

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: Электромеханическое преобразование энергии и методы его исследования

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.05
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	2 семестр - 16 часов;
Практические занятия	2 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Расчетно-графическая работа Видеофильм	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Иванов А.С.
	Идентификатор	R28e5c30d-IvanovAIS-37175ef6

(подпись)

А.С. Иванов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ширинский С.В.
	Идентификатор	Rac9f4bfa-ShirinskiiSV-a85b725f

(подпись)

С.В. Ширинский

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Киселев М.Г.
	Идентификатор	R572ca413-KiselevMG-f37ee096

(подпись)

М.Г. Киселев

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение технологии изготовления электрических машин и трансформаторов и получение навыков применения систем автоматизированного проектирования для дальнейшего использования в проектно-конструкторской деятельности

Задачи дисциплины

- освоение технологических процессов при производстве электрических машин;
- освоения навыков принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании элементов электромеханических устройств;
- освоение САПР, методов разработки конструкции электрических машин и их элементов.

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 ставить задачи и планировать исследования и разработки, выбирать методы экспериментальной и проектной деятельности, интерпретировать и представлять результаты научных исследований и разработок	ИД-1 _{ПК-1} Демонстрирует знание современных средств в области электромеханических преобразователей энергии и методы их исследования и разработки	знать: - назначение технологического оборудования, задействованного в процессах изготовления электрических машин и трансформаторов. уметь: - презентовать результаты проектных и технологических решений, производить их обоснование.
ПК-2 Способен оптимально выбирать наиболее эффективные из известных и проектировать новые технические решения в области профессиональной деятельности в рамках сформулированной задачи	ИД-4 _{ПК-2} Проводит технико-экономическое обоснование проектных решений	знать: - особенности и приёмы изготовления обмоток электрических машин; - назначение основных элементов конструкции электромеханических преобразователей энергии с учётом их технологических особенностей. уметь: - создавать объёмные 3D-модели деталей и узлов электрических машин с учётом особенностей их изготовления.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электромеханическое преобразование энергии и методы его исследования (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать терминологию, применяемую в инженерной графике и начертательной геометрии
- знать устройство и принцип действия электрических машин общепромышленного применения
- знать устройство и принцип действия силовых трансформаторов

- уметь читать чертежи отдельных деталей и сборочных единиц

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 4 зачетных единицы, 144 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	Технология производства сердечников электрических машин.	24	2	3	-	9	-	-	-	-	-	12	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Технология производства сердечников электрических машин." <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Технология производства сердечников электрических машин." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 185-194 [2], раздел 12.10 [3], стр. 2-9 [4], глава 20 [5], глава 51</p>
1.1	Технология штамповки	7		1	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
1.2	Раскрой электротехнической стали	8		1	-	3	-	-	-	-	-	4	-	
1.3	Сборка магнитных систем электрических машин	9		1	-	4	-	-	-	-	-	4	-	
2	Технология изготовления и укладки обмоток	55	2	8	-	15	-	-	-	-	-	32	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Технология изготовления и укладки обмоток" <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Технология изготовления и укладки обмоток" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 279-293</p>
2.1	Технология изготовления и укладки обмоток из круглого провода	9		1	-	4	-	-	-	-	-	4	-	
2.2	Технология изготовления и укладки низковольтных шаблонных обмоток	7		1	-	2	-	-	-	-	-	4	-	

	из прямоугольного провода.												[2], раздел 14.6 [3], стр. 9-15 [4], глава 22
2.3	Технология изготовления стержневых обмоток высоковольтных электрических машин.	7	1	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
2.4	Технология изготовления обмоток якорей из прямоугольного провода.	7	1	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
2.5	Технология изготовления короткозамкнутых обмоток роторов	8	1	-	3	-	-	-	-	-	4	-	
2.6	Технология изготовления коллекторов и контактных колец.	7	1	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
2.7	Контроль и испытания обмоток.	5	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
2.8	Изоляция в электрических машинах	5	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
3	Технология сборки электрических машин	14	2	-	8	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Технология сборки электрических машин"
3.1	Технология сборки электрических машин	14	2	-	8	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Технология сборки электрических машин" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 398-409 [2], глава 25 [4], главы 32, 33, 34
4	Технология производства	15	3	-	-	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу

3.2 Краткое содержание разделов

1. Технология производства сердечников электрических машин.

1.1. Технология штамповки

Штамповка. Основные марки стали и их характеристики. Требования к листам сердечников и магнитопроводам электрических машин. Типы штампов, их основные элементы, расчет усилия вырубки. Влияние штамповки на характеристики стали. Отжиг. Контроль штамповки листов, срок службы и заточка штампов. Технология автоматической штамповки..

1.2. Раскрой электротехнической стали

Раскрой электротехнической стали. Подготовка листов к сборке..

1.3. Сборка магнитных систем электрических машин

Сборка сердечников в корпус, на вал, на оправку. Сборка магнитопроводов из сегментов. Автоматизация и механизация процесса сборки. Оборудование, объединяющее процессы штамповки и сборки. Способы нанесения изоляции на листы сердечников..

2. Технология изготовления и укладки обмоток

2.1. Технология изготовления и укладки обмоток из круглого провода

Технология изготовления и укладки обмоток из круглого провода методами втягивания и непосредственной намотки. Области применения различных способов. Типы обмоток, поддающиеся автоматизации процесса изготовления. Изолирование пазов, намотка обмотки, формование лобовых частей, пайка, бандажирование. Оборудование и оснастка. Организация технологического процесса..

2.2. Технология изготовления и укладки низковольтных шаблонных обмоток из прямоугольного провода.

Технология изготовления и укладки низковольтных шаблонных обмоток из прямоугольного провода. Намотка лодочек, скрепление витков, растяжка, рихтовка, изолирование, укладка в пазы, сборка и пайка схемы. Особенности изготовления и укладки высоковольтных обмоток из прямоугольного провода. Наложение высоковольтной изоляции, компаундирование, пропитка в эпоксидных компаундах..

2.3. Технология изготовления стержневых обмоток высоковольтных электрических машин.

Технология изготовления стержневых обмоток высоковольтных электрических машин. Резка и сборка проводов, переплетение, изолирование, опрессование, укладка в пазы.

2.4. Технология изготовления обмоток якорей из прямоугольного провода.

Технология изготовления обмоток якорей из прямоугольного провода. Изготовление многовитковых, одновитковых и стержневых секций. Разметка якоря, укладка обмоток, крепление пазовой и лобовой частей. Изготовление стержневых обмоток синхронных машин..

2.5. Технология изготовления короткозамкнутых обмоток роторов

Технология изготовления короткозамкнутых обмоток роторов. Заливка роторов алюминием. Способы заливки. Влияние способа на качество обмотки. Сварка обмотки из медных стержней. Технология изготовления различных сварных обмоток..

2.6. Технология изготовления коллекторов и контактных колец.

Технология изготовления коллекторов и контактных колец. Требования к коллекторам и контактным кольцам. Типы коллекторов. Изготовление контактных и изоляционных пластин, манжет, прокладок. Сборка коллекторов на втулках и на пластмассе. Типы контактных колец и особенности технологии их изготовления. Технология пропитки и компаундирования обмоток. Лаки и битумы. Технологические процессы. Гидростатическая прессовка и запечка..

2.7. Контроль и испытания обмоток.

Контроль и испытания обмоток..

2.8. Изоляция в электрических машинах

Основные материалы. Изоляционно-обмоточные работы. Изоляция – корпусная и межвитковая. Соединение проводников в обмотках. Способы. Требования к месту соединения. Общие требования к изоляционно-обмоточному производству..

3. Технология сборки электрических машин

3.1. Технология сборки электрических машин

Способы достижения требуемой точности при сборке. Сборка неподвижных и подвижных соединений. Сборка сердечника статора с корпусом. Сборка сердечника ротора с валом. Вентиляторы. Сборка подшипниковых узлов. Технология сборки в массовом и серийном производстве, в единичном производстве. Испытания электрических машин. Программы испытаний. Общие методы испытаний. Автоматизация испытаний. Ремонт электрических машин (с точки зрения технологии). Статическая и динамическая балансировка вращающихся частей..

4. Технология производства трансформаторов

4.1. Производство магнитопроводов

Особенности технологии производства трансформаторов. Классификация типов трансформаторов. Производство магнитопроводов. Требования к листам магнитопроводов. Технология изготовления пластин магнитопровода. Продольная резка, поперечная резка, закатка заусенцев, отжиг, лакировка, сушка, оксидация, контроль. Сборка магнитопроводов. Плоские стержневые магнитопроводы, пространственные витые магнитопроводы, пространственные пластинчато-ленточные магнитопроводы, ленточные магнитопроводы, тороидальные магнитопроводы..

4.2. Изготовление обмоток трансформаторов

Изоляция в трансформаторах. Классификация. Основные требования к изоляции. Основные конструктивные элементы изоляции трансформатора и их назначение. Технологические процессы при обработке картона. Технология изготовления обмоток трансформаторов. Классификация обмоток. Требования к обмоткам. Основное и вспомогательное оборудование, используемое при изготовлении обмоток. Технология намотки обмоток различных типов. Технология обработки обмоток..

4.3. Сборка трансформаторов

Методы контроля. Дополнительное оборудование трансформаторов. Его назначение и способы производства. Переключатели, баки, крышки, объемные конструкции, системы охлаждения, тележки, катки, балки и т.п. Сборка трансформаторов. Первая сборка, вторая

сборка, сушка, третья сборка, заливка маслом, испытания, демонтаж и отгрузка, монтаж у заказчика..

3.3. Темы практических занятий

1. Расчёт участка штамповки;
2. Раскрой электротехнической стали, форма листов статора и ротора;
3. Сборка магнитных систем электрических машин;
4. Изготовление и укладка обмоток из круглого провода;
5. Изготовление короткозамкнутых обмоток роторов;
6. Изготовление литых деталей: корпуса и подшипникового щита;
7. Сборка электрических машин.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Технология производства сердечников электрических машин."
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Технология изготовления и укладки обмоток"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Технология сборки электрических машин"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Технология производства трансформаторов"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Технология производства сердечников электрических машин."
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Технология изготовления и укладки обмоток"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Технология сборки электрических машин"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Технология производства трансформаторов"

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	4	
Знать:						
назначение технологического оборудования, задействованного в процессах изготовления электрических машин и трансформаторов	ИД-1ПК-1	+				Расчетно-графическая работа/КМ-2 "Часть 1 расчётного задания «Асинхронные двигатели малой мощности»"
назначение основных элементов конструкции электромеханических преобразователей энергии с учётом их технологических особенностей	ИД-4ПК-2	+				Контрольная работа/КМ-1 «Технология штамповки»
особенности и приёмы изготовления обмоток электрических машин	ИД-4ПК-2		+			Расчетно-графическая работа/КМ-3 "Часть 2 расчётного задания «Асинхронные двигатели малой мощности»"
Уметь:						
презентовать результаты проектных и технологических решений , производить их обоснование	ИД-1ПК-1	+	+	+		Видеофильм/КМ-5 "Анимация сборки/разборки электродвигателя"
создавать объёмные 3D-модели деталей и узлов электрических машин с учётом особенностей их изготовления	ИД-4ПК-2	+	+	+	+	Расчетно-графическая работа/КМ-4 "3D-модель электрической машины"

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: Выполнение задания

1. КМ-2 "Часть 1 расчётного задания «Асинхронные двигатели малой мощности»" (Расчетно-графическая работа)
2. КМ-3 "Часть 2 расчётного задания «Асинхронные двигатели малой мощности»" (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Защита задания

1. КМ-4 "3D-модель электрической машины" (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-5 "Анимация сборки/разборки электродвигателя" (Видеофильм)

Форма реализации: Проверка задания

1. КМ-1 «Технология штамповки» (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

Оценка за освоение дисциплины определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

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. Антонов, М. В. Технология производства электрических машин : Учебник для вузов по специальности "Электромеханика" / М. В. Антонов . – 2-е изд., доп. и перераб. – М. : Энергоатомиздат, 1993 . – 592 с. - ISBN 5-283-00608-5 : 3900.00 .;
2. Антонов, М. В. Технология производства электрических машин : учебник для вузов по специальности "Электрические машины" / М. В. Антонов, Л. С. Герасимова . – М. : Энергоиздат, 1982 . – 512 .;
3. Сентюрихин, Н. И. Асинхронные двигатели малой мощности : Методическое пособие по курсу "Технология производства электрических машин" / Н. И. Сентюрихин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 16 с.;
4. Иванов-Смоленский А.В.- "Электрические машины. В двух томах. Том 1", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012222.html>;

5. Иванов-Смоленский А.В.- "Электрические машины. В двух томах. Том 2", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012239.html>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей).

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. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. 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	Е-213, Зал заседаний	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-213, Зал заседаний	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-213, Зал заседаний	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-206.1, Преподавательская	парта со скамьей, стеллаж для хранения книг, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-122, Кладовая	стеллаж, шкаф, шкаф для документов

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Технология производства электрических машин

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 КМ-1 «Технология штамповки» (Контрольная работа)
 КМ-2 КМ-2 "Часть 1 расчётного задания «Асинхронные двигатели малой мощности»"
 (Расчетно-графическая работа)
 КМ-3 КМ-3 "Часть 2 расчётного задания «Асинхронные двигатели малой мощности»"
 (Расчетно-графическая работа)
 КМ-4 КМ-4 "3D-модель электрической машины" (Расчетно-графическая работа)
 КМ-5 КМ-5 "Анимация сборки/разборки электродвигателя" (Видеофильм)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	14	16
1	Технология производства сердечников электрических машин.						
1.1	Технология штамповки		+	+			
1.2	Раскрой электротехнической стали		+				
1.3	Сборка магнитных систем электрических машин			+		+	+
2	Технология изготовления и укладки обмоток						
2.1	Технология изготовления и укладки обмоток из круглого провода				+	+	+
2.2	Технология изготовления и укладки низковольтных шаблонных обмоток из прямоугольного провода.				+	+	+
2.3	Технология изготовления стержневых обмоток высоковольтных электрических машин.				+		+
2.4	Технология изготовления обмоток якорей из прямоугольного провода.				+		+
2.5	Технология изготовления короткозамкнутых обмоток роторов				+	+	+
2.6	Технология изготовления коллекторов и контактных колец.				+		
2.7	Контроль и испытания обмоток.				+		
2.8	Изоляция в электрических машинах				+		

3	Технология сборки электрических машин					
3.1	Технология сборки электрических машин				+	+
4	Технология производства трансформаторов					
4.1	Производство магнитопроводов				+	
4.2	Изготовление обмоток трансформаторов				+	
4.3	Сборка трансформаторов				+	
Вес КМ, %:		10	25	25	30	10