

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: Электрические аппараты управления и распределения энергии

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ МАТЕРИАЛЫ И УСТРОЙСТВА НА ИХ
ОСНОВЕ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Вариативная
№ дисциплины по учебному плану:	Б4.В.03
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	3 семестр - 32 часа;
Практические занятия	3 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	3 семестр - 59,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Контрольная работа Реферат	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	3 семестр - 0,3 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Курбатова Е.П.
	Идентификатор	R51c6ebe0-KurbatovaYP-a15ccd6f

(подпись)

Е.П. Курбатова

(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: Целью освоения дисциплины является получение знаний в области применения перспективных сверхпроводящих материалов в электротехническом оборудовании, приобретении навыков моделирования и изучение средств анализа электромагнитных систем с применением сверхпроводников для последующего использования в научных исследованиях и проектно-конструкторской деятельности.

Задачи дисциплины

- изучение явления сверхпроводимости, свойств и характеристик современных сверхпроводящих материалов, выпускаемых промышленностью;
- изучение типовых конструкций магнитных систем электротехнических устройств со сверхпроводящими элементами, применяемых в электроэнергетике, электрических машинах, электрических аппаратах, на транспорте, в медицине и физических установках;
- освоение методов экспериментальных исследований и моделирования свойств сверхпроводящих материалов в выпускаемой промышленностью номенклатуре;
- изучение методов расчета параметров магнитных систем различного назначения с ВТСП элементами с применением компьютерных программных средств моделирования электромагнитных полей и магнитных цепей.

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-3 Способен участвовать в научно-исследовательской работе в области профессиональной деятельности	ИД-1 _{ПК-3} Демонстрирует знание современных средств в области электротехнических объектов и методы их исследования и разработки	знать: - свойства и основные физические явления, возникающие в сверхпроводящих материалах; - принципы действия и конструкции магнитных систем электротехнических устройств со сверхпроводящими элементами в электроэнергетике, электрических машинах, электрических аппаратах, на транспорте в медицине и физических установках. уметь: - применять методы и программные средства для моделирования элементов из сверхпроводящих материалов; - применять методы математического моделирования для проектирования электротехнических устройств со сверхпроводящими элементами.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к факультативным дисциплинам основной профессиональной образовательной программе Электрические аппараты управления и распределения энергии (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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	Физические основы сверхпроводимости	18	3	4	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр.12-54 [3], стр. 12-54		
1.1	Физические основы сверхпроводимости	18		4	-	4	-	-	-	-	-	10	-			
2	Моделирование свойств высокотемпературных сверхпроводников	18		4	-	4	-	-	-	-	-	10	-		<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр.199-205, 272-279,312-320	
2.1	Моделирование свойств высокотемпературных сверхпроводников	18		4	-	4	-	-	-	-	-	10	-			
3	Расчет магнитных систем с элементами из ВТСП материалов	22.5		8	-	4	-	-	-	-	-	10.5	-		<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр.121-145, 163-173, 230-253,297-313	
3.1	Расчет магнитных систем с элементами из ВТСП материалов	22.5		8	-	4	-	-	-	-	-	10.5	-			
4	Применение ВТСП в электротехнических устройствах	49.2		16	-	4	-	-	-	-	-	29.2	-		<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 12-50	
4.1	Применение ВТСП в электротехнических устройствах	49.2		16	-	4	-	-	-	-	-	29.2	-			
	Зачет с оценкой	0.3		-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-		-	
	Всего за семестр	108.0		32	-	16	-	-	-	-	-	0.3	59.7		-	
	Итого за семестр	108.0	32	-	16	-	-	-	-	-	0.3	59.7	-			

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. Физические основы сверхпроводимости

1.1. Физические основы сверхпроводимости

Понятие сверхпроводимости. Критические параметры. Сверхпроводники первого и второго рода. Эффект Мейснера. Смешанное состояние. Вихри Абрикосова. Электрические и магнитные свойства сверхпроводников. Сверхпроводящие материалы. Объемные сверхпроводники. ВТСП ленты и проводники..

2. Моделирование свойств высокотемпературных сверхпроводников

2.1. Моделирование свойств высокотемпературных сверхпроводников

Математические модели для описания свойств ВТСП. Модели для плотности тока, модели для намагниченности, комбинированные модели..

3. Расчет магнитных систем с элементами из ВТСП материалов

3.1. Расчет магнитных систем с элементами из ВТСП материалов

Численный анализ магнитных систем с ВТСП элементами. Анализ "захваченного" электромагнитного поля в FC и ZFC режимах. Расчет силовых характеристик объемных сверхпроводников. Моделирование ВТСП лент и обмоток. Расчет ВАХ сверхпроводящих катушек. Анализ потерь в сверхпроводящих элементах..

4. Применение ВТСП в электротехнических устройствах

4.1. Применение ВТСП в электротехнических устройствах

ВТСП кабели. Сверхпроводниковые индуктивные накопители энергии (СПИН). Сверхпроводниковые ограничители тока. Сверхпроводниковые трансформаторы. Магнитная левитация. Электрические машины с объемными сверхпроводниками. Электрические машины с ВТСП обмотками..

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет параметров и анализ работы СПИН;
2. Анализ распределение электромагнитного поля в объемных сверхпроводниках в FC и ZFC режимах;
3. Расчет силовых характеристик сверхпроводящих элементов в FC и ZFC режимах;
4. Моделирование и расчет ВТСП проводников и обмоток;
5. Расчет характеристик ВТСП подвеса;
6. Моделирование магнитных систем электрических машин с применением ВТСП.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

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:						
принципы действия и конструкции магнитных систем электротехнических устройств со сверхпроводящими элементами в электроэнергетике, электрических машинах, электрических аппаратах, на транспорте в медицине и физических установках	ИД-1ПК-3				+	Реферат/Сверхпроводимость в электротехнике и энергетике
свойства и основные физические явления, возникающие в сверхпроводящих материалах	ИД-1ПК-3	+				Тестирование/Основы сверхпроводимости
Уметь:						
применять методы математического моделирования для проектирования электротехнических устройств со сверхпроводящими элементами	ИД-1ПК-3			+		Контрольная работа/Моделирование СПИН
применять методы и программные средства для моделирования элементов из сверхпроводящих материалов	ИД-1ПК-3		+			Контрольная работа/Силовые характеристики ВТСП образца

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Моделирование СПИН (Контрольная работа)
2. Основы сверхпроводимости (Тестирование)
3. Сверхпроводимость в электротехнике и энергетике (Реферат)
4. Силовые характеристики ВТСП образца (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №3)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. "Электрические машины и устройства на основе массивных высокотемпературных сверхпроводников", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2010 - (396 с.)

[https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59571;](https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59571)

2. Антонов Ю. Ф., Данилевич Я. Б. - "Сверхпроводниковые топологические электрические машины", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2009 - (368 с.)

[https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2100;](https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2100)

3. Антонов, Ю. Ф. Сверхпроводниковые топологические электрические машины / Ю. Ф. Антонов, Я. Б. Данилевич. – М. : Физматлит, 2009. – 368 с. - ISBN 978-5-9221-1092-1 ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

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

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

4. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - [Http:\\proinfosoft.ru](http://proinfosoft.ru);
<http://docs.cntd.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-207, Лекционная аудитория	стол, стул, шкаф, лабораторный стенд
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-207, Лекционная аудитория	стол, стул, шкаф, лабораторный стенд
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-207, Лекционная аудитория	стол, стул, шкаф, лабораторный стенд
Помещения для самостоятельной работы	Е-107/2, Лаборатория каф. "ЭМЭЭА"	
Помещения для консультирования	Е-107/1, Лаборатория каф. "ЭМЭЭА"	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	ЭЭА-2б, Архив	стол, стул, документы

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Сверхпроводящие материалы и устройства на их основе**

(название дисциплины)

3 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Основы сверхпроводимости (Тестирование)
 КМ-2 Силовые характеристики ВТСП образца (Контрольная работа)
 КМ-3 Моделирование СПИН (Контрольная работа)
 КМ-4 Сверхпроводимость в электротехнике и энергетике (Реферат)

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	Физические основы сверхпроводимости					
1.1	Физические основы сверхпроводимости		+			
2	Моделирование свойств высокотемпературных сверхпроводников					
2.1	Моделирование свойств высокотемпературных сверхпроводников			+		
3	Расчет магнитных систем с элементами из ВТСП материалов					
3.1	Расчет магнитных систем с элементами из ВТСП материалов				+	
4	Применение ВТСП в электротехнических устройствах					
4.1	Применение ВТСП в электротехнических устройствах					+
Вес КМ, %:			10	25	25	40