

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 15:30:29  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f73405c3f8bca9218c602

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»

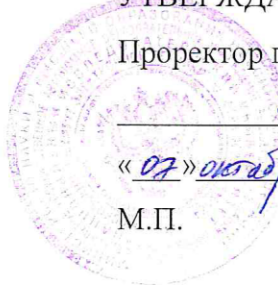
УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

И.Г.Игнатова

« 07 » сентября 2020 г.

М.П.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Измерительные комплексы Keysight»

Направление подготовки - 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»  
Направленность (профили) – «Проектирование и технология устройств интегральной наноэлектроники», «Проектирование приборов и систем»

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

**Компетенция ПК-6** «Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов» **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.035** «Инженер-конструктор аналоговых сложнофункциональных блоков»

**Обобщенная трудовая функция D** «Сопровождение работ по проекту, контроль требований технического задания на аналоговый СФ-блок и отдельные аналоговые блоки»

**Трудовая функция D/02.7** «Контроль первичных технических требований, выбор технологического базиса для аналогового СФ-блока»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
<p>ПК-6.ИКАg Способен к проведению экспериментальных исследований с использованием современных измерительных комплексов</p>	<p>научно-исследовательская деятельность: разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов</p>	<p>Знает - понятия теоретической метрологии; - положения системы стандартизации и сертификации, системы обеспечения единства измерений, место и роль измерений в системах качества; - основные принципы и методы радиоизмерений, включая измерения параметров радиотехнических сигналов, измерения интенсивности электромагнитного излучения радиодиапазона, измерения параметров антенно-фидерных и приёмо-передающих устройств. Умеет - профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы. - организовывать и проводить экспериментальные исследования с применением современных средств и методов; - разрабатывать методики испытаний РИНС с применением современных аппаратно-программных комплексов; - проводить физическое и математическое моделирование РИНС с применением аппаратно-программных комплексов; - изучать и применять стандарты и нормативные технические документы систем измерений, испытаний, сертификации устройств, узлов, радиоэлектронных систем; - разрабатывать и применять разработки с целью получения новых научных знаний. Имеет опыт деятельности По разработке методик выполнения измерений при разработке, производстве, испытаниях радиоэлектронных систем</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Измерительные комплексы Keysight» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, Блока ФТД «Факультативы» образовательной программы.

Входные требования к дисциплине – необходимы компетенции в области электротехники, электроники, аналоговой техники, теории вероятностей и статистики.

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	1	3	108	-	32	16	60	Зачет

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Методы и средства измерений параметров сигналов.	-	-	4	15	Опрос на семинаре
2. Измерения частотных характеристик систем.	-	12	4	15	Опрос на семинаре
					Выполнение и защита лабораторных работ
3. Измерения параметров цепей радиотехнических устройств и систем.	-	8	4	15	Опрос на семинаре
					Выполнение и защита лабораторных работ
4. Измерения величин и параметров электромагнитных полей в свободном пространстве.	-	12	4	15	Опрос на семинаре
					Выполнение и защита лабораторных работ

### 4.1. Лекционные занятия

Не предусмотрены.

## 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование
1	1	2	Решение задач по теме Методы и средства измерений параметров сигналов. Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач: Измерение частотно-модулированных сигналов. Амплитудная модуляция. Фазовая модуляция. Визуализация сигнала с помощью осциллографа. Спектр сигнала. Преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье.
	2	2	Решение задач по теме Методы и средства измерений параметров сигналов. Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач: Визуализация сигнала с помощью анализатора сигналов. Измерение параметров спектра сигнала с помощью анализатора спектра. Измерение параметров спектра сигнала с помощью анализатора цепей. Измерение фазового сдвига и группового времени запаздывания.
2	3	2	Решение задач по теме Измерения частотных характеристик систем. Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач: Измерение амплитудно-частотных характеристик. Обработка сигнала промежуточной частоты. Получение видеосигнала.
	4	2	Решение задач по теме Измерения частотных характеристик систем. Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач: Измерения фазового шума. Измерения импульсных сигналов. Измерения мощности в канале и соседнем канале. Измерения модулированных сигналов.
3	5	2	Решение задач по теме Измерения параметров цепей радиотехнических устройств и систем. Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач: Измерение коэффициента отражения. Измерение коэффициента передачи. Измерение группового времени запаздывания. Измерение фазового запаздывания, электрической длины. Измерение устойчивости. Измерение времени переключения и эффектов дрейфа. Измерения усилителей, работающих в импульсном режиме. Измерение эффективности (КПД). Измерения во временной области. Численное обратное преобразование Фурье. Примеры измерений во временной области. Измерение расстояния до повреждения. ВЧ отображение для неразрушающей оценки.
	6	2	Решение задач по теме Измерения параметров цепей радиотехнических устройств и систем. Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач: Измерение точки компрессии. Измерение характеристики детектора. Гармоники. Интермодуляция. Измеритель мощности с внешней тестовой установкой. Дифференциальные измерения. Сигналы и параметры смесителей. Измерения антенных устройств и эффективной площади рассеяния. Основные измеряемые характеристики антенн. Измерения радиолокационного поперечного сечения.
4	7	2	Решение задач по теме Измерения величин и параметров электромагнитных полей в свободном пространстве.

			<p>Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач:</p> <p>Измерение параметров антенно-фидерных устройств с помощью анализаторов цепей. Измерение модуля коэффициента отражения в фидерных линиях. Смешанные методы определения параметров антенно-фидерных устройств. Измерения параметров трактов с распределёнными постоянными. Измерение параметров фидерных линий. Измерение напряжённости поля. Снятие диаграммы направленности антенн.</p>
	8	2	<p>Решение задач по теме</p> <p>Измерения величин и параметров электромагнитных полей в свободном пространстве. Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач:</p> <p>Измерение коэффициента усиления антенн. Измерение эффективной площади рассеяния. Измерение спектральных параметров излучений радиопередающих устройств. Измерение параметров побочных излучений радиопередающих устройств. Измерение напряжённости электромагнитного поля. Измерение диаграмм направленности антенн. Измерение промышленных радиопомех. Измерение радиопомех, создаваемых радиоприёмниками. Измерение параметров восприимчивости радиоприёмных устройств.</p>

### 4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование
2	1	4	Автоматизированная установка для измерения параметров антенн.
	2	4	Обнаружение сигналов мобильных устройств радиосвязи.
	3	4	Разработка и реализация методики измерения коэффициента шума малошумящего усилителя.
3	4	4	Разработка и реализация методики измерения фазового сдвига, модуля коэффициента передачи в различных средах.
	5	4	Настройка, браковка модуля АФАР.
4	6	4	Разработка и реализация методики измерения параметров антенны с помощью метода двух антенн.
	7	4	Разработка методики измерения напряжённости электрического поля помех.
	8	4	Разработка методики измерения напряжённости магнитного поля помех.

### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	7	<p>Подготовка к семинару №1:</p> <p>Методы и средства измерений параметров сигналов. Сигналы. Осциллографы. Генераторы. Измерение параметров сигналов. Принципы измерений. Преобразование Фурье (прямое, обратное). Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Модуляция. Виды модуляции. Сигналы, отображаемые во временной области. Соотношения между временной и частотной областями. Периодические сигналы. Непериодические сигналы. Анализаторы сигналов.</p>

1	8	Подготовка к семинару №2: Сигналы. Сигналы, отображаемые во временной области. Соотношения между временной и частотной областями. Периодические сигналы. Непериодические сигналы. Анализаторы сигналов. Подготовка доклада
2	7	Подготовка к семинару №3: Структурная схема и органы управления анализатора спектра. Фурье – анализатор. Анализаторы, работающие по супергетеродинному принципу. Детекторы. Обработка сигнала промежуточной частоты. Получение видеосигнала. Подготовка к лабораторной работе №1.
2	8	Подготовка к семинару №4: Рабочие характеристики анализаторов спектра. Собственные шумы. Нелинейности. Фазовый шум. Устойчивость к помехам. Характеристики фильтров. Погрешность частоты. Основные измерительные задачи: Измерения фазового шума. Измерения импульсных сигналов. Измерения мощности в канале и соседнем канале. Подготовка к лабораторным работам №2 и №3.
3	8	Подготовка к семинару №5: Анализатор цепей. Волновые величины и S – параметры. Векторный анализ цепей. Генератор. Опорный и измерительный приёмники. Дистанционное управление прибором. Точность измерений и калибровка приборов. Эталоны для калибровки. Линейные модели ошибок и методика калибровки. Линейные измерения. Измерение коэффициента отражения. Измерение коэффициента передачи. Измерение группового времени запаздывания. Измерение фазового запаздывания, электрической длины. Измерение устойчивости. Подготовка к лабораторной работе №4.
3	7	Подготовка к семинару №6: Измерения усилителей, работающих в импульсном режиме. Измерение эффективности (КПД). Измерения во временной области. Численное обратное преобразование Фурье. Нелинейные измерения. Измерение характеристики детектора. Гармоники. Интермодуляция. Измерение S – параметров. Дифференциальные измерения. Измерения смесителей. Измерение точки компрессии. Гармоники. Интермодуляция. Дифференциальные измерения. Сигналы и параметры смесителей. Измерения антенных устройств и эффективной площади рассеяния. Основные измеряемые характеристики антенн. Измерения радиолокационного поперечного сечения. Подготовка к лабораторной работе №5.
4	8	Подготовка к семинару №7: Параметры антенно-фидерных устройств. Резонансные методы измерения входного сопротивления. Измерение параметров антенно-фидерных устройств с помощью анализаторов цепей. Измерение модуля коэффициента отражения в фидерных линиях. Измерения параметров трактов с распределёнными постоянными. Измерение параметров фидерных линий. Безэховые камеры. Подготовка к лабораторным работам №6 и №7.
4	7	Подготовка к семинару №8: Измерение напряжённости поля. Измерение диаграммы направленности антенн. Измерение коэффициента усиления антенн. Измерение напряжённости электромагнитного поля. Измерение промышленных радиопомех. Измерение радиопомех, создаваемых радиоприёмниками. Измерение параметров восприимчивости радиоприёмных устройств. Подготовка доклада. Подготовка к лабораторной работе №8.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены.

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <https://orioks.miet.ru>).

**Модуль 1** «Методы и средства измерений параметров сигналов.»

✓ Лабораторный практикум, электронная версия в ОРИОКС

**Модуль 2** «Измерения частотных характеристик систем»

✓ Лабораторный практикум, электронная версия в ОРИОКС

**Модуль 3** «Измерения параметров цепей радиотехнических устройств и систем»

✓ Лабораторный практикум, электронная версия в ОРИОКС

**Модуль 4** «Измерения величин и параметров электромагнитных полей в свободном пространстве»

✓ Лабораторный практикум, электронная версия в ОРИОКС

### 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Основная литература

1. Боровков А.С. Метрология и радиоизмерения : Лабораторный практикум / А.С. Боровков, П.Ю. Вацков; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2017. - 76 с
2. Афонский, А.А. Электронные измерения в нанотехнологиях и микроэлектронике / А.А. Афонский, В.П. Дьяконов; Под ред. В.П. Дьяконова. - М. : ДМК Пресс, 2011. - 688 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/900> (дата обращения: 10.05.2020). - ISBN 978-5-94074-626-3
3. Радиотехника: Энциклопедия / Под ред. Ю.Л. Мазора, Е.А. Мачусского, В.И. Правды. - 2-е изд., стер. - М. : ДОДЭКА-XXI, 2010. - 944 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/61003> (дата обращения: 15.05.2020). - ISBN 978-5-94120-216-4
4. Крук, Б. И. Основы спектрального анализа : учебное пособие / Б. И. Крук, О. Б. Журавлева. - М. : Горячая линия-Телеком, 2016. - 148 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/111069> (дата обращения: 31.05.2020). - ISBN 978-5-9912-0327-2
5. Гребенкин В.З. Метрология : Лабораторный практикум / В.З. Гребенкин, А.А. Дегтярев, В.А. Летягин; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ); Под ред. А.А. Дегтярева. - М. : МИЭТ, 2010. - 124 с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. ELECTRONIX : форум. – URL: <https://electronix.ru/forum/> (дата обращения: 19.03.2020). – Режим доступа: после регистрации.
2. ТЕХЭКСПЕРТ: сайт. – Москва, 2010. – URL: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 20.03.2020)

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации дисциплины используется **смешанное обучение**, в основе которого лежит интеграция технологий традиционного и электронного освоения компетенций, в частности за счет использования таких инструментов как видеолекции, онлайн тестирование, взаимодействие со студентами в электронной образовательной среде.

Обучение студента на практических занятиях – семинарах производится в формах:

1. Решение задач по темам семинаров, способствующее усвоению знаний принципов и методов радиоизмерений, включая измерения параметров радиотехнических сигналов, интенсивности электромагнитного излучения радиодиапазона, параметров антенно-фидерных и приёмо-передающих устройств.

2. Опрос по знанию основных положений, терминов, определений.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС(<http://orioks.miet.ru>).

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта, сервисы видеоконференцсвязи и социальные сети.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах тестирования в ОРИОКС и MOODLe.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внешние электронные ресурсы** в формах электронных компонентов видео-сервисов Discord и ZOOM.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Компьютер с мультимедийным оборудованием. Аудитория с мультимедийной доской.	Операционная система, текстовый редактор, браузер, редактор для воспроизведения презентаций



Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Лаборатории антенно-фидерных и приемопередающих устройств	Персональные компьютеры, D-Link DGS-1024A, анализаторы сигнала Agilent Technologies N9000A, генераторы сигнала Agilent Technologies N5171B, источник питания Agilent Technologies U8032A, источники питания Gwinstek CPS-3303, источники шума Agilent Technologies N4000A, измеритель мощности Agilent Technologies N1913A, осциллографы Tektronix TDS 2022C	Azure, LABVIEW, Open Office, Mozilla Firefox, Acrobat Reader DC
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС	Операционная система, текстовый редактор, браузер

## **10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОД КОМПЕТЕНЦИЙ**

ФОС по подкомпетенции ПК-6.ИКАg «Способен к проведению экспериментальных исследований с использованием современных измерительных комплексов».

Фонд оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <https://orioks.miet.ru/>

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **11.1. Особенности организации процесса обучения**

Целью изучения дисциплины является развитие у студентов способностей к проведению экспериментальных исследований с использованием современных измерительных комплексов.

Процесс обучения разбит на четыре модуля.

Дисциплина состоит из лабораторных работ и практических занятий. Комплект лабораторных работ предполагает решение измерительных задач, которые требуют создания автоматизированных измерительных установок, измерения заданных физических величин и определения погрешностей с целью исследования объектов измерений. На практических занятиях студенты решают задачи, выступают с докладами, выполняют задания и

закрепляют материал по темам: методы и средства измерений параметров сигналов, измерения частотных характеристик систем, измерения параметров цепей радиотехнических устройств и систем, измерения величин и параметров электромагнитных полей в свободном пространстве.

Консультации предназначены для закрытия долгов, предоставлению отчетов по лабораторным работам и для иного текущего консультирования в рамках дисциплины.

### **11.2. Система контроля и оценивания**

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются: выполнение лабораторных работ (максимум 8 баллов), активность на семинарах (максимум 2 балла), ответы на вопросы диф. зачёта (максимум 20 баллов). Общая сумма баллов 0 - 100.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

#### **РАЗРАБОТЧИК:**

Доцент Института МПСУ, к.т.н.

 /А.С. Боровков /

Рабочая программа дисциплины «Измерительные комплексы Keysight» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилям) «Проектирование и технология устройств интегральной наноэлектроники», «Проектирование приборов и систем» разработана в Институте МПСУ и утверждена на заседании УС Института 30.09 2020 года, протокол № 1


Зам.директора института МПСУ

 /Д.В. Калеев /

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ


Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой ИЭМС

Заведующий кафедрой ИЭМС

 / Ю. А. Чаплыгин /

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

 /И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки

 /Т.П. Филиппова /