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
ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И КОМПЛЕКСЫ

Блок:	**Блок 1 «Дисциплины (модули)»**
Часть образовательной программы:	**Часть, формируемая участниками образовательных отношений**
№ дисциплины по учебному плану:	**Б1.Ч.10.02.01**
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**	
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 электрофизических установок высокого напряжения, методов и видов испытаний электроэнергетического и другого оборудования, способов измерения испытательных напряжений и токов

Задачи дисциплины

- изучение видов накопителей энергии, применяемых в высоковольтных электрофизических установках;
- изучение основных видов высоковольтных электрофизических установок, применяемых при проведении экспериментальных исследований;
- обучение методам расчета режимов работы электрофизических установок, определения параметров элементов по заданным характеристикам установок;
- изучение методов и способов измерений в высоковольтных электрофизических установках.

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: - источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет) по высоковольтным электрофизическим установкам и комплексам и областях их использования в электроэнергетике и электротехнике; - методы и способы измерений в высоковольтных электрофизических установках; - основные виды высоковольтных электрофизических установок, применяемых при проведении экспериментальных исследований; - основные виды накопителей энергии, применяемых в высоковольтных электрофизических установках. уметь: - анализировать информацию о новых направлениях применения высоковольтных электрофизических установок и комплексов в электроэнергетике и электротехнике; - самостоятельно определять параметры элементов по заданным характеристикам установок; - осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые элементы высоковольтных электрофизических установок и комплексов;

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		- самостоятельно рассчитывать режимы работы электрофизических установок; - использовать компьютерные программы для проведения расчётов высоковольтных электрофизических установок и комплексов.

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	Введение	10	3	2	-	-	-	-	-	-	-	8	-	***Подготовка к контрольной работе:*** Подготовка к контрольной работе №1 ***Изучение материалов литературных источников:*** [2], 7-68
1.1	Введение	10		2	-	-	-	-	-	-	-	8	-	
2	Накопители энергии в высоковольтных электрофизических установках	24		4	-	4	-	-	-	-	-	16	-	***Подготовка к контрольной работе:*** Подготовка к контрольной работе №1
2.1	Накопители энергии в высоковольтных электрофизических установках	24		4	-	4	-	-	-	-	-	16	-	
3	Высоковольтные электрофизические установки	32		8	4	4	-	-	-	-	-	16	-	***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Подготовка к защите лабораторных работ №1-4 ***Подготовка к контрольной работе:*** Подготовка к контрольной работе №1 ***Изучение материалов литературных источников:*** [2], 69-199 [4], 6-64
3.1	Высоковольтные электрофизические установки	32		8	4	4	-	-	-	-	-	16	-	
4	Измерение высоких напряжений в электрофизических установках	32		8	4	4	-	-	-	-	-	16	-	***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Подготовка к защите лабораторных работ №1-4 ***Подготовка к контрольной работе:*** Подготовка к контрольной работе №2 ***Изучение материалов литературных***
4.1	Измерение высоких напряжений в	32		8	4	4	-	-	-	-	-	16	-	

	электрофизических установках													***источников:*** [1], 9-145, 171-182 [3], 80-196
5	Измерение сильных токов в электрофизических установках	24		4	4	2	-	-	-	-	-	14	-	***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], 149-182
5.1	Измерение сильных токов в электрофизических установках	24		4	4	2	-	-	-	-	-	14	-	
6	Спецвопросы измерений в электрофизических установках	22		6	4	2	-	-	-	-	-	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], 184-230
6.1	Спецвопросы измерений в электрофизических установках	22		6	4	2	-	-	-	-	-	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. Введение

1.1. Введение

Цели, задачи и применения электрофизических установок высокого напряжения. Виды применяемых высоких напряжений и сильных токов. Общая схема установок..

2. Накопители энергии в высоковольтных электрофизических установках

2.1. Накопители энергии в высоковольтных электрофизических установках

Типы накопителей энергии и их характеристики. Предельно возможные значения запасаемой энергии. Ударные и униполярные генераторы. Контур Горева. Получение токов большой длительности с помощью конденсаторных и аккумуляторных батарей. Емкостные накопители энергии. Режимы разряда, схема разрядной цепи, к.п.д. зарядных устройств. Увеличение тока в емкостных накопителях энергии. Индуктивные накопители энергии. Процессы зарядки и разряда в индуктивных накопителях энергии. Области применения и к.п.д. зарядных устройств индуктивных накопителей. Принципы умножения тока в индуктивных накопителях энергии. Применение сверхпроводимости в индуктивных накопителях. Проблемы коммутации тока и особенности аварийных режимов. Принцип работы и особенности взрывомагнитных генераторов импульсных токов. Гибридные генераторы. Получение импульсов напряжения и тока специальной формы..

3. Высоковольтные электрофизические установки

3.1. Высоковольтные электрофизические установки

Ускорители макрочастиц. Рельсотроны, индукционные ускорители. Ускорители элементарных частиц и электронных пучков. Импульсные и исследовательские термоядерные установки. Генераторы рентгеновских, сверхвысокочастотных и сверхширокополосных импульсов. Мощные лазеры..

4. Измерение высоких напряжений в электрофизических установках

4.1. Измерение высоких напряжений в электрофизических установках

Применение измерительного прибора с добавочным резистором или конденсатором для измерений постоянных и переменных высоких напряжений. Применение шаровых разрядников для измерений высоких напряжений. Электростатические и пиковые вольтметры. Делители высоких напряжений. Омические делители напряжения. Емкостные делители напряжения. Смешанные делители напряжения. Влияние присоединений на искажение сигнала. Частотные характеристики делителей высоких напряжений и реакция на прямоугольный импульс. Согласование измерительных кабелей в схемах с делителями напряжений..

5. Измерение сильных токов в электрофизических установках

5.1. Измерение сильных токов в электрофизических установках

Токовые шунты. Погрешности измерений, влияние присоединений, типовые конструкции. Измерения импульсных токов с помощью воздушного трансформатора тока. Параметры интегрирующих цепей. Применение эффекта Холла для измерения тока..

6. Спецвопросы измерений в электрофизических установках

6.1. Спецвопросы измерений в электрофизических установках

Измерения напряженностей электрического и магнитного полей. Флюксметры. Принцип работы и характеристики фотоэлектронных умножителей. Электронно-оптические преобразователи. Принцип работы, основные характеристики и возможности цифровых осциллографов. 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. Предельно возможные значения запасаемой энергии.;
2. Контур Горева;
3. Мощные лазеры.;
4. Емкостные накопители энергии;
5. Индуктивные накопители энергии;
6. Делители высоких напряжений.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Измерение высоких напряжений;
2. Измерения напряженностей электрического и магнитного полей.;
3. Измерение параметров быстрых токовых импульсов;
4. Измерение сильных токов. Погрешности измерений, влияние присоединений, типовые конструкции.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов в рамках подготовки к сдаче экзамена по дисциплине.
2. Консультации проводятся по разделу "Накопители энергии в высоковольтных электрофизических установках"
3. Обсуждение материалов в рамках подготовки к сдаче экзамена по дисциплине.
4. Обсуждение материалов в рамках подготовки к сдаче экзамена по дисциплине.
5. Обсуждение материалов в рамках подготовки к сдаче экзамена по дисциплине.
6. Обсуждение материалов в рамках подготовки 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 накопителей энергии, применяемых в высоковольтных электрофизических установках	ИД-5$_{ПК-1}$		+					Контрольная работа/Контрольная работа № 2
основные виды высоковольтных электрофизических установок, применяемых при проведении экспериментальных исследований	ИД-5$_{ПК-1}$				+	+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №1
методы и способы измерений в высоковольтных электрофизических установках	ИД-5$_{ПК-1}$		+	+	+			Контрольная работа/Контрольная работа № 2
источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет) по высоковольтным электрофизическим установкам и комплексам и областях их использования в электроэнергетике и электротехнике	ИД-5$_{ПК-1}$	+	+					Контрольная работа/Контрольная работа №1
Уметь:								
использовать компьютерные программы для проведения расчётов высоковольтных электрофизических установок и комплексов	ИД-5$_{ПК-1}$						+	Контрольная работа/Контрольная работа №3
самостоятельно рассчитывать режимы работы электрофизических установок	ИД-5$_{ПК-1}$			+				Контрольная работа/Контрольная работа №3
осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые элементы высоковольтных электрофизических установок и комплексов	ИД-5$_{ПК-1}$	+						Контрольная работа/Контрольная работа №1
самостоятельно определять параметры элементов по заданным характеристикам установок	ИД-5$_{ПК-1}$					+		Контрольная работа/Контрольная работа №1

анализировать информацию о новых направлениях применения высоковольтных электрофизических установок и комплексов в электроэнергетике и электротехнике	ИД-5$_{ПК-1}$						+	Контрольная работа/Контрольная работа № 2

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

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

Итоговая оценка по курсу выставляется на основании бально-рейтинговой системы

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. 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.;
2. Высоковольтные электротехнологии : Учебное пособие для втузов по курсу "Основы электротехнологии" / О. А. Аношин, и др., Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) ; Ред. И. П. Верещагин . – М. : Изд-во МЭИ, 2000 . – 204 с. - ISBN 5-7046-0535-4 .;
3. 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 .;
4. 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;
4. Scilab;
5. 7-zip.

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 ВИНИТИ 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 Institute of Physics** - https://www.scitation.org/
12. **Журналы American Physical Society** - https://journals.aps.org/about
13. **База данных издательства Annual Reviews Science Collection** - https://www.annualreviews.org/
14. **Журналы издательства Cambridge University Press** - https://www.cambridge.org/core
15. **База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.)** - https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true
16. **База данных Computers & Applied Sciences Complete (CASC)** - http://search.ebscohost.com
17. **База данных INSPEC на платформе компании EBSCO Publishing** - http://search.ebscohost.com
18. **Журналы Institute of Physics (IOP), Великобритания** - https://iopscience.iop.org/
19. **Журналы издательства Oxford University Press** - https://academic.oup.com/journals/
20. **База данных диссертаций ProQuest Dissertations and Theses Global** - https://search.proquest.com/pqdtglobal/index
21. **Журналы Журналы Royal Society of Chemistry** - https://pubs.rsc.org/
22. **Журналы издательства SAGE Publication (Sage)** - https://journals.sagepub.com/
23. **Журнал Science** - https://www.sciencemag.org/
24. **Журналы научного общества Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Digital Library** - https://www.spiedigitallibrary.org/
25. **Коллекция журналов Taylor & Francis Group** - https://www.tandfonline.com/
26. **Журналы издательства Wiley** - https://onlinelibrary.wiley.com/
27. **Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ)** - http://elib.mpei.ru/login.php
28. **Портал открытых данных Российской Федерации** - https://data.gov.ru
29. **Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование»** - https://openedu.ru
30. **Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии** - http://protect.gost.ru/
31. **Открытая университетская информационная система «РОССИЯ»** - https://uisrussia.msu.ru

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Д-5, Учебная лаборатория	парта, стол преподавателя, стул, экран, доска маркерная передвижная, лабораторный стенд, компьютер персональный, кондиционер
	Д-205, 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-205, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Д-03г, Учебная лаборатория	стеллаж, стол, стул, лабораторный стенд
	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-205, 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-205, 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

Высоковольтные электрофизические установки и комплексы

(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 Контрольная работа №3 (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	5	11	15
1	Введение				
1.1	Введение		+		
2	Накопители энергии в высоковольтных электрофизических установках				
2.1	Накопители энергии в высоковольтных электрофизических установках		+	+	
3	Высоковольтные электрофизические установки				
3.1	Высоковольтные электрофизические установки			+	+
4	Измерение высоких напряжений в электрофизических установках				
4.1	Измерение высоких напряжений в электрофизических установках		+	+	
5	Измерение сильных токов в электрофизических установках				
5.1	Измерение сильных токов в электрофизических установках		+		
6	Спецвопросы измерений в электрофизических установках				
6.1	Спецвопросы измерений в электрофизических установках		+	+	+
		Вес КМ, %:	20	45	35