

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

(должность)

	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)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лебедева Н.А.
	Идентификатор	R75716a03-LebedevaNA-9930664

(подпись)

Н.А. Лебедева

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Темников А.Г.
	Идентификатор	Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db00

(подпись)

А.Г. Темников

(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	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Подготовка к контрольной работе №1 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 7-68	
1.1	Введение	10		2	-	-	-	-	-	-	-	8	-		
2	Накопители энергии в высоковольтных электрофизических установках	24		4	-	4	-	-	-	-	-	-	16	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> 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	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Подготовка к защите лабораторных работ №1-4 <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Подготовка к контрольной работе №1 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Подготовка к защите лабораторных работ №1-4 <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Подготовка к контрольной работе №2 <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
4.1	Измерение высоких напряжений в	32		8	4	4	-	-	-	-	-	-	16	-	

	электрофизических установках												<u>источников:</u> [1], 9-145, 171-182 [3], 80-196
5	Измерение сильных токов в электрофизических установках	24	4	4	2	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Подготовка к защите лабораторных работ №1-4 <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Подготовка к контрольной работе №2
5.1	Измерение сильных токов в электрофизических установках	24	4	4	2	-	-	-	-	-	14	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 149-182
6	Спецвопросы измерений в электрофизических установках	22	6	4	2	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Подготовка к защите лабораторных работ №1-4 <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Подготовка к контрольной работе №2
6.1	Спецвопросы измерений в электрофизических установках	22	6	4	2	-	-	-	-	-	10	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 184-230
	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. Специальные вопросы измерений в электрофизических установках

6.1. Спецвопросы измерений в электрофизических установках

Измерения напряженностей электрического и магнитного полей. Флюксометры. 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 балльно-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 вузов 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 ВИНТИ 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 экспериментов, 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

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Высоковольтные электрофизические установки и комплексы**

(название дисциплины)

3 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля 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