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: Высоковольтные электротехнологии

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТЕХНИКА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Блок:	**Блок 1 «Дисциплины (модули)»**
Часть образовательной программы:	**Часть, формируемая участниками образовательных отношений**
№ дисциплины по учебному плану:	**Б1.Ч.10.02.02**
Трудоемкость в зачетных единицах:	**3 семестр - 5;**
Часов (всего) по учебному плану:	**180 часов**
Лекции	**3 семестр - 32 часа;**
Практические занятия	**3 семестр - 16 часов;**
Лабораторные работы	**3 семестр - 16 часов;**
Консультации	**3 семестр - 2 часа;**
Самостоятельная работа	**3 семестр - 113,5 часов;**
в том числе на КП/КР	**не предусмотрено учебным планом**
Иная контактная работа	**проводится в рамках часов аудиторных занятий**
включая: **Контрольная работа** **Лабораторная работа**	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	**3 семестр - 0,5 часа;**

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Лысов Н.Ю. Идентификатор: Re94f0ba9-LysovNY-9dc0f249	Н.Ю. Лысов
(должность)	(подпись)	(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Лебедева Н.А. Идентификатор: R75716a03-LebedevaNA-9930664	Н.А. Лебедева
(должность, ученая степень, ученое звание)	(подпись)	(расшифровка подписи)
Заведующий выпускающей кафедры	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Темников А.Г. Идентификатор: Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db00	А.Г. Темников
(должность, ученая степень, ученое звание)	(подпись)	(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: состоит в изучении типов установок высокого напряжения, применяемых при электрофизических экспериментах; методов и способов измерений высоких напряжений, сильных токов, напряжённости электрических и магнитных полей; способов организации экспериментов в лабораториях высокого напряжения

Задачи дисциплины

- изучение типов установок высокого напряжения, применяемых при электрофизических экспериментах;
- изучение методов и способов измерений высоких напряжений, сильных токов, напряжённости электрических и магнитных полей;
- ознакомление с основными способами организации экспериментов в лабораториях высокого напряжения;
- ознакомление с экспериментальными установками и комплексами кафедры ТЭВН;
- получение навыков расчета основных параметров источников воздействий, измерительных датчиков, согласования их с измерительной и регистрирующей аппаратурой, оценки влияния помех на измерения.

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 принимать участие в проведении научных исследований в области объектов профессиональной деятельности (высоковольтных электротехнологий)	ИД-5$_{ПК-1}$ Демонстрирует знание основных подходов к методам проведения экспериментальных исследований в области высоковольтных электротехнологий, обработки, анализа и интерпретации полученных результатов	знать: - метрологические требования к электрофизической аппаратуре и к измерительным устройствам; - понятие и основные этапы электрофизического эксперимента в высоковольтных электротехнологиях; - современные методы измерения высокого напряжения, сильного импульсного тока, параметров электромагнитного поля; - основные виды высоковольтных электрофизических установок, применяемых при проведении экспериментальных исследований. уметь: - выбирать методы измерения электрофизических величин, интерпретировать и представлять результаты исследований; - оценивать и представлять результаты выполненной работы; - самостоятельно выполнять эксперименты по исследованию электрофизических процессов в высоковольтных электротехнологиях; - описывать математические модели электрофизических процессов в высоковольтных электротехнологиях;

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		- самостоятельно формулировать цели и задачи электрофизического эксперимента в высоковольтных электротехнологиях, выявлять приоритеты решения задач, решаемых в эксперименте.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

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

Требования к входным знаниям и умениям:
- знать основные понятия теории электрических разрядов в газах
- знать основные законы физики и электротехники
- знать методы решения сложных математических задач
- знать основы проведения эксперимента
- знать основные понятия теории электрического поля и его уравнения
- знать природу электромагнитного поля и электрофизических явлений с ним связанных
- уметь применять полученные ранее знания
- уметь обращаться с элементарной измерительной техникой
- уметь систематизировать и обрабатывать полученные в ходе эксперимента результаты, в том числе с получением статистических данных
- уметь анализировать информацию о новых электрофизических устройствах и комплексах в области высоковольтных электротехнологий

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 5 зачетных единиц, 180 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	Общая схема экспериментального комплекса. Оценка параметров элементов. Источники воздействий	21	3	6	-	-	-	-	-	-	-	15	-	***Подготовка к контрольной работе:*** Подготовка к контрольной работе №1 ***Изучение материалов литературных источников:*** [5], 658-715
1.1	Общая схема экспериментального комплекса. Оценка параметров элементов. Источники воздействий	21		6	-	-	-	-	-	-	-	15	-	
2	Источники высокого переменного, постоянного и импульсного напряжений	31		8	4	4	-	-	-	-	-	15	-	***Подготовка к контрольной работе:*** Подготовка к контрольной работе №1 ***Изучение материалов литературных источников:*** [6], 28-160
2.1	Источники высокого переменного, постоянного и импульсного напряжений	31		8	4	4	-	-	-	-	-	15	-	
3	Измерение высоких напряжений. Каналы передачи измеряемого сигнала	27		4	4	4	-	-	-	-	-	15	-	***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Подготовка к защите лабораторных работ №1-4 ***Подготовка к контрольной работе:*** Подготовка к контрольной работе №1 ***Изучение материалов литературных***
3.1	Измерение высоких напряжений. Каналы	27		4	4	4	-	-	-	-	-	15	-	

	передачи измеряемого сигнала													***источников:*** [1], 176-208 [2], 435-536 [3], 21-127 [4], 80-196
4	Измерение сильных токов	29		6	4	4	-	-	-	-	-	15	-	***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Подготовка к защите лабораторных работ №1-4 ***Подготовка к контрольной работе:*** Подготовка к контрольной работе №2 ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], 208-221 [2], 482-510 [3], 136-165
4.1	Измерение сильных токов	29		6	4	4	-	-	-	-	-	15	-	
5	Регистрация сигналов. Оценка уровня помех.	22		4	4	4	-	-	-	-	-	10	-	***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Подготовка к защите лабораторных работ №1-4 ***Подготовка к контрольной работе:*** Подготовка к контрольной работе №2 ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], 240-258 [2], 491-530
5.1	Регистрация сигналов. Оценка уровня помех.	22		4	4	4	-	-	-	-	-	10	-	
6	Измерение напряжённости электрического и магнитного полей	14		4	-	-	-	-	-	-	-	10	-	***Подготовка к контрольной работе:*** Подготовка к контрольной работе №2 ***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Подготовка к защите лабораторных работ №1-4 ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], 221-225 [4], 201-275
6.1	Измерение напряжённости электрического и магнитного полей	14		4	-	-	-	-	-	-	-	10	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	**180.0**		**32**	**16**	**16**	**-**	**2**	**-**	**-**	**0.5**	**80**	**33.5**	
	Итого за семестр	**180.0**		**32**	**16**	**16**	**2**		**-**		**0.5**	**113.5**		

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. Общая схема экспериментального комплекса. Оценка параметров элементов. Источники воздействий

1.1. Общая схема экспериментального комплекса. Оценка параметров элементов. Источники воздействий

Цели, задачи, объекты и методы электрофизических экспериментов в лабораториях высокого напряжения. Общая схема экспериментального комплекса. Оценка параметров элементов комплекса. Источники воздействий в электрофизическом эксперименте, их параметры и характеристики..

2. Источники высокого переменного, постоянного и импульсного напряжений

2.1. Источники высокого переменного, постоянного и импульсного напряжений

Источники высокого напряжения переменного тока. Источники высокого напряжения постоянного тока. Источники импульсных высоких напряжений.

3. Измерение высоких напряжений. Каналы передачи измеряемого сигнала

3.1. Измерение высоких напряжений. Каналы передачи измеряемого сигнала

Измерение высоких напряжений. Измерительные разрядники. Условия достижения малых погрешностей измерения. Комплексное использование измерительных разрядников в лабораториях высокого напряжения. Делители напряжения, их типы, конструктивное выполнение и расположение при проведении экспериментов. Искажения сигналов, вызываемые паразитными параметрами омических, емкостных и смешанных делителей. Каналы передачи измеряемого сигнала..

4. Измерение сильных токов

4.1. Измерение сильных токов

Измерения сильных импульсных токов. Шунты. Определение параметров шунтов с малой погрешностью измерений. Пояс Роговского с интегрирующими цепями. Расчет параметров пояса и интегрирующих цепей..

5. Регистрация сигналов. Оценка уровня помех.

5.1. Регистрация сигналов. Оценка уровня помех.

Регистрация сигналов. Оценка требуемых параметров цифрового осциллографа. Организация экспериментальных стендов и комплексов. Оценка уровня помех, возбуждаемых при экспериментах..

6. Измерение напряжённости электрического и магнитного полей

6.1. Измерение напряжённости электрического и магнитного полей

Измерения напряженностей электрического и магнитного полей. Флюксметры. Причины возникновения помех при измерениях в электрофизических лабораториях высокого напряжения и способы борьбы с ними. Нетрадиционные способы измерения напряжения и тока..

3.3. Темы практических занятий

1. Регистрация сигналов. Оценка уровня помех.;
2. Измерение сильных токов;
3. Измерение высоких напряжений. Каналы передачи измеряемого сигнала;
4. Источники высокого переменного, постоянного и импульсного напряжений.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Делители напряжения.;
2. Водяное сопротивление.;
3. Регистрация быстрых процессов.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Подготовка к сдаче экзамена по дисциплине
2. Подготовка к сдаче экзамена по дисциплине
3. Подготовка к сдаче экзамена по дисциплине
4. Подготовка к сдаче экзамена по дисциплине
5. Подготовка к сдаче экзамена по дисциплине
6. Подготовка к сдаче экзамена по дисциплине

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	5	6	
Знать:								
основные виды высоковольтных электрофизических установок, применяемых при проведении экспериментальных исследований	ИД-5$_{ПК-1}$	+	+					Лабораторная работа/Лабораторная работа №1
современные методы измерения высокого напряжения, сильного импульсного тока, параметров электромагнитного поля	ИД-5$_{ПК-1}$			+	+	+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №2 Лабораторная работа/Лабораторная работа №3
понятие и основные этапы электрофизического эксперимента в высоковольтных электротехнологиях	ИД-5$_{ПК-1}$		+	+	+			Лабораторная работа/Лабораторная работа №2
метрологические требования к электрофизической аппаратуре и к измерительным устройствам	ИД-5$_{ПК-1}$	+						Контрольная работа/Контрольная работа №1
Уметь:								
самостоятельно формулировать цели и задачи электрофизического эксперимента в высоковольтных электротехнологиях, выявлять приоритеты решения задач, решаемых в эксперименте	ИД-5$_{ПК-1}$	+						Лабораторная работа/Лабораторная работа №1
описывать математические модели электрофизических процессов в высоковольтных электротехнологиях	ИД-5$_{ПК-1}$	+						Лабораторная работа/Лабораторная работа №2
самостоятельно выполнять эксперименты по исследованию электрофизических процессов в высоковольтных электротехнологиях	ИД-5$_{ПК-1}$	+				+		Лабораторная работа/Лабораторная работа №3
оценивать и представлять результаты выполненной работы	ИД-5$_{ПК-1}$					+		Контрольная

								работа/Контрольная работа №2
выбирать методы измерения электрофизических величин, интерпретировать и представлять результаты исследований	ИД-5$_{ПК-1}$	+				+		Контрольная работа/Контрольная работа №1

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: Защита задания

1. Лабораторная работа №1 (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2 (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Лабораторная работа №2 (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа №3 (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

Оценка выставляется в соответствии с бально-рейтинговой системой

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. Авруцкий, В. А. Испытательные и электрофизические установки. Техника эксперимента : Учебное пособие для втузов по специальности "Техника высоких напряжений" / В. А. Авруцкий, И. П. Кужекин, Е. Н. Чернов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1983 . – 264 с.;
2. Техника высоких напряжений: теоретические и практические основы применения : пер. с нем. / М. Бейер, и др. ; Ред. И. П. Кужекин, В. П. Ларионов . – М. : Энергоатомиздат, 1989 . – 555 с. - ISBN 5-283-02460-1 .;
3. Шваб, А. Измерения на высоком напряжении: Измерительные приборы и способы измерения : пер. с нем. / А. Шваб . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Энергоатомиздат, 1983 . – 264 с.;
4. Куффель, Е. Техника и электрофизика высоких напряжений : учебно-справочное руководство : пер. с англ. / Е. Куффель, В. Цаенгль, Дж. Куффель . – Долгопрудный : Интеллект, 2011 . – 520 с. - ISBN 978-5-91559-053-2 .;
5. Электрофизические основы техники высоких напряжений : учебник для вузов по направлению "Электроэнергетика" / И. М. Бортник, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") ; общ. ред. И. П. Верещагин . – 3-е изд., перераб. и доп . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 732 с. - Победитель Всероссийского конкурса рукописей учебной, научно-технической и справочной литературы по энергетике 2017 года . - ISBN 978-5-7046-1938-3 .

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10742;
6. С. И. Мошкунов, В. Ю. Хомич- "Генераторы высоковольтных импульсов на основе составных твердотельных коммутаторов", Издательство: "Физматлит", Москва, 2018 - (168 с.)
https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612797.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Майнд Видеоконференции;
3. Scilab;
4. 7-zip.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:
1. **ЭБС "Университетская библиотека онлайн"** - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
2. **Научная электронная библиотека** - https://elibrary.ru/
3. **База данных ВИНИТИ online** - http://www.viniti.ru/
4. **База данных журналов издательства Elsevier** - https://www.sciencedirect.com/
5. **Электронные ресурсы издательства Springer** - https://link.springer.com/
6. **База данных Web of Science** - http://webofscience.com/
7. **База данных Scopus** - http://www.scopus.com
8. **Национальная электронная библиотека** - https://rusneb.ru/
9. **База данных издательства Annual Reviews Science Collection** - https://www.annualreviews.org/
10. **База данный Association for Computing Machinery Digital Library** - https://dl.acm.org/about/content
11. **Журналы издательства Cambridge University Press** - https://www.cambridge.org/core
12. **База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.)** - https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true
13. **База данных INSPEC на платформе компании EBSCO Publishing** - http://search.ebscohost.com
14. **Журналы Institute of Physics (IOP), Великобритания** - https://iopscience.iop.org/
15. **Журналы издательства Oxford University Press** - https://academic.oup.com/journals/
16. **База данных диссертаций ProQuest Dissertations and Theses Global** - https://search.proquest.com/pqdtglobal/index
17. **Журнал Science** - https://www.sciencemag.org/
18. **Журналы издательства Wiley** - https://onlinelibrary.wiley.com/
19. **Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ)** - http://elib.mpei.ru/login.php
20. **Портал открытых данных Российской Федерации** - https://data.gov.ru
21. **Открытая университетская информационная система «РОССИЯ»** - https://uisrussia.msu.ru
22. **Федеральный портал "Российское образование"** - http://www.edu.ru

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего	Д-5, Учебная лаборатория	парта, стол преподавателя, стул, экран, доска маркерная передвижная, лабораторный стенд, компьютер

контроля		персональный, кондиционер
	Д-207, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-5, Учебная лаборатория	парта, стол преподавателя, стул, экран, доска маркерная передвижная, лабораторный стенд, компьютер персональный, кондиционер
	Д-207, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Д-02/2, Учебная лаборатория	стол, стул, доска меловая, лабораторный стенд, кондиционер
	ВВ Зал, Лаборатория каф. ТЭВН	стеллаж, стол, стул, оборудование для эксперементов, оборудование учебное
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-207, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
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	Д-207, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-12, Кладовая	стеллаж, стол, стул

Приложение А

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Техника электрофизического эксперимента

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий <u>текущего контроля</u> успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
КМ-2 Контрольная работа №2 (Контрольная работа)
КМ-3 Лабораторная работа №1 (Лабораторная работа)
КМ-4 Лабораторная работа №2 (Лабораторная работа)
КМ-5 Лабораторная работа №3 (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	5	13	7	11	15
1	Общая схема экспериментального комплекса. Оценка параметров элементов. Источники воздействий						
1.1	Общая схема экспериментального комплекса. Оценка параметров элементов. Источники воздействий		+		+	+	+
2	Источники высокого переменного, постоянного и импульсного напряжений						
2.1	Источники высокого переменного, постоянного и импульсного напряжений				+	+	
3	Измерение высоких напряжений. Каналы передачи измеряемого сигнала						
3.1	Измерение высоких напряжений. Каналы передачи измеряемого сигнала			+		+	+
4	Измерение сильных токов						
4.1	Измерение сильных токов			+		+	+
5	Регистрация сигналов. Оценка уровня помех.						
5.1	Регистрация сигналов. Оценка уровня помех.		+	+			+
6	Измерение напряжённости электрического и магнитного полей						
6.1	Измерение напряжённости электрического и магнитного полей			+			+
		Вес КМ, %:	20	20	20	20	20