

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроэнергетика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ
ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б4.Ч.06.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	8 семестр - 28 часа;
Практические занятия	8 семестр - 14 часов;
Лабораторные работы	8 семестр - 14 часов;
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	8 семестр - 51,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Лабораторная работа Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	8 семестр - 0,3 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Жуликов С.С.
	Идентификатор	R80c76a64-Zhulikov55-42c2a72f

С.С. Жуликов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кузнецов О.Н.
	Идентификатор	Rf1ad9303-KuznetsovON-34bc149f

О.Н. Кузнецов

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тульский В.Н.
	Идентификатор	R292b173d-TulskyVN-7e812984

В.Н. Тульский

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: заключается в изучении устройства и принципа действия испытательных установок высокого напряжения, режимов их работы, методов испытаний электроэнергетического оборудования, устройства и принципа действия приборов для измерений высоких напряжений и сильных токов

Задачи дисциплины

- формирование знания высоковольтных установок для испытаний электроэнергетического оборудования, их устройства, элементной базы, принципа действия и режимов работы;
- изучение устройства и принципа действия измерительной техники для регистрации высоких напряжений и сильных токов;
- освоение методов испытаний электротехнического оборудования с применением нормируемых испытательных воздействий.

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 участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ИД-2 _{ПК-1} Выбирает параметры электрооборудования, учитывая технические и экономические ограничения	знать: - виды и типы испытательных установок высокого напряжения, применяемых для испытаний электроэнергетического оборудования и научных исследований, их устройство, основной принцип действия, режимы работы; - методы испытаний высоковольтного электроэнергетического оборудования, параметры нормированных испытательных напряжений и токов. уметь: - проводить испытания высоковольтного электроэнергетического оборудования с применением измерительной техники; - проводить выбор элементов высоковольтных установок и расчет параметров испытательных воздействий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к факультативным дисциплинам основной профессиональной образовательной программе Электроэнергетика (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

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	Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний высоким напряжением	45	8	14	6	8	-	-	-	-	-	17	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний высоким напряжением", подготовка к лабораторной работе №2 "Испытания электрической прочности изоляции электрооборудования"</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний высоким напряжением", подготовка к лабораторной работе №1 "Испытательные установки высокого напряжения кафедры ТЭВН"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний высоким напряжением", подготовка к контрольной работе №1 "Установки для испытаний высоким напряжением, приборы и устройства для измерений высоких напряжений"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 9-63</p>
1.1	Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний высоким напряжением	45		14	6	8	-	-	-	-	-	17	-	

													[3], стр. 345-404 [4], стр. 5-22, 55-84, 94-97 [5], стр. 441-457
2	Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний сильными токами	45	14	8	6	-	-	-	-	-	17	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний сильными токами", подготовка к лабораторной работе №4 "Генератор тока молнии"
2.1	Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний сильными токами	45	14	8	6	-	-	-	-	-	17	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний сильными токами", подготовка к лабораторной работе №3 "Комбинированный генератор импульсных напряжений и токов для испытаний устройств защиты" <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний сильными токами", подготовка к контрольной работе №2 "Установки для испытаний сильными токами, приборы и устройства для измерений сильных токов" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 92-127 [2], стр. 5-33 [3], стр. 482-489 [4], стр. 150-171
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	108.0	28	14	14	-	-	-	-	0.3	34	17.7	
	Итого за семестр	108.0	28	14	14	-	-	-	-	0.3	51.7		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний высоким напряжением

1.1. Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний высоким напряжением

Цели и объекты испытаний, общая схема испытательного комплекса, нормированные испытательные высокие напряжения, основные методы испытаний. Испытательные установки высокого напряжения промышленной частоты. Испытательные трансформаторы высокого напряжения. Каскадные схемы испытательных трансформаторов и резонансные схемы для испытаний переменным высоким напряжением. Установки высокого напряжения постоянного тока. Схемы с выпрямителями, каскадный выпрямитель, особенности применения выпрямителей. Электростатический генератор Ван-де-Граафа, роторный генератор. Генераторы импульсных напряжений. Основные схемы одноступенчатых и многоступенчатых ГИН, их элементы и параметры. Схема замещения ГИН. Основные конструкции ГИН, особенности эксплуатации. Получение коммутационных импульсов напряжения от ГИН и схем с испытательными трансформаторами промышленной частоты. Управляемая коммутация. Управляемые воздушные разрядники и их особенности. Многоазорные воздушные разрядники. Основные типы формирующих линий и их свойства. Основные схемы ГИН на основе длинных линий без умножения напряжения. Генератор Блюмляйна. Причины искажений импульсов в генераторах с длинными линиями. Основные схемы ГИН на основе длинных линий с умножением напряжения. Генераторы с неоднородными линиями. Измерение высоких напряжений. Измерительные шаровые разрядники, электростатические вольтметры. Измерение высоких напряжений прибором с добавочным резистором или конденсатором, измерение максимальных значений переменных и импульсных напряжений. Делители напряжения. Требования к делителя, общая схема замещения, типы делителей, частотные характеристики делителей, реакция на прямоугольный импульс. Омические делители напряжения. Ёмкостные делители напряжения. Смешанные делители напряжения. Передача сигнала от делителей напряжения к регистраторам. Влияние измерительного кабеля. Регистрация сигналов. Современные цифровые регистраторы (осциллографы) и их возможности.

2. Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний сильными токами

2.1. Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний сильными токами

Цели и объекты испытаний. Механизмы воздействия тока. Общая схема испытательного комплекса, нормированные испытательные импульсные токи. Типы накопителей энергии для испытательных и электрофизических установок и их характеристики. Ёмкостные накопители энергии. Состав, основные характеристики, схемы зарядки. Разрядный контур ёмкостного накопителя энергии и его схема замещения. Режимы разряда и особенности многоконтурных схем ёмкостных накопителей энергии. Режим «кроубар», требования к кроубарному коммутатору. Работа ёмкостного накопителя энергии с согласующим импульсным трансформатором. Индуктивные накопители энергии, их состав, основные характеристики. Способы увеличения разрядного тока. Работа индуктивного накопителя энергии на омическую, индуктивную и ёмкостную нагрузку. Измерение сильных токов. Измерение сильных импульсных и периодических токов с помощью шунтов. Основные параметры и конструкции шунтов. Погрешности при измерениях токов с помощью шунтов. Измерение сильных токов с помощью воздушного трансформатора тока (пояса Роговского) и устройства на основе эффекта Холла.

3.3. Темы практических занятий

1. Испытания высоким напряжением;
2. Измерение высокого напряжения;
3. Испытание сильных токов;
4. Измерение сильного поля.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Генератор тока молнии;
2. Комбинированный генератор импульсных напряжений и токов для испытаний устройств защиты;
3. Испытания электрической прочности изоляции электрооборудования;
4. Испытательные установки высокого напряжения кафедры ТЭВН.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов раздела "Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний высоким напряжением"
2. Обсуждение материалов раздела "Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний сильными токами"

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	
Знать:				
методы испытаний высоковольтного электроэнергетического оборудования, параметры нормированных испытательных напряжений и токов	ИД-2ПК-1	+		Лабораторная работа/Лабораторная работа №1 «Испытательные установки высокого напряжения кафедры ТЭВН» Лабораторная работа/Лабораторная работа №2 «Испытания электрической прочности изоляции электрооборудования»
виды и типы испытательных установок высокого напряжения, применяемых для испытаний электроэнергетического оборудования и научных исследований, их устройство, основной принцип действия, режимы работы	ИД-2ПК-1	+		Контрольная работа/Контрольная работа №1 «Установки для испытаний высоким напряжением, приборы и устройства для измерений высоких напряжений»
Уметь:				
проводить выбор элементов высоковольтных установок и расчет параметров испытательных воздействий	ИД-2ПК-1		+	Контрольная работа/Контрольная работа №2 «Установки для испытаний сильными токами, приборы и устройства для измерений сильных токов» Лабораторная работа/Лабораторная работа №4 «Генератор тока молнии»
проводить испытания высоковольтного электроэнергетического оборудования с применением измерительной техники	ИД-2ПК-1		+	Лабораторная работа/Лабораторная работа №3 «Комбинированный генератор импульсных напряжений и токов для испытаний устройств защиты»

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Лабораторная работа №1 «Испытательные установки высокого напряжения кафедры ТЭВН» (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа №2 «Испытания электрической прочности изоляции электрооборудования» (Лабораторная работа)
3. Лабораторная работа №3 «Комбинированный генератор импульсных напряжений и токов для испытаний устройств защиты» (Лабораторная работа)
4. Лабораторная работа №4 «Генератор тока молнии» (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 «Установки для испытаний высоким напряжением, приборы и устройства для измерений высоких напряжений» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2 «Установки для испытаний сильными токами, приборы и устройства для измерений сильных токов» (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №8)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачётной составляющих

В диплом выставляется оценка за 8 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 вузов 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. Учебное пособие по курсу "Испытательные и электрофизические установки, техника эксперимента": Накопители энергии и их применение / В. А. Авруцкий, и др., Моск. энерг. ин-т (МЭИ) ; Ред. И. П. Кужекин . – 1982 . – 78 с.;
3. 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 .;
4. 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.;

5. Бортник И.М. , Белогловский А. А., Верещагин И. П., Вершинин Ю. Н.-
 "Электрофизические основы техники высоких напряжений", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2016 - (704 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72343.

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.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
11. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
12. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
13. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
14. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
15. 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-207, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-213, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Д-5а, Лаборатория каф. "ТЭВН"	лабораторный стенд
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-205, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая

Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
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

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Испытательные и электрофизические установки высокого напряжения**

(название дисциплины)

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

- КМ-1 Лабораторная работа №1 «Испытательные установки высокого напряжения кафедры ТЭВН» (Лабораторная работа)
- КМ-2 Лабораторная работа №2 «Испытания электрической прочности изоляции электрооборудования» (Лабораторная работа)
- КМ-3 Контрольная работа №1 «Установки для испытаний высоким напряжением, приборы и устройства для измерений высоких напряжений» (Контрольная работа)
- КМ-4 Лабораторная работа №3 «Комбинированный генератор импульсных напряжений и токов для испытаний устройств защиты» (Лабораторная работа)
- КМ-5 Лабораторная работа №4 «Генератор тока молнии» (Лабораторная работа)
- КМ-6 Контрольная работа №2 «Установки для испытаний сильными токами, приборы и устройства для измерений сильных токов» (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	8	10	12	14	15
1	Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний высоким напряжением							
1.1	Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний высоким напряжением		+	+	+			
2	Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний сильными токами							
2.1	Высоковольтные установки и измерительная техника для испытаний сильными токами					+	+	+
Вес КМ, %:			15	15	20	15	15	20