

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: Техника и электрофизика высоких напряжений

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И
ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.06
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 73,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Домашнее задание Реферат	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Матвеев Д.А.
	Идентификатор	Rcb243d05-MatveevDA-f9ddc1fa

(подпись)

Д.А. Матвеев

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лысов Н.Ю.
	Идентификатор	Re94f0ba9-LysovNY-9dc0f249

(подпись)

Н.Ю. Лысов

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хренов С.И.
	Идентификатор	Rd055d891-KhrenovSI-e14cb00c

(подпись)

С.И. Хренов

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение организационных и технологических аспектов проектирования и производства электрооборудования высокого напряжения

Задачи дисциплины

- изучение современных технологий производства электрооборудования высокого напряжения;
- формирование представлений о влиянии технологических факторов на характеристики электрооборудования высокого напряжения;
- подготовка к организации и проведению работ по проектированию электрооборудования высокого напряжения;
- подготовка к организации и проведению работ по постановке на производство новой продукции производственно-технического назначения для топливно-энергетического комплекса.

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-2 Способен применять методы анализа, разрабатывать и обосновывать технические решения при проектировании объектов профессиональной деятельности (техники и электрофизики высоких напряжений)	ИД-3 _{ПК-2} Демонстрирует понимание технологических аспектов при проектировании и производстве современного оборудования высокого напряжения	знать: <ul style="list-style-type: none">- технологические аспекты производства фарфоровых, стеклянных и полимерных изоляторов;- современные технологии производства литой изоляции электрооборудования высокого напряжения;- современные технологии производства варисторов и нелинейных ограничителей перенапряжений;- технологический цикл производства кабелей и кабелей муфт высокого напряжения с изоляцией из сшитого полиэтилена;- современные технологии термовакuumной обработки изоляции активных частей маслonaполненного электрооборудования;- современные технологии производства маслonaполненных силовых и измерительных трансформаторов;- основные положения единой системы технологической документации;- порядок проведения работ по разработке и постановке на производство продукции производственно-технического назначения для топливно-энергетического комплекса России.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Техника и электрофизика высоких напряжений (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать законы распределения случайных величин
- знать принципы действия современных типов электрических машин, особенности их конструкции, уравнения, схемы замещения и характеристики
- знать конструктивное выполнение воздушных и кабельных линий электропередачи
- знать основное электротехническое и коммутационное оборудование электрических станций и подстанций
- знать основные режимы работы электрооборудования электростанций и подстанций
- знать методы расчета переходных процессов в электрических и электромеханических системах
- знать требования, предъявляемые к условиям эксплуатации изоляции линий электропередачи и аппаратов, обеспечивающих их безаварийную работу
- знать классификацию изоляции, преимущества и недостатки различных видов изоляции, области их возможного применения
- уметь самостоятельно разбираться в нормативных документах, устанавливающих требования к электрической прочности изоляции, допустимым электрическим, тепловым и механическим воздействиям
- уметь проводить оценку электрической прочности и минимальных изоляционных расстояний наиболее распространенных изоляционных конструкций
- уметь разрабатывать физико-математические модели электрооборудования с помощью уравнений в частных производных математической физики

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 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ 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	Технологическая подготовка производства	12	2	4	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка проекта технического задания на разработку измерительного трансформатора напряжения</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Технологическая подготовка производства"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр. 4-12, 31-42, 67-71 [4], глава 1 [6], с.25-40</p>	
1.1	Технологическая подготовка производства	12		4	-	-	-	-	-	-	-	8	-		
2	Производство силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов	24		12	-	-	-	-	-	-	-	-	12		-
2.1	Производство силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов	24		12	-	-	-	-	-	-	-	-	12		-
3	Технологии производства электрооборудования	36		16	-	-	-	-	-	-	-	20	-	<p><u>Подготовка реферата:</u> Технологические этапы производства электрооборудования распределительных устройств</p>	

3.2 Краткое содержание разделов

1. Технологическая подготовка производства

1.1. Технологическая подготовка производства

Единая система технологической документации (ЕСТД). Назначение комплекса документов ЕСТД. Состав и классификация документов. Порядок разработки и постановки на производство продукции производственно-технического назначения для топливно-энергетического комплекса. Основные действия заказчика, разработчика и изготовителя продукции. Стадии разработки изделия. Составление технического задания. Основные работы, выполняемые на стадии технического предложения, эскизного проекта, технического проекта. Производственные цехи заводов. Отдел главного технолога..

2. Производство силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов

2.1. Производство силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов

Изготовление изоляционных деталей маслонаполненных трансформаторов. Методы технологической обработки электроизоляционного картона. Характеристики электроизоляционных картонов по стандартам ГОСТ и МЭК. Изготовление обмоток. Классификация обмоток силовых трансформаторов и технология их производства. Классификация обмоточных проводов и технологические способы их соединения. Технологические этапы изготовления магнитопроводов. Классификация электротехнических сталей. Сборка силовых трансформаторов. Особенности производства измерительных трансформаторов тока и напряжения. Химический состав и производство трансформаторных масел. Физические показатели качества трансформаторных масел: показатель преломления, цвет на колориметре ЦНТ, вязкость, плотность, температура застывания, температура вспышки, содержание механических примесей. Методы их измерения и контроля. Химические показатели качества трансформаторных масел: зольность, содержание водорастворимых кислот и щелочей, натровая проба, содержание серы, коррозионное воздействие на пластинки из меди, стабильность против окисления, кислотное число, содержание ионола, содержание растворимого шлама. Методы их измерения и контроля. Электрические показатели качества трансформаторных масел: пробивное напряжение, тангенс угла диэлектрических потерь. Методы их измерения и контроля. Влагосодержание трансформаторных масел. Состояния воды в бумажно-масляной изоляции. Измерение влагосодержания по методу Карла Фишера. Целлюлоза как основа изоляции маслонаполненных трансформаторов. Технологические этапы производства сульфатной целлюлозы. Вакуумная сушка бумажной изоляции. Способы подвода тепла к бумажной изоляции. Температура сушки. Глубина вакуума. Пропитка бумажной изоляции. Вакуум-дегазационные установки, состав и назначение. Механические и пароструйные вакуумные насосы. Контроль сушки и пропитки. Вакуумная сушка и пропитка конденсаторов и трансформаторов..

3. Технологии производства электрооборудования распределительных устройств

3.1. Технологии производства электрооборудования распределительных устройств

Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ). Достоинства и недостатки СПЭ-изоляции. Конструкции кабелей. Технологические этапы производства кабелей с СПЭ-изоляцией. Производство проволоки. Волоочильные машины. Технологии производства жил кабелей. Крутильные машины. Жилы типа «Милликен». Линия сборки секторов. Силанольная и пероксидная сшивки полиэтилена. Достоинства и недостатки. Экструзионные линии непрерывной вулканизации. Горизонтальные, вертикальные и наклонные линии. Устройство экструдера. Системы подачи материала – «чистая комната». Наложение экранов,

водоблокирующих лент, наложение оболочек. Классификация муфт для кабелей с СПЭ-изоляцией по типу изготовления изоляции и по типу монтажа. Управление электрическим полем в соединительных и концевых кабельных муфтах. Изготовление проводящих и изоляционных частей кабельных муфт. Последовательность сборки соединительных муфт. Последовательность сборки концевых муфт. Материал оксидно-цинковых варисторов ОПН. Технологический цикл производства варисторов. Типовые конструкции ОПН 6–10 кВ и 35–110 кВ, технологические аспекты их изготовления. Технологический цикл производства ОПН. Комплектовка ОПН. Приемно-сдаточные испытания. Квалификационные испытания. Наиболее распространенные дефекты изготовления ОПН. Изделия из эпоксидных компаундов. Основные компоненты эпоксидных компаундов. Отвержение эпоксидных компаундов. Усадка литой изоляции, усадочные и температурные напряжения и методы создания буферных прослоек. Изоляционная прочность литой эпоксидной изоляции и методы создания экранов. Способы фиксирования деталей в изделиях с изоляцией из эпоксидного компаунда. Основные требования к изделиям из электротехнического фарфора. Приготовление фарфоровых масс и глазурей. Оформление изоляторов. Сушка и глазурирование изоляторов. Обжиг и армирование фарфоровых изоляторов. Стеклоплетенные изоляторы. Технология изготовления. Составление шихты, варка стекломассы и формирование изоляторов. Огневая полировка, выравнивание, закалка изоляторов. Термоконтроль и гидрофобизация стеклотделей, армирование изоляторов. Длинностержневые полимерные изоляторы. Производство кремнийорганических изоляционных покрышек. Герметизация. Тройная точка..

3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по разделу "Технологическая подготовка производства"
2. Обсуждение материалов по разделу "Производство силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов"
3. Обсуждение материалов по разделу "Технологии производства электрооборудования распределительных устройств"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

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	
Знать:					
порядок проведения работ по разработке и постановке на производство продукции производственно-технического назначения для топливно-энергетического комплекса России	ИД-3ПК-2	+			Домашнее задание/Порядок разработки и постановки на производство продукции производственно-технического назначения
основные положения единой системы технологической документации	ИД-3ПК-2	+			Домашнее задание/Порядок разработки и постановки на производство продукции производственно-технического назначения
современные технологии производства маслонаполненных силовых и измерительных трансформаторов	ИД-3ПК-2		+		Реферат/Технологические этапы производства силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов
современные технологии термовакuumной обработки изоляции активных частей маслонаполненного электрооборудования	ИД-3ПК-2		+		Реферат/Технологические этапы производства силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов
технологический цикл производства кабелей и кабелей муфт высокого напряжения с изоляцией из сшитого полиэтилена	ИД-3ПК-2			+	Реферат/Технологические этапы производства электрооборудования распределительных устройств
современные технологии производства варисторов и нелинейных ограничителей перенапряжений	ИД-3ПК-2			+	Реферат/Технологические этапы производства электрооборудования распределительных устройств
современные технологии производства литой изоляции электрооборудования высокого напряжения	ИД-3ПК-2			+	Реферат/Технологические этапы производства электрооборудования распределительных устройств
технологические аспекты производства фарфоровых, стеклянных и полимерных изоляторов	ИД-3ПК-2			+	Реферат/Технологические этапы производства электрооборудования распределительных устройств

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Проверка задания

1. Порядок разработки и постановки на производство продукции производственно-технического назначения (Домашнее задание)

Форма реализации: Проверка качества оформления задания

1. Технологические этапы производства силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов (Реферат)
2. Технологические этапы производства электрооборудования распределительных устройств (Реферат)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

Итоговая оценка выставляется на основе критериев оценивания заданий промежуточного контроля

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. Силовые трансформаторы : справочная книга / Ред. С. Д. Лизунов, А. К. Лоханин . – М. : Энергоиздат, 2004 . – 616 с. - ISBN 5-9807300-4-4 .;
2. Кабели и провода. Основы кабельной техники / А. И. Балашов, [и др.] ; Ред. И. Б. Пешков . – М. : Энергоатомиздат, 2009 . – 470 с. - ISBN 978-5-283-03305-1 .;
3. Единая система технологической документации : Справ.пособие / Е. А. Лобода, и др. – М. : Изд-во стандартов, 1992 . – 325 с. : 6.25 .;
4. Единая система конструкторской документации : справочное пособие / С. С. Борушек, [и др.] . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во стандартов, 1989 . – 352 с.;
5. Ограничители перенапряжений в электроустановках 6-750 кВ : Методическое и справочное пособие / М. А. Аронов, и др. – М. : Знак, 2001 . – 240 с.;
6. П. А. Юриков- "Перенапряжения и электрическая прочность высоковольтной изоляции", Издательство: "Энергия", Москва, Ленинград, 1964 - (72 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=118034>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Майнд Видеоконференции.

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. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Д-213, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Современные технологии проектирования и производства высоковольтного оборудования

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Порядок разработки и постановки на производство продукции производственно-технического назначения (Домашнее задание)
- КМ-2 Технологические этапы производства силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов (Реферат)
- КМ-3 Технологические этапы производства электрооборудования распределительных устройств (Реферат)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	4	8	12
1	Технологическая подготовка производства				
1.1	Технологическая подготовка производства		+		
2	Производство силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов				
2.1	Производство силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов			+	
3	Технологии производства электрооборудования распределительных устройств				
3.1	Технологии производства электрооборудования распределительных устройств				+
Вес КМ, %:			30	30	40