоляторы с различной заделкой арматуры для внутренней и наружной установки, влияние арматуры на разрядные характеристики изоляторов. Конструкция и расчет габаритных размеров изоляторов. Штыревые, тарельчатые и стержневые изоляторы. Конструкции силовых узлов..

5.3. 7. Изоляторы для работы на АЭС. Применение пластмасс в изоляторостроении.

Конструкция проходных изоляторов для атомных электростанций. Пеналы полной заводской готовности.. Компоненты для композиционных изоляторов. Применяемые материалы. расчет основных параметров изоляторов. Применение полимеров для армирования изоляторов..

5.4. 8. Нелинейные ограничители перенапряжений

Вентильные разрядники, варисторы и их основные характеристики. Конструкция ОПНВ и принцип действия. Противовзрывные устройства. Условные обозначения..

6. 6. Высоковольтные вводы

6.1. 9. Назначение, классификация, условия эксплуатации, элементы конструкции

Области применения вводов, рабочие напряжения и токи. Наружная и наружно-внутренняя установка. Конструкция вводов различного назначения (трансформаторные, реакторные, линейные).

6.2. 10. Внутренняя и внешняя изоляция

Применяемые материалы. Конденсаторный тип внутренней изоляции. OIP, RBP, RIP и RIN изоляция. Изоляция в виде покрышек..

6.3. 11. Электрический расчет внутренней и внешней изоляции

Расчет числа конденсаторов во внутренней изоляции, длин уступов, радиальных размеров. Расчет распределения аксиальной и радиальной напряженности электрического поля во внутренней изоляции. Расчет длин покрышек вводов. Проверка размеров внешней изоляции по разрядным напряжениям..

6.4. 12. Тепловой расчет ввода

Расчет при номинальном напряжении. Расчет напряжения теплового пробоя.

7. 7. Изоляция высоковольтных трансформаторов

7.1. 13. Система изоляции трансформаторов, условия эксплуатации изоляции, материалы и конструкция

Элементы системы изоляции трансформаторов, применяемые материалы. Обмоточные провода. Конструкция изоляции трансформаторов на 35 кВ и выше. Главная и продольная изоляция, барьеры. Изоляционные жидкости..

7.2. 14. Электрический расчет изоляции трансформаторов

Методика расчета главной и продольной изоляции, изоляции отводов от катушек. распределение напряжения вдоль обмотки трансформатора..

7.3. 15. Расчет индекса технического состояния

Методика расчета индекса технического состояния изделий электротехники и энергетики. Пример расчета индекса технического состояния функционального узла трансформатора..

8. 8. Системы изоляции электрических машин

8.1. 16. Классификация элементов изоляции, типы изоляции, условия эксплуатации

Классификация составляющих электрической изоляции электрических машин высокого и низкого напряжения. Гильзовая и непрерывная изоляция. Условия эксплуатации и воздействия на изоляцию при изготовлении и работе электрической машины..

8.2. 17. Материалы, входящие в систему изоляции машин высокого напряжения.

Проводниковая изоляция и ее электрическая прочность. Пропиточные составы. Компоненты пазовой изоляции..

8.3. 18. Виды изоляции от корпуса

Микалентно-компаундированная изоляция. Термореактивная изоляция, ее свойства. Виды термореактивной изоляции.

9. 9. Классификация, основные характеристики и условия работы конденсаторов.

9.1. 19. Основные сведения о конденсаторах

Назначение различных конденсаторов, Классификация по виду диэлектрика и роду напряжения. Номинальные параметры. Обозначения конденсаторов и условия эксплуатации..

10. 10. Конденсаторы с твердым диэлектриком

10.1. 20. Исходные данные и этапы расчета конденсаторов.

Виды конденсаторов с твердым диэлектриком. исходные данные для проектирования конденсаторов. Выбор изоляционного материала и рабочей напряженности. Расчет толщины изоляции, размеров и числа секций. Компонировка и защита от атмосферных воздействий. Основы теплового расчета и расчета срока службы..

10.2. 21. Слюдяные конденсаторы

Слюды мусковит и флогопит, их основные свойства и технология получения пластин для конденсаторов. Искусственные слюды. Электрический расчет конденсаторов, на постоянном напряжении. Тепловой расчет слюдяного конденсатора, работающего на высокой частоте..

10.3. 22. Керамические конденсаторы.

Низкочастотные и высокочастотные керамические материалы. Классификация керамических материалов. Электрический расчет основных размеров. закраины в керамических конденсаторах. Упрощенный тепловой расчет..

10.4. 23. Конденсаторы с твердой органической изоляцией. Бумажно-пропитанные и бумажно-плёночно-пропитанные конденсаторы.

Пленочные материалы (полярные и неполярные). Свойства конденсаторных пленок. Обкладки секций (фольговые обкладки, металлизация, расположение). Секции конденсаторов. Электрический расчет непропитанных конденсаторов. Компонировка. Тепловой расчет и расчет срока службы пленочных конденсаторов. Свойства целлюлозы, структура и переработка в бумаги. Виды конденсаторных бумаг. Пропитывающие составы (полярные, неполярные, жидкие, твердые, полужидкие). Комбинированные диэлектрики конденсаторов. Обкладки и выводы от секций. Проходные изоляторы герметичных конструкций. Электрический расчет конденсаторов с комбинированным диэлектриком. Тепловой расчет. Тепловые свойства и характеристики конденсаторов..

11. 11. Особенности конденсаторов для электротермии.

11.1. 24. Конденсаторы для электротермических установок.

Рабочие частоты и напряженности электрического поля в конденсаторах. Дополнительные элементы конструкции. Устройство водяного охлаждения. Тепловой расчет конденсаторов с водяным охлаждением. Определение места и температуры в наиболее нагретой части секции..

12. 12. Газовые и жидкостные конденсаторы.

12.1. 25. Конденсаторы с жидким и газообразным диэлектриком.

Виды газов, применяемых в качестве диэлектрической среды. Конденсаторы с газообразным диэлектриком и их применение. Самовосстановление. Конструкция газонаполненных конденсаторов. основные этапы электрического расчета. Конденсаторы с жидким диэлектриком для импульсных накопителей энергии. Жидкости и их свойства. Конструкция конденсаторов..

3.3. Темы практических занятий

1. Конструирование и расчёт слюдяных конденсаторов;
2. Расчет диэлектрических параметров свойств композиционного диэлектрика;
3. Электрический и тепловой расчет конденсатора с пленочным диэлектриком;
4. Анализ влияния внешних факторов на электрическую изоляцию и составление математических описаний (моделей) воздействий;
5. Этапы расчета конденсаторов, расчет срока службы;
6. Керамические конденсаторы. расчет основных размеров бочоночного конденсатора.;
7. Технология сборки и элементы конструкции высоковольтного ввода (выездное занятие - экскурсия на завод "Изолятор" - 4 часа);
8. Расчет электрического поля в системе электродов прямой угол - плоскость и бесконечная плоскость - конечная плоскость;
9. расчет электрического поля в конденсаторе В.Роговского;
10. Электрический и механический расчет опорного изолятора;
11. Электрический расчет проходных изоляторов трансформатора;
12. Элементы системы изоляции электрических машин МКИ и ТРИ;
13. основные элементы конструкции силовых конденсаторов, их габаритные размеры, масса, способы обозначения, классификация;
14. Расчет механических характеристик эксплуатируемой изоляции;
15. Тепловой расчет конденсатора для электротермических установок.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Высоковольтные вводы"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Условия эксплуатации электроизоляционных конструкций и систем электрической изоляции"

2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Внутренняя и внешняя изоляция. Классификация по исполнению и размещению"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы электрического расчета конструкций. Изоляция конденсаторного типа"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Высоковольтные изоляторы. Материалы в изоляторной технике"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Изоляция высоковольтных трансформаторов"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Системы изоляции электрических машин"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Классификация, основные характеристики и условия работы конденсаторов."
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Конденсаторы с твердым диэлектриком"
9. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Особенности конденсаторов для электротермии."
10. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Газовые и жидкостные конденсаторы."

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Высоковольтные вводы"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Внутренняя и внешняя изоляция. Классификация по исполнению и размещению"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Методы электрического расчета конструкций. Изоляция конденсаторного типа"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Расчет электрических полей"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Системы изоляции электрических машин"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Классификация, основные характеристики и условия работы конденсаторов."
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Конденсаторы с твердым диэлектриком"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Газовые и жидкостные конденсаторы."

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

1 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Высоковольтные вводы и их расчет

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 7	8 - 10	11 - 13	14 - 16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	5	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	10	35	10	35	10	-
Выполненный объем	10	45	55	90	100	-

нарастающим итогом, %						
--------------------------	--	--	--	--	--	--

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	1 Выбор материала внутренней изоляции и расчет токопроводящего элемента
2	2 Расчет внутренней изоляции и промежуточных обкладок. Расчет радиальной и аксиальной составляющих напряженности электрического поля во внутренней изоляции
3	3 Расчет длин верхней и нижней крышки или наружной изоляции ввода
4	4 Расчет распределения температур по толщине ввода и пробивного напряжения при тепловом пробое
5	5 Описание конструкции, технологии сборки и применения ввода

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)												Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Знать:														
1. основные этапы расчетов высоковольтных электроизоляционных изделий	ИД-1ПК-1	+	+	+	+									Тестирование/Км-1. эксплуатационные воздействия на электрическую изоляцию
5. основные виды электроизоляционных изделий, систем электрической изоляции и основные методы их расчета	ИД-2ПК-1					+								Контрольная работа/Км-2. Внешняя и внутренняя изоляция. Расчёт электроизоляционных конструкций
2. классификацию и виды электрических изоляторов	ИД-1ПК-4						+							Тестирование/КМ-3. Высоковольтные изоляторы. Материалы в изоляторной технике
4. особенности эксплуатационных воздействий на электрическую изоляцию, применение различных материалов и конструкций в конкретных условиях эксплуатации	ИД-2ПК-4								+					Тестирование/КМ-5. Качество изоляции электрических машин
3. современные технологические приемы при изготовлении материалов и изделий электроизоляционной и кабельной техники	ИД-2ПК-4							+						Проверочная работа/КМ-4. Высоковольтные трансформаторы.
Уметь:														
5. проводить электрические и тепловые расчёты основных видов электроизоляционных изделий	ИД-1ПК-1								+					Тестирование/КМ-6. Основные характеристики и условия эксплуатации конденсаторов
3. выбирать серийные и проектировать новые электроизоляционные изделия и	ИД-2ПК-1									+	+			Домашнее задание/КМ-7. Серийные конденсаторы и

системы изоляции														конденсаторные установки
2. самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в области проектирования и технологий производства изделий электроизоляционной техники	ИД-1 _{ПК-4}										+			Тестирование/КМ-8. Бумажно-пропитанные и бумажно-плёночно-пропитанные конденсаторы
1. использовать теоретические положения для электрических и тепловых расчетов изделий электроизоляционной техники	ИД-2 _{ПК-4}										+			Реферат/КМ-9. Конденсаторы различного функционального назначения
4. принимать нестандартные решения при решении задач выбора материалов для изготовления изоляции и оценивать качество полученных решений	ИД-2 _{ПК-4}											+	+	Расчетное задание/КМ-10. Характеристики композиционного конденсаторного диэлектрика

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1. эксплуатационные воздействия на электрическую изоляцию (Тестирование)
2. КМ-2. Внешняя и внутренняя изоляция. Расчёт электроизоляционных конструкций (Контрольная работа)
3. КМ-3. Высоковольтные изоляторы. Материалы в изоляторной технике (Тестирование)
4. КМ-4. Высоковольтные трансформаторы. (Проверочная работа)

2 семестр

Форма реализации: Выполнение задания

1. КМ-7. Серийные конденсаторы и конденсаторные установки (Домашнее задание)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-10. Характеристики композиционного конденсаторного диэлектрика (Расчетное задание)
2. КМ-5. Качество изоляции электрических машин (Тестирование)
3. КМ-6. Основные характеристики и условия эксплуатации конденсаторов (Тестирование)
4. КМ-8. Бумажно-пропитанные и бумажно-плёночно-пропитанные конденсаторы (Тестирование)

Форма реализации: Смешанная форма

1. КМ-9. Конденсаторы различного функционального назначения (Реферат)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Курсовая работа (КР) (Семестр №1)

Итоговая оценка по курсу выставляется после сдачи всех контрольных мероприятий и курсовой работы.

Зачет с оценкой (Семестр №1)

итоговая оценка выставляется после защиты курсовой работы

Экзамен (Семестр №2)

Итоговая оценка по курсу выставляется по двум составляющим: 1. Средняя оценка по контрольным мероприятиям семестра - 35% 2. Оценка на экзамене - 65%

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. А. И. Бабёр, Е. Т. Харевская- "Электрические измерения", Издательство: "РИПО", Минск, 2019 - (109 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=600608>;
2. Кучинский, Г. С. Силовые электрические конденсаторы / Г. С. Кучинский, Н. И. Назаров . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1992 . – 320 с. - ISBN 5-283-00612-3 .;
3. Серебряков, А. С. Трансформаторы : учебное пособие по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / А. С. Серебряков . – М. : Издательский дом МЭИ, 2014 . – 360 с. - ISBN 978-5-383-00871-3 .;
4. Кучинский, Г. С. Изоляция установок высокого напряжения : Учебник для вузов по специальности "Техника и электрофизика высоких напряжений" / Г. С. Кучинский, В. Е. Кизеветтер, Ю. С. Пинталь . – М. : Энергоатомиздат, 1987 . – 368 с.;
5. Дмитриевский, В. С. Расчет и конструирование электрической изоляции : Учебное пособие для вузов по специальности "Электроизоляционная и кабельная техника" / В. С. Дмитриевский . – М. : Энергоиздат, 1981 . – 392 с.;
6. Электроизоляционные материалы и системы изоляции для электрических машин: в 2 кн. : [посвящ. 80-летию юбилею ПАО "Электроизолит"] / ред. В. Г. Огоньков, С. В. Серебрянников . – 2-е изд, перераб. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2018 . - ISBN 978-5-383-01285-7 . Кн.1 : Электроизоляционные материалы и системы изоляции для электрических машин / Ю. М. Евтушенко, Г. А. Крушевский, В. И. Лебедев, [и др.] ; ред. В. Г. Огоньков, С. В. Серебрянников . – 2018 . – 287 с. - ISBN 978-5-383-01286-4 .;
7. Электроизоляционные материалы и системы изоляции для электрических машин. В 2-х книгах / ред. В. Г. Огоньков, С. В. Серебрянников . – М. : Издательский дом МЭИ, 2012 . - ISBN 978-5-383-00750-1 . Кн.2 : Электроизоляционные материалы и системы изоляции для электрических машин / В. Г. Огоньков, С. В. Серебрянников, В. Г. Сяков, [и др.] ; ред. В. Г. Огоньков, С. В. Серебрянников . – 2012 . – 304 с. - ISBN 978-5-383-00751-8 .
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=4267>;
8. Электрические конденсаторы и конденсаторные установки : Справочник / В. П. Берзан, и др. ; Ред. Г. С. Кучинский . – М. : Энергоатомиздат, 1987 . – 656 с.;
9. Ренне, В. Т. Пленочные конденсаторы с органическим синтетическим диэлектриком / В. Т. Ренне . – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Энергия, 1971 . – 240 с.;
10. Ренне, В. Т. Электрические конденсаторы / В. Т. Ренне . – 3-е изд., перераб. – Л. : Энергия, 1969 . – 592 с.;
11. Электрические изоляторы / Ред. Н. С. Костюков . – М. : Энергоатомиздат, 1984 . – 296 с..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. Windows Server / Серверная операционная система семейства Linux.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>

7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Журналы American Chemical Society - <https://www.acs.org/content/acs/en.html>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Помещения для самостоятельной работы	Е-316, Лаборатория каф. "ФТЭМК"	стол, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование специализированное, компьютер персональный, принтер
Помещения для консультирования	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-302/1, Склад "ФТЭМК"	стол

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Электроизоляционная техника

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Км-1. эксплуатационные воздействия на электрическую изоляцию (Тестирование)

КМ-2 Км-2. Внешняя и внутренняя изоляция. Расчёт электроизоляционных конструкций (Контрольная работа)

КМ-3 КМ-3. Высоковольтные изоляторы. Материалы в изоляторной технике (Тестирование)

КМ-4 КМ-4. Высоковольтные трансформаторы. (Проверочная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	1.Условия эксплуатации электроизоляционных конструкций и систем электрической изоляции					
1.1	1. Условия эксплуатации электрической изоляции в различных конструкциях		+			
2	2. Внутренняя и внешняя изоляция. Классификация по исполнению и размещению					
2.1	2. Внешняя изоляция. Виды внутренней изоляции		+			
3	3. Методы электрического расчета конструкций. Изоляция конденсаторного типа					
3.1	3. Исходные данные и основная задача расчета электроизоляционных конструкций, методы расчета		+			
4	4. Расчет электрических полей					
4.1	4. Уравнения Лапласа и Пуассона. Обзор методов расчета электрических полей. Метод конформных преобразований.		+			
5	5. Высоковольтные изоляторы. Материалы в изоляторной технике					
5.1	5. Классификация изоляторов, назначение и условия эксплуатации, материалы для изготовления изоляторов			+		
5.2	6. Опорные, проходные и линейные изоляторы			+		
5.3	7. Изоляторы для работы на АЭС. Применение пластмасс в изоляторостроении.			+		
5.4	8. Нелинейные ограничители перенапряжений			+		
6	6. Высоковольтные вводы					

6.1	9. Назначение, классификация, условия эксплуатации, элементы конструкции			+	
6.2	10. Внутренняя и внешняя изоляция			+	
6.3	11. Электрический расчет внутренней и внешней изоляции			+	
6.4	12. Тепловой расчет ввода			+	
7	7. Изоляция высоковольтных трансформаторов				
7.1	13. Система изоляции трансформаторов, условия эксплуатации изоляции, материалы и конструкция				+
7.2	14. Электрический расчет изоляции трансформаторов				+
7.3	15. Расчет индекса технического состояния				+
Вес КМ, %:		20	30	25	25

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-5 КМ-5. Качество изоляции электрических машин (Тестирование)
КМ-6 КМ-6. Основные характеристики и условия эксплуатации конденсаторов (Тестирование)
КМ-7 КМ-7. Серийные конденсаторы и конденсаторные установки (Домашнее задание)
КМ-8 КМ-8. Бумажно-пропитанные и бумажно-плёночно-пропитанные конденсаторы (Тестирование)
КМ-9 КМ-9. Конденсаторы различного функционального назначения (Реферат)
КМ-10 КМ-10. Характеристики композиционного конденсаторного диэлектрика (Расчётное задание)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10
		Неделя КМ:	4	6	8	10	12	15
1	8. Системы изоляции электрических машин							
1.1	16. Классификация элементов изоляции, типы изоляции, условия эксплуатации		+					
1.2	17. Материалы, входящие в систему изоляции машин высокого напряжения.		+					
1.3	18. Виды изоляции от корпуса			+				
2	9. Классификация, основные характеристики и условия работы конденсаторов.							
2.1	19. Основные сведения о конденсаторах				+			
3	10. Конденсаторы с твердым диэлектриком							

3.1	20. Исходные данные и этапы расчета конденсаторов.			+			
3.2	21. Слюдяные конденсаторы				+		
3.3	22. Керамические конденсаторы.				+		
3.4	23. Конденсаторы с твердой органической изоляцией. Бумажно-пропитанные и бумажно-пленочно-пропитанные конденсаторы.					+	
4	11. Особенности конденсаторов для электротермии.						
4.1	24. Конденсаторы для электротермических установок.						+
5	12. Газовые и жидкостные конденсаторы.						
5.1	25. Конденсаторы с жидким и газообразным диэлектриком.						+
Вес КМ, %:		10	10	15	15	20	30

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Электроизоляционная техника

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

- КМ-1 Выбор материала внутренней изоляции ввода и расчёт соединительной трубы
- КМ-2 2 расчет внутренней изоляции ввода конденсаторного типа
- КМ-3 3 Расчет внешней изоляции ввода
- КМ-4 4 Тепловой расчет ввода
- КМ-5 Составление описательной части работы

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	7	10	13	16
1	1 Выбор материала внутренней изоляции и расчет токопроводящего элемента		+				
2	2 Расчет внутренней изоляции и промежуточных обкладок. Расчет радиальной и аксиальной составляющих напряженности электрического поля во внутренней изоляции			+			
3	3 Расчет длин верхней и нижней крышки или наружной изоляции ввода				+		
4	4 Расчет распределения температур по толщине ввода и пробивного напряжения при тепловом пробое					+	
5	5 Описание конструкции, технологии сборки и применения ввода						+
Вес КМ, %:			10	35	10	35	10