Межгосударственная образовательная организация высшего образования «Российско-Армянский университет»

Утверждено
Директор Института
Агаронян А.К. _____
«19» июня 2026 г., протокол № 10
Утвержден Ученым Советом ИМФВТ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Б1.О.04 «Расширенная цифровая связь»

Автор (ы) _*Эйрамджян Сурен Геворкович, к.т.н.*_
Ф.И.О, ученое звание (при наличии), ученая степень (при наличии)

Направление подготовки: 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Наименование образовательной программы: Беспроводные коммуникации и сенсоры

Согласовано:

Заведующий Базовой кафедрой Телекоммуникаций
Сиволенко Э. Р.
_____
(подпись)

1. АННОТАЦИЯ

1.1. Учебная программа «Расширенная цифровая связь» ориентирована на подготовку высокопрофессиональных кадров в области телекоммуникаций, которые должны обладать основополагающими знаниями и навыками цифровых коммуникационных устройств, методами формирования и обработки цифровых сигналов, т.к. последние являются неотъемлемой частью современных телекоммуникационных систем и сетей. Актуальной практической задачей дисциплины является подготовка магистрантов к творческому профессиональному восприятию последующих специальных дисциплин.

1.2. Данная дисциплина теснейшим образом взаимосвязана с последующими дисциплинами: основы связи, цифровые системы связи, построение телекоммуникационных сетей и систем, теория связи и т.д.

1.3. Магистрант должен

- ***знать*** основы по курсам: математического анализа, аналитической геометрии, векторной алгебры и векторного анализа, дифференциальных уравнений, по общим курсам физики - электричество и магнетизм, теория цепей, а также теорию сигналов.
- ***уметь*** применять знания при решении соответствующих задач,
- ***владеть*** навыками интегрального, дифференциального, векторного и матричного исчислений.

1.4. Дисциплины, изучение которых является необходимой базой для освоения данной дисциплины следующие - физика I, II, III, IV, математика I, II, III, IV, теория цепей, теория сигналов и т.д.

Код компетенции *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование компетенции** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Код индикатора достижения компетенций** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование индикатора достижений компетенций***(в соответствии рабочим с учебным планом)*
УК-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	**УК-2.1** **УК-2.2**	**Знает** этапы жизненного цикла проекта, этапы разработки и реализации проекта, методы разработки и управления проектами **Умеет** разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его

		УК-2.3	реализации, определять целевые этапы, основные направления работ, объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта и управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла. **Владеет** методиками разработки и управления проектом, методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта.
УК-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	**УК-3.1** **УК-3.2** **УК-3.3**	**Знает** методики формирования команд, методы эффективного руководства коллективами, основные теории лидерства и стили руководства. **Умеет** разрабатывать план групповых и организационных коммуникаций при подготовке и выполнении проекта, сформулировать задачи членам команды для достижения поставленной цели, разрабатывать командную стратегию, применять эффективные стили руководства командой для достижения поставленной цели. **Владеет** умением анализировать, проектировать и организовывать межличностные, групповые и организационные коммуникации в команде для достижения поставленной цели, методами ПГУ и управления коллективом
ПК-7	Способен к выполнению работ по обеспечению функционирования телекоммуникационного оборудования корпоративных сетей с учетом требований информационной безопасности.	**ПК-7.1** **ПК-7.2** **ПК-7.3**	**Знает** основы сетевых технологий, стандарты и методы защищенной передачи данных в корпоративных сетях современные технологии и стандарты администрирования телекоммуникационных корпоративных сетей. **Умеет** поддерживать актуальность сетевой инфраструктуры, использовать средства диагностики и мониторинга оборудования. **Владеет** навыками администрирования системного и сетевого программного обеспечения, навыками защиты баз данных от несанкционированного

			доступа.

2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

2.1. ***Цель дисциплины*** - изучение теоретических основ формирования цифровых сигналов, структуры и построения аналоговых и цифровых устройств для преобразования сигналов, способов обработки аналоговых и цифровых сигналов, и приобретение магистрантами необходимых практических навыков.

Задача - привить студентам навыки оценивать применимость различных цифровых систем и устройств телекоммуникаций, определять их параметры и характеристики, навыки практической работы с измерительной аппаратурой, понимание и освоение устройств цифровой связи, для грамотной эксплуатации цифровых телекоммуникационных систем и подсистем.

После изучения дисциплины студент должен:

- ***знать*** классификацию устройств цифровой связи и требования, предьявляемые к ним; современный уровень развития техники цифровой связи и техники приема и передачи данныйх; принципы организации цифровых телекоммуникационных устройств и сетей;

- ***уметь*** при работе с телекоммуникационным оборудованием разрабатывать и грамотно эксплуатировать устройства цифровой связи, со строгим соблюдением правил техники безопасности.

- ***иметь*** понимание современных тенденций развития цифровых систем и устройств связи.

- ***владеть*** навыками практической работы с системами и устройствами цифровой связи, а каже современной измерительной аппаратурой для исследования и тестирования таковых.

2.2. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах -144 и зачетных единицах - 4)

Виды учебной работы	**Всего, в акад. часах**	**Распределение по семестрам**					
		__I_ сем	**_II__ сем**	**_III__ сем**	**_IV_ _ сем.**	**___ сем**	**____ сем.**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1. Общая трудоемкость изучения	**144**			**144**			

дисциплины по семестрам, в т. ч.:							
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	**32**			**32**			
1.1.1.Лекции	**16**			**16**			
1.1.2.Практические занятия, в т. ч.	**16**			**16**			
1.1.2.1. Обсуждение прикладных проектов							
1.1.2.2. Контрольные работы							
1.1.2.3. Другое (указать)							
1.1.3.Семинары							
1.1.4.Лабораторные работы							
1.1.5.Другие виды (практические работы)							
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	**76**			**76**			
1.2.1. Подготовка к экзаменам	**30**			**30**			
1.2.1.1.Другое (указать)							
1.3. Консультации	**10**			**10**			
1.4. Другие методы и формы занятий	**36**			**36**			
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	**Экзамен 36**			**Экзамен 36**			

2.3. Содержание дисциплины

2.3.1. Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

Разделы и темы дисциплины	**Всего (ак. часов)**	**Лекции (ак. часов)**	**Семинары (ак. часов)**	**Практ. Занятия (ак. часов)**	**Лабор. (ак. часов)**
1	**2=3+4+5+6+7**	**3**	**4**	**5**	**6**
Введение	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Раздел 1. Цифровые устройства и их	**8**	**4**	**-**	**4**	**-**
Тема 1.1. Системы на чипах, их архитектуры.	**3**	**1**	**-**	**2**	
Тема 1.2. Цифровая модуляция.	**3**	**1**	**-**	**2**	
Тема 1.3. БПФ, Комплексный спектр.	**2**	**2**	**-**	**-**	
Раздел 2. *Цифровое формирование сигналов*	**6**	**4**	**-**	**2**	
Тема 2.1. Комплексная модуляция (IQ), оцифровка по Найквисту, Оконные функции и искажения цифрования.	**2**	**1**	**-**	**1**	

Тема 2.2. Битовая и символьная скорость, типы цифровой модуляции.	**2**	**1**	**-**	**1**	
Тема 2.3. Измерения параметров цифровых приемных устройств, Коэффициент ошибок по битам и пакетам (BER, PER).	**2**	**2**	**-**	**-**	
Раздел 3. ***Измерения цифровых сигналов***	**8**	**4**	**-**	**4**	
Тема 3.1. Спектральный анализ (скалярный и векторный)	**2**	**1**	**-**	**1**	
Тема 3.2. Канальные искажения, полоса сигнала, фазовые шумы и их влияния на цифровые сигналы.	**2**	**1**	**-**	**1**	
Тема 3.3. Квадратурные искажения и их влияние на цифровые модуляции.	**3**	**1**	**-**	**2**	
Тема 3.4.Фазовые шумы, Коэффициент шума, Гармонические искажения, Интермодуляционные искажения и влияние на качество цифровой связи.	**1**	**1**	**-**	**-**	
Раздел 4. Расширение спектра в цифровой связи	**4**	**2**	**-**	**2**	
Тема 4.1. Прямое расширение спектра, системы с кодовым разделением каналов.	**3**	**2**	**-**	**1**	
Тема 4.2. Расширение спектра с псевдослучайной перестройкой частоты.	**1**	**-**	**-**	**1**	
Раздел 5. Разделение каналов	**8**	**4**	**-**	**4**	
Тема 5.1. Частотное и временное разделение каналов.	**4**	**2**	**-**	**2**	
Тема 5.2. Ортогональное частотное мультиплексирование (OFDM)	**2**	**1**	**-**	**1**	**-**

Тема 5.3. Системт с множественными выодами и выходами (MIMO) и пространственное разделение каналов.	**2**	**1**	**-**	**1**	**-**
ИТОГО	**32**	**16**	**-**	**16**	

2.3.2. Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана

РАСШИРЕННАЯ ЦИФРОВАЯ СВЯЗЬ

Введение

Содержание дисциплины. Понятие устройств цифровой передачи и приема сигналов.

Раздел 1. Цифровые устройства и их архитектура.

Тема 1.1. Системы на чипах, их архитектуры.

Архитектуры цифровых приемопередающих устройств, современные системы на одном чипе или кристале (SOC).

Тема 1.2. Цифровая модуляция.

Типы модуляции: аналоговая и цифровая, разница, преимущества и недостатки цифровой модуляции.

Тема 1.3. БПФ, Комплексный спектр.

Цифровая обработка сигналов и преобразование спектра, Преобразование Фурье (дискретное и быстрое) как инструмент обработки сигналов, понятия скалярного и комплексного спектров сигнала.

Раздел 2. ***Цифровое формирование сигналов***

Тема 2.1. Комплексная модуляция (IQ), оцифровка по Найквисту, Оконные функции и искажения цифрования.

Понятие комплексной модуляции, формирование квадратуры (IQ) и ее применение в формировании цифровых сигналов. Понятие критерий Найквиста, понятие зон Найквиста и их влияние при оцифровке сигналов. Оконные функции в качестве инструмента против искажений возникающих в следствие оцифровки (когерентной и некогерентной).

Тема 2.2. Битовая и символьная скорость, типы цифровой модуляции.

Понятие символов в цифровой модуляции, взаимосвязь символьной и битивий скорости, а также зависимость от схемы модуляции.

Тема 2.3. Измерения параметров цифровых приемных устройств, Коэффициент ошибок по битам и пакетам (BER, PER).

Методы и средства измерения приемных устройств цифровой связи, изучение чувствительности, а также зависимость коэффициентов ошибок по битам и пакетам от них.

Раздел 3. ***Измерения цифровых сигналов***

Тема 3.1 Спектральный анализ (скалярный и векторный).

Ознакомление с различными методами измерения сигналов, временная и частотная зависимость, спектральный анализ сигналов, скальарные и векторные анализаторы сигналов и их применение при исследовании цифровых сигналов.

Тема 3.2. Канальные искажения, полоса сигнала, фазовые шумы и их влияния на цифровые сигналы.

Понятие канала, его спектралные характеристики, такие как полоса, мощность в полосе, спектральная маска, а также их исскажения в следствие фазовых шумов опорных генераторов (гетеродинов) и т.д.

Тема 3.3. Квадратурные искажения и их влияние на цифровые модуляции

Понятие квадратурных искажениях во время квадратурной модуляции (IQ Impairments), разбаланс квадратуры, деформация, постоянный сдвиг и т.д., и влияние на цифровую модуляцию, возникновение вектора ошибки (EVM, MER).

Тема 3.4. Фазовые шумы, Коэффициент шума, Гармонические искажения, Интермодуляционные искажения и влияние на качество цифровой связи..

Опорные генераторы и их фазовые шумы, коэффициент шума применых устройств, гармонические искажения генераторов, а также нелинейность усилительных трактов приводящих к интермодуляционным искажениям, влияние перечисленный явлений на качество цифрового сигнала.

Раздел 4. Расширение спектра в цифровой связи

Тема 4.1. Прямое расширение спектра, системы с кодовым разделением каналов.

Ознакомление с методом прямого расширения сигналов путем использования псевдослучаийных последовательностей, формирование шумоподобных сигналов.

Тема 4.2 Расширение спектра с псевдослучайной перестройкой частоты..

Ознакомление с понятием расширения спектра путем псевдослучайной перестройки радио частоты (ППРЧ), а также с понятиями быстрой и медленной перестройки частоты. Шума и помехозашищенность таких сигналов.

Раздел 5. Разделение каналов

Тема 5.1. Частотное и временное разделение каналов.

Изучение методов увеличения каналов путем разделения частот (FDM), а также использование временного разделения для передачи и приема сигналов в различные периоды времени (слотов) с использованием одних и тех же частот (TDM). Примеры систем с использованием частотным и временным разделением.

Тема 5.2. Ортогональное частотное мультиплексирование (OFDM).

Изучения ортогонального частотоного мультиплексирования, понятие многолучевости и равоты систем с OFDM в таких условиях, метод формирования и обработка сигналов.

Тема 5.3. Системт с множественными выодами и выходами (MIMO) и пространственное разделение каналов..

Изучение систем с множественными входами и выходами (MIMO), понятие многоэлементных систем и фазированных антенных решеток, формирования мнголучевых структур, а также пространственного разделения каналов…….

2.3.3. Краткое содержание семинарских/практических занятий/лабораторного практикума

Наименование практичеких работ
1. Оцифровка, скалярный и вектроный спектр
2. Комплексная модуляция (IQ)
3. Цифровые модуляции и их виды
4. Исследование антиалайзинговых фильтров.
5. Коэффициент шума, Фазовый шум и влияние на цифровые сигналы
6. Частотное, временное и кодовое разделение каналов (FDM, TDMA и CDMA)
7. Ортогональное частотнное мультиплексирование (OFDM)
8. Множественные входы/выходы (MIMO) и пространственное разделение

2.3.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Учебные методические пособия
- Вычислительная техника для обеспечения практического изучения материала методом симуляций и мат обработки
- Измерительные ВЧ/СВЧ приборы (Вектроный Анализатор Сигналов, Генератор сигналов и т.д.)
- Проектор

2.4. Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

Формы контролей	Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям)		Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке)	Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
Вид учебной работы/контроля	**М1**[1]	**М2**	**М1**	**М2**	**М1**	**М2**		
Контрольная работа *(при наличии)*								
Устный опрос *(при наличии)*								
Тест *(при наличии)*								
Лабораторные работы *(при наличии)*		1						
Письменные домашние задания *(при наличии)*								
Реферат *(при наличии)*								
Эссе *(при наличии)*								
Проект *(при наличии)*								
Другие формы (при наличии)								
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей						0.5		
Веса оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей						0.5		
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	

[1] Учебный Модуль

Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0.4
Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля								(Экзамен) 0.6
	∑ = 1	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**

3. **Теоретический блок** ***(указываются материалы, необходимые для освоения учебной программы дисциплины)***

Рекомендуемая литература

а) Базовый учебник

DIGITAL. *COMMUNICATIONS*. Fundamentals and Applications. Second Edition. BERNARD SKLAR. *Communications* Engineering Services, Tarzana, California.

б) Основная литература:

RF Measurement Fundamentals, Course Manual. © 2008–2010 National Instruments Corporation

в) Другие источники:

1. https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/digital-modulation
2. https://www.scribbr.com/methodology/sampling-methods/
3. https://www.ni.com/en/perspectives/5-rf-transmitter-measurements-every-engineer-should-know.html
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Spread_spectrum
5. https://en.wikipedia.org/wiki/Code-division_multiple_access
6. https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/orthogonal-frequency-division-multiplexing
7. https://en.wikipedia.org/wiki/MIMO

МОО ВО РОССИЙСКО–АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ) УНИВЕРСИТЕТ
Институт математики, физики и высоких технологий
Кафедра телекоммуникаций
11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
071301.00.7 Беспроводные коммуникации и сенсоры.

Расширенная цифровая связь
Билет № 1.

1. Структура современного цифрового примемопередающего модуля
2. Понятие BER и методы его проверки

Преподаватель *Эйрамджян С.Г.*

Зав. кафедрой *Сиволенко Э.Р.*

Дата

МОО ВОО РОССИЙСКО–АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ) УНИВЕРС
Институт математики, физики и высоких технологий
Кафедра телекоммуникаций
11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
071301.00.7 Беспроводные коммуникации и сенсоры.

Расширенная цифровая связь
Билет №2.

1. Преобразование Фурье – ДПФ, БПФ
2. Измерения чувствительности цифрового приемника

Преподаватель *Эйрамджян С.Г.*

Зав. кафедрой *Сиволенко Э.Р.*

Дата

Практический блок

Программные средства освоения дисциплины

Платформа графической разработки систем моделирования, управления и тестированиия LabVIEW

4. Фонды оценочных средств ***(указываются материалы, необходимые для проверки уровня знаний в соответствии с содержанием учебной программы дисциплины).***

Перечень итоговых контрольных вопросов

1. Структура современного цифрового примемопередающего модуля.
2. Преобразование Фурье – ДПФ, БПФ
3. Комплексная модуляция и демодуляция (IQ), методы и способы.
4. Когерентная и некогерентная оцифровка и оконные функции.
5. Современная система цифровой коммуникации и основы модуляций.
6. Понятия EVM и MER.
7. Цифровые модуляции, типы и спектральная эффективность.
8. Искажения или нарушения квадратуры (IQ Impairments) и их влияния.
9. Понятие BER и методы его проверки
10. Измерения чувствительности цифрового приемника.
11. Методы расширения спектра
12. Расшиерение спектра прямой последовательностью (DSSS)
13. Расширение спектра по ППРЧ (FHSS)
14. Множественный доступ с кодовым разделением (CDMA)
15. Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением (OFDM)
16. Системы с множественным входом и множественным выходом (MIMO)

5. Методический блок

Методика преподавания

Во время каждого занятия преподаватель представляет материал по теме дня и вовлекает группу в обсуждение. Практичный характер курса предполагает активное вмешательство

каждого студента в процессы представления и обсуждения темы. За преподавателем закреплена ответственность придерживаться тематики данного занятия и предоставлять необходимые фундаментальные знаний и концепций.

После завершения изучения каждой из программ будет проведена контрольная работа для закрепления навыков.