

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

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Термоядерные реакторы и плазменные установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ И АНАЛИЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.19
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 2;
Часов (всего) по учебному плану:	72 часа
Лекции	8 семестр - 14 часов;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	8 семестр - 14 часов;
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	8 семестр - 43,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Перекрестный опрос	
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	Лукашевский М.В.
	Идентификатор	R#4b7e3cb-LukashevskyMV-6844ab

М.В.
Лукашевский

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

А.В. Дедов

Заведующий выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

А.В. Дедов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение методов измерения основных электрических величин и приборов для регистрации и преобразования оптических сигналов, используемых при проектировании и эксплуатации систем сбора и обработки данных плазменных установок

Задачи дисциплины

- изучение основных принципов и методов измерения параметров электрических сигналов;
- изучение основных методов и приборов фотоэлектрической регистрации и преобразования оптических сигналов;
- приобретение навыков принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании элементов систем диагностики плазмы.

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-2 Способен к участию в лабораторном и численном эксперименте, обработке опытных данных	ИД-бПК-2 Владеет основными методами измерения и анализа электрических сигналов, демонстрирует понимание принципов работы приборов фотоэлектрической регистрации и преобразования оптических сигналов	знать: - методы измерения осциллограмм типичных электрических сигналов; - основные методы, применяемые для измерения интервалов времени и частоты сигналов; - основные методы анализа сигналов, применяемые в экспериментальной физике, принцип действия и область применения фотоэлектрических приемников излучения. уметь: - выполнять измерение и анализ типичных электрических сигналов, выполнять преобразование и регистрацию оптического излучения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Термоядерные реакторы и плазменные установки (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях
- знать Явление фотоэффекта
- знать Ряды и интегралы Фурье
- уметь Анализировать электрические цепи

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 2 зачетных единицы, 72 часа.

№ 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	Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов	17	8	4	5	-	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов"</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов" материалу.</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 54-85 [4], стр. 4 -13</p>	
1.1	Осциллографические методы измерения	17		4	5	-	-	-	-	-	-	-	8		-
2	Измерение интервалов времени, частоты и фазовых	4		2	-	-	-	-	-	-	-	-	2		-

	сдвигов												фазовых сдвигов"
2.1	Измерение интервалов времени, частоты и фазовых сдвигов	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	Самостоятельное изучение теоретического материала: Изучение дополнительного материала по разделу "Измерение интервалов времени, частоты и фазовых сдвигов" Изучение материалов литературных источников: [1], стр. 104-152
3	Методы анализа сигналов	13	4	3	-	-	-	-	-	-	6	-	Подготовка к текущему контролю: Повторение материала по разделу "Методы анализа сигналов"
3.1	Методы анализа сигналов	13	4	3	-	-	-	-	-	-	6	-	Подготовка к лабораторной работе: Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Методы анализа сигналов" материалу. Подготовка к аудиторным занятиям: Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы Самостоятельное изучение теоретического материала: Изучение дополнительного материала по разделу "Методы анализа сигналов" Изучение материалов литературных источников: [3], стр. 38 – 54, стр. 68 – 79 [4], стр. 31-44 [5], стр. 77-81, стр. 167-173
4	Фотоэлектрические приборы для регистрации оптического излучения	10	2	3	-	-	-	-	-	-	5	-	Подготовка к текущему контролю: Повторение материала по разделу "Фотоэлектрические приборы для регистрации оптического излучения"
4.1	Регистрация оптического	10	2	3	-	-	-	-	-	-	5	-	Подготовка к лабораторной работе: Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и

	излучения													задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Фотоэлектрические приборы для регистрации оптического излучения" материалу. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Фотоэлектрические приборы для регистрации оптического излучения" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 76-80, стр. 95- 127, стр. 145 – 159 [4], стр. 14 -30
5	Электронно-оптические преобразователи и усилители	10	2	3	-	-	-	-	-	-	5	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Электронно-оптические преобразователи и усилители"	
5.1	ЭОП	10	2	3	-	-	-	-	-	-	5	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Электронно-оптические преобразователи и усилители" материалу. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Электронно-оптические преобразователи и усилители" <u>Изучение материалов литературных</u>	

													источников: [2], стр. 159 – 166 [4], стр. 44 -55
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	72.0	14	14	-	-	-	-	-	0.3	26	17.7	
	Итого за семестр	72.0	14	14	-	-	-	-	-	0.3	43.7		

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. Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов

1.1. Осциллографические методы измерения

Источники электрических сигналов в физическом эксперименте Осциллографические методы измерений параметров электрических сигналов. Общая функциональная схема осциллографа. Электронно-лучевые трубки осциллографов. Виды осциллографических разверток. Синхронизация разверток. Входные каскады осциллографов. Стробоскопические осциллографы.

2. Измерение интервалов времени, частоты и фазовых сдвигов

2.1. Измерение интервалов времени, частоты и фазовых сдвигов

Измерение интервалов времени, периода, частоты, фазового сдвига методом дискретного счета. Функциональная схема цифрового частотомера. Способы уменьшения погрешности метода. Гетеродинные методы. Расширение частотного диапазона фазометров.

3. Методы анализа сигналов

3.1. Методы анализа сигналов

Преобразование Фурье. Спектральный анализ сигналов. Взаимная спектральная плотность сигналов. Энергетический спектр. Корреляционный анализ сигналов. Связь между энергетическим спектром сигнала и его автокорреляционной функцией. Применение корреляционного анализа для повышения отношения сигнал-шум. Метод синхронного детектирования. Теория синхронного детектирования. Синхронное детектирование в режиме развертки. Детекторы излучений. Возможные формы получения информации от детекторов излучений. Амплитудные анализаторы.

4. Фотоэлектрические приборы для регистрации оптического излучения

4.1. Регистрация оптического излучения

Принцип работы фотоприемных приборов. Характеристики и параметры фотоприемников. Вакуумный фотоэлемент, ФЭУ, каналные умножители. Фотодиоды на основе р-п-перехода. Фотодиоды с р-і-п-структурой. Лавинные фотодиоды. ПЗС-детекторы.

5. Электронно-оптические преобразователи и усилители

5.1. ЭОП

Конструкция ЭОП, назначения ЭОП. Методы усиления яркости изображения. Применение МКП и ВОП в ЭОП. Фотокатоды ЭОП. Времяанализирующие ЭОП. Дисекторы..

3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

1. Изучение осциллографических методов регистрации электрических сигналов;
2. Изучение полупроводниковых фотоприемных приборов;
3. Амплитудный анализ сигналов;
4. Электронно-оптические преобразователи и усилители.

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	5	
Знать:							
основные методы анализа сигналов, применяемые в экспериментальной физике, принцип действия и область применения фотоэлектрических приемников излучения	ИД-бПК-2			+	+	+	Контрольная работа/Методы анализа сигналов, Фотоэлектрические приемники излучения
основные методы, применяемые для измерения интервалов времени и частоты сигналов	ИД-бПК-2		+				Контрольная работа/Метод дискретного счета и его разновидности. Гетеродинный метод
методы измерения осциллограмм типичных электрических сигналов	ИД-бПК-2	+					Контрольная работа/Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов
Уметь:							
выполнять измерение и анализ типичных электрических сигналов, выполнять преобразование и регистрацию оптического излучения	ИД-бПК-2	+		+	+	+	Перекрестный опрос/Защита лабораторных работ

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: Билеты (письменный опрос)

1. Метод дискретного счета и его разновидности. Гетеродинный метод (Контрольная работа)
2. Методы анализа сигналов, Фотоэлектрические приемники излучения (Контрольная работа)
3. Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторных работ (Перекрестный опрос)

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 зачетной 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. Мирский, Г. Я. Радиоэлектронные измерения / Г. Я. Мирский . – 2-е изд., перераб. и доп. . – М. : Энергия, 1969 . – 528 с.;
2. Ишанин Г. Г., Челибанов В. П.- "Приемники оптического излучения", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (304 с.)
<https://e.lanbook.com/book/168713>;
3. Баскаков, С. И. Радиотехнические цепи и сигналы : Руководство к решению задач : учебное пособие для вузов по специальности "Радиотехника" / С. И. Баскаков . – 3-е изд. . – М. : Эдиториал УРСС, 2016 . – 224 с. – (Классика инженерной мысли: радиотехника) . - ISBN 978-5-9710-0833-0 .;
4. Методы измерения и анализа электрических величин. Лабораторный практикум : учебное пособие по курсу "Методы измерения и анализа электрических величин" / Ю. И. Малахов, М. В. Лукашевский, И. И. Коротких, И. В. Воинкова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 60 с. - ISBN 978-5-7046-1742-6 .
<http://elibrary.mpei.ru/elibrary/view.php?id=8221>;
5. Маталин, Л. А. Методы регистрации и обработки данных в ядерной физике и технике / Л. А. Маталин, Ж. Нараи, С. И. Чубаров ; ред. Л. А. Маталин . – М. : Атомиздат, 1968 . – 570 с..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

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. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
6. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
7. 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 контроля	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	А-113, Учебно-научная лаборатория «Оптико-физических измерений»	рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование учебное, техническая аппаратура, компьютер персональный, принтер, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для самостоятельной работы	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для консультирования	А-208, Преподавательская	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки,

		компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	А-025, Кладовка лабораторного оборудования	стеллаж, оборудование специализированное

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы измерения и анализа электрических величин

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов (Контрольная работа)
 КМ-2 Метод дискретного счета и его разновидности. Гетеродинный метод (Контрольная работа)
 КМ-3 Методы анализа сигналов, Фотоэлектрические приемники излучения (Контрольная работа)
 КМ-4 Защита лабораторных работ (Перекрестный опрос)

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	14
1	Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов					
1.1	Осциллографические методы измерения		+			+
2	Измерение интервалов времени, частоты и фазовых сдвигов					
2.1	Измерение интервалов времени, частоты и фазовых сдвигов			+		
3	Методы анализа сигналов					
3.1	Методы анализа сигналов				+	+
4	Фотоэлектрические приборы для регистрации оптического излучения					
4.1	Регистрация оптического излучения				+	+
5	Электронно-оптические преобразователи и усилители					
5.1	ЭОП				+	+
Вес КМ, %:			20	20	20	40