

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

Направление подготовки/специальность: 11.04.01 Радиотехника

Наименование образовательной программы: Радиотехнические системы

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Радиотехнические системы передачи информации**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сизякова А.Ю.
	Идентификатор	R4eb30863-SiziakovaAY-83831ea7

А.Ю.
Сизякова

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Комаров А.А.
	Идентификатор	R8495daf1-KomarovAlA-eada3f0e

А.А.
Комаров

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Комаров А.А.
	Идентификатор	R8495daf1-KomarovAlA-eada3f0e

А.А.
Комаров

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы

ИД-1 Применяет современные методы научного исследования и разработки радиотехнических устройств и систем

2. ОПК-4 Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач, связанных с разработкой и проектированием радиотехнических средств

ИД-1 Знает методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации радиотехнических устройств и систем с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Защита задания

1. Лабораторная работа "Методы формирования и демодуляции цифрового радиосигнала" (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа "Помехоустойчивое кодирование" (Лабораторная работа)
3. Лабораторная работа "Системы фазовой синхронизации в демодуляторе цифрового сигнала" (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа "Декодирование помехоустойчивого сверточного кода" (Контрольная работа)
2. Контрольная работа "Помехоустойчивость приема многопозиционного радиосигнала" (Контрольная работа)
3. Контрольная работа "Расчет характеристик помехоустойчивого кода" (Контрольная работа)
4. Контрольная работа "Спектральная эффективность многопозиционных радиосигналов" (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Задачи для самостоятельного решения (Решение задач)

БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %								
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	4	8	8	11	12	12	16	16

Помехоустойчивое кодирование								
Помехоустойчивое кодирование	+	+	+					+
Многопозиционные цифровые радиосигналы. Помехоустойчивость приема								
Многопозиционные цифровые радиосигналы. Помехоустойчивость приема				+	+	+	+	+
Синхронизация в приемнике цифрового сигнала: фазовая, временная								
Синхронизация в приемнике цифрового сигнала: фазовая, временная							+	+
Вес КМ:	10	15	10	10	10	10	15	20

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ОПК-2	ИД-1 _{ОПК-2} Применяет современные методы научного исследования и разработки радиотехнических устройств и систем	Уметь: определять характеристики конкретного помехоустойчивого кода рассчитывать спектральную эффективность цифровых радиосигналов рассчитывать вероятности ошибок на выходе декодеров помехоустойчивых кодов рассчитывать помехоустойчивость оптимального приема цифровых радиосигналов анализировать этапы совместной работы демодулятора цифрового сигнала и системы восстановления фазы несущей в схеме восстановления несущей	Контрольная работа "Расчет характеристик помехоустойчивого кода" (Контрольная работа) Контрольная работа "Декодирование помехоустойчивого сверточного кода" (Контрольная работа) Лабораторная работа "Помехоустойчивое кодирование" (Лабораторная работа) Контрольная работа "Спектральная эффективность многопозиционных радиосигналов" (Контрольная работа) Контрольная работа "Помехоустойчивость приема многопозиционного радиосигнала" (Контрольная работа) Лабораторная работа "Системы фазовой синхронизации в демодуляторе цифрового сигнала" (Лабораторная работа) Задачи для самостоятельного решения (Решение задач)
ОПК-4	ИД-1 _{ОПК-4} Знает методы расчета, проектирования,	Знать: алгоритмы работы	Контрольная работа "Помехоустойчивость приема многопозиционного радиосигнала" (Контрольная работа)

	конструирования и модернизации радиотехнических устройств и систем с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств	оптимальных и квазиоптимальных приемников цифровых радиосигналов и их потенциальные характеристики показатели качества подсистемы модуляции	Лабораторная работа "Методы формирования и демодуляции цифрового радиосигнала" (Лабораторная работа) Лабораторная работа "Системы фазовой синхронизации в демодуляторе цифрового сигнала" (Лабораторная работа)
--	---	--	---

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Контрольная работа "Расчет характеристик помехоустойчивого кода"

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждый студент получает письменное индивидуальное задание, на выполнение отводится 30 минут, сдает преподавателю в письменном виде

Краткое содержание задания:

Код (n, k) задан порождающей матрицей

$$G = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Определите параметры кода n, k

Запишите в общем виде уравнения проверок

Рассчитайте минимальное кодовое расстояние и исправляющую способность кода. Ответ обоснуйте.

Запишите проверочную матрицу

Запишите столбец образующих элементов классов смежности и соответствующие каждому классу смежности векторы синдрома

Является ли этот код систематическим? Обоснуйте ответ.

Является ли этот код совершенным? Обоснуйте ответ.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: характеристики конкретного помехоустойчивого кода	определять конкретного	1. Рассчитайте исправляющую способность кода (n, k) , если $d_{\min} = 6$. Является ли код совершенным? 2. Рассчитайте исправляющую способность кода (n, k) , если $d_{\min} = 7$. Является ли код совершенным?
--	---------------------------	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если все задания выполнены в отведенное время без ошибок; допускается неточность при ответе на 1-2 вопросов задания

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если все задания выполнены с превышением отведенного времени не более 1 часа без ошибок. При

выполнении задания в отведенное время допускается неточность при ответе не более, чем на 1-2 вопросов задания

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задание преимущественно выполнено; допускаются ошибки при ответе не более, чем на 3 вопроса задания

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если при решении задания допущены ошибки более чем в четырех вопросах

КМ-2. Контрольная работа "Декодирование помехоустойчивого сверточного кода"

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждый студент получает письменное индивидуальное задание, на выполнение отводится 45 минут, сдает преподавателю в письменном виде

Краткое содержание задания:

Задан сверточный кодер с векторами связи (5, 7). Постройте схему кодера. Рассчитайте свободное расстояние кода и его исправляющую способность.

Зарисуйте диаграмму состояния и решетчатую диаграмму кодера.

Выполните декодирование полученной последовательности $\mathbf{r}$ по алгоритму Витерби с жесткими решениями.

$\mathbf{r} = 01\ 11\ 10\ 01\ 10\ 11\ 11\ 01\ 00\ 01\ 11\ 00\ 00\ \dots$

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: определять характеристики конкретного помехоустойчивого кода	1. Запишите порождающие полиномы для кода (133,171) 2. Зарисуйте диаграмму состояния и решетчатую диаграмму кодера (6,7) 3. Постройте схему кодера по векторам связи (133,171)
Уметь: рассчитывать вероятности ошибок на выходе декодеров помехоустойчивых кодов	1. Рассчитайте свободное расстояние кода (133,171) и его исправляющую способность

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется, если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами в отведенное время

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется, если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

КМ-3. Лабораторная работа "Помехоустойчивое кодирование"

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: перед выполнением лабораторной работы проводится опрос по контрольным вопросам после выполнения лабораторной работы студент готовит сообщение по изученной теме с обоснованием тезисов сообщения результатами, полученными при выполнении лабораторной работы особое внимание уделяется связи вопросов теории с практическими результатами и обоснованию выводов по работе

Краткое содержание задания:

Соберите схему модели системы связи с кодеком и ДСК. Параметры элементов задайте в соответствии с табл 1. Установите параметры моделирования: частота дискретизации модели 50 Гц, длина реализации 41943,04 с (число точек моделирования 2097152)

Модель двоичного симметричного канала возьмите из домашней подготовки

Постройте процессы на выходе источника ПСП, на выходе буферного каскада, на выходе кодера, на выходе декодера. Занесите графики в отчет отметив, характерные особенности процессов (уровни, задержки, скорости передачи или длительности импульсов и другие)

Проведите моделирование при неискажающем канале. Определите, совпадают ли последовательности на выходе кодера и на входе декодера и на входе кодера и на выходе декодера

Задайте некоторую вероятность P_1^1 ошибки в ДСК. Проведите моделирование при искажающем канале. Определите, совпадают ли последовательности на выходе кодера и на входе декодера и на входе кодера и на выходе декодера

Постройте схему автоматического подсчета ошибок на выходе декодера

Последовательно задавая различные значения вероятности ошибок в ДСК, постройте зависимость оценки вероятности ошибок на выходе декодера от вероятности ошибки в ДСК

Сделайте выводы по работе

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: определять характеристики конкретного помехоустойчивого кода	1.Рассчитайте задержку кодовой последовательности на выходе кодера 2.Рассчитайте задержку оценки информационной последовательности на выходе декодера по сравнению со входом кодера
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и ответы на все вопросы преподавателя правильные

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если задание выполнено в полном объеме, и ответы на вопросы преподавателя в основном правильные

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задание преимущественно выполнено и в ответах на вопросы преподавателя есть ошибки

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или ответы на вопросы преподавателя неверны

КМ-4. Контрольная работа "Спектральная эффективность многопозиционных радиосигналов"

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждый студент получает письменное индивидуальное задание, на выполнение отводится 30 минут, сдает преподавателю в письменном виде

Краткое содержание задания:

Постройте спектральную плотность мощности для цифровых сигналов M -ФМ: 2ФМ, Х-ФМ, ХХ-ФМ. Скорость двоичного потока $R_b = XX$ кГц. Частота несущего колебания $f_0 = XXX$ МГц. Выполните сравнительный анализ зависимостей

Зарисуйте сигнальные созвездия для цифровых сигналов M -ФМ ($M = 2, X, XX$), для которых ... (приведено условие)

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: рассчитывать спектральную эффективность цифровых радиосигналов	1. Постройте зависимость спектральной плотности мощности для цифровых сигналов M-ФМ при разных значениях M 2. Рассчитайте ширину спектра цифровых сигналов M-ФМ при разных значениях M при одинаковой скорости битового потока 3. Рассчитайте ширину главного лепестка спектра цифровых сигналов M-ФМ при разных значениях M при одинаковой скорости символического потока 4. Рассчитайте ширину боковых лепестков спектра цифровых сигналов M-ФМ при разных значениях M при одинаковой скорости битового потока 5. Определите расстояние между всеми точками сигнального созвездия для сигналов M-ФМ, $M = 2, 4, 8, 16$
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами в отведенное время

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

КМ-5. Контрольная работа "Помехоустойчивость приема многопозиционного радиосигнала"

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждый студент получает письменное индивидуальное задание, на выполнение отводится 30 минут, сдает преподавателю в письменном виде

Краткое содержание задания:

Определите вероятность битовой ошибки P_b при оптимальном приеме М-ФМ сигналов, если средняя мощность сигнала $P_c = 10^{-12}$ Вт; спектральная плотность мощности белого шума $N_0 = 10^{-19}$ Вт/Гц; ширина полосы частот $\Delta f_c = 1$ МГц. Задачу решите для $M = 2, 4, 8$. Запишите выводы по результатам расчетов

Зарисуйте схему оптимального демодулятора сигналов 4ФМ

Контрольные вопросы/задания:

Знать: показатели качества подсистемы модуляции	1. По какой формуле рассчитывается вероятность символьной ошибки при оптимальном приеме сигналов М-ФМ 2. По какой формуле рассчитывается вероятность битовой ошибки при оптимальном приеме сигналов М-ФМ 3. Как рассчитать вероятность битовой ошибки при оптимальном приеме сигналов 2-ФМ
Уметь: рассчитывать помехоустойчивость оптимального приема цифровых радиосигналов	1. Рассчитайте вероятность символьной ошибки при оптимальном приеме сигналов 4ФМ 2. Рассчитайте вероятность символьной ошибки при оптимальном приеме сигналов 8ФМ 3. Рассчитайте вероятность битовой ошибки при оптимальном приеме сигналов 4ФМ 4. Рассчитайте вероятность битовой ошибки при оптимальном приеме сигналов 8ФМ 5. Рассчитайте вероятность битовой ошибки при оптимальном приеме сигналов 2ФМ 6. Проведите сравнительный анализ результатов расчета вероятностей символьных ошибок для сигналов 4ФМ и 8ФМ в условиях задачи 7. Проведите сравнительный анализ результатов расчета вероятностей битовых ошибок для сигналов 4ФМ и 8ФМ в условиях задачи

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами, выполнено в отведенное время

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенное время или результат не соответствует заданию

КМ-6. Лабораторная работа "Методы формирования и демодуляции цифрового радиосигнала"

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: перед выполнением лабораторной работы проводится опрос по контрольным вопросам после выполнения лабораторной работы студент готовит сообщение по изученной теме с обоснованием тезисов сообщения результатами, полученными при выполнении лабораторной работы особое внимание уделяется связи вопросов теории с практическими результатами и обоснованию выводов по работе

Краткое содержание задания:

1. Соберите схему модели РСПИ для сигнала ФМ4. Задайте параметры модели (для опорного генератора в приемнике: частота 10 Гц; начальная фаза 0 град; для генераторов псевдослучайной последовательности частота 2 Гц; число уровней $L = 2$, СКО шума = 0,5

Проведите моделирование. В окне анализа постройте сигнальное созвездие для сигнала на выходе модулятора и на выходе демодулятора

Для построения сигнального созвездия на выходе демодулятора схему необходимо изменить, дополнив ее двумя дециматорами и дополнительными осциллографами

Пронаблюдайте, как изменяется сигнальное созвездие при наличии шума и при расфазировании ($\Delta\phi = \text{var}$) генераторов передатчика и приемника. Зарисуйте качественные изменения в протокол наблюдений

В окне анализа постройте глаз-диаграмму для сигнала на выходе демодулятора

Постройте зависимость величины раскрытия глаза от СКО шума

Постройте зависимость величины раскрытия глаза от разности фаз $\Delta\phi$ генераторов передатчика и приемника

Постройте диаграммы обмена. Укажите на графике, для какого значения раскрытия построена диаграмма. Оцените проигрыш в отношении сигнал/шум, к которому приводит ошибка по фазе $\Delta\phi_{\text{макс}}$

2. Соберите схему модели РСПИ для сигнала АФМ16. Задайте начальные параметры для моделирования

Проведите моделирование. В окне анализа постройте сигнальное созвездие для сигнала на выходе модулятора и на выходе демодулятора

Пронаблюдайте, как изменяется сигнальное созвездие при наличии шума и при расфазировании ($\Delta\phi = \text{var}$) генераторов передатчика и приемника. Зарисуйте качественные изменения в протокол наблюдений

В окне анализа постройте глаз-диаграмму для сигнала на выходе демодулятора

Постройте зависимость величины раскрытия глаза от СКО шума

Постройте зависимость величины раскрытия глаза от разности фаз $\Delta\phi$ генераторов передатчика и приемника

Постройте диаграммы обмена СКО шума и разности фаз $\Delta\phi$. Укажите на графике, для какого значения раскрытия построена диаграмма. Оцените проигрыш в отношении сигнал/шум, к которому приводит ошибка по фазе $\Delta\phi_{\text{макс}}$

Контрольные вопросы/задания:

Знать: показатели качества подсистемы модуляции	1. Методы цифровой модуляции с памятью: ОФМ2, ММС. Аналитическая запись, сигнальное созвездие, диаграммы фазовых переходов, спектр сигналов
---	---

	2.Методы цифровой модуляции с памятью: ОФМ2, ММС. Схемы модуляторов и оптимальных и квазиоптимальных демодуляторов 3.Методы цифровой модуляции с памятью: ОФМ2, ММС. Помехоустойчивость приема сигналов
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и ответы на все вопросы преподавателя правильные

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, и ответы на вопросы преподавателя в основном правильные

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задание преимущественно выполнено и в ответах на вопросы преподавателя есть ошибки

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или ответы на вопросы преподавателя неверны

КМ-7. Лабораторная работа "Системы фазовой синхронизации в демодуляторе цифрового сигнала"

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: перед выполнением лабораторной работы проводится опрос по контрольным вопросам после выполнения лабораторной работы студент готовит сообщение по изученной теме с обоснованием тезисов сообщения результатами, полученными при выполнении лабораторной работы особое внимание уделяется связи вопросов теории с практическими результатами и обоснованию выводов по работе

Краткое содержание задания:

Загрузите схему модели системы связи со схемой СВН в составе демодулятора

Проверьте установленные параметры моделирования

Проведите моделирование

Рассмотрите и поясните переходные процессы на выходе каждого блока модели схемы

Убедитесь в том, что по завершении переходных процессов в СВН цифровые последовательности на входе (элемент 1) и на выходе (элемент 20) канала связи совпадают

Определите длительность переходных процессов

Повторите моделирование для различных значений начальной фазы несущего колебания. Постройте зависимость длительности переходного процесса в СВН от начального расфазирования

Пронаблюдайте эпюры напряжения на выходе демодулятора при обратной работе СВН

Установите частоту сигнала 1001 Гц. Проведите моделирование для немодулированного сигнала

Определите, как изменится частота ГУН после окончания переходного процесса в СВН.

Запишите, какова длительность переходного процесса в СВН

Измените усиление в блоке 15: Gain = 2. Повторите моделирование. Проанализируйте эюры напряжения в различных точках схемы. Сравните характеристики в СВН при Gain = 2 и Gain = 1

Установите частоту сигнала 1001 Гц. Проведите моделирование для модулированного сигнала

Определите, как изменится частота ГУН после окончания переходного процесса в СВН.

Запишите, какова длительность переходного процесса в СВН

Измените усиление в блоке 15: Gain = 2. Повторите моделирование. Проанализируйте эюры напряжения в различных точках схемы. Сравните характеристики в СВН при Gain = 2 и Gain = 1

Установите частоту сигнала ФМ2, равную 1002 Гц. Проведите моделирование.

Определите, как изменится частота ГУН после окончания переходного процесса в СВН.

Запишите длительность переходного процесса в СВН

Постройте зависимость полосы захвата СВН от коэффициента усиления блока 15 Gain при ограничении на время захвата 10 с

Сделайте выводы по зависимостям, полученным при выполнении лабораторного задания

Контрольные вопросы/задания:

Знать: алгоритмы работы оптимальных и квазиоптимальных приемников цифровых радиосигналов и их потенциальные характеристики	1. Каковы особенности работы демодулятора сигнала ФМ2 при расфазировании опорного колебания и сигнала 2. При каком значении расфазирования сигнала относительно фазы колебания ГУН возможна обратная работа СВН 3. Зарисуйте дискриминаторную характеристику фазового дискриминатора СВН 4. Укажите точки устойчивого и неустойчивого равновесия на характеристике фазового дискриминатора СВН
Уметь: анализировать этапы совместной работы демодулятора цифрового сигнала и системы восстановления фазы несущей в схеме восстановления несущей	1. Проведите анализ работы СВН при различных значениях постоянного расфазирования колебаний сигнала и ГУН 2. Зарисуйте переходный процесс на выходе фазового дискриминатора СВН при постоянной разности частот колебаний сигнала и ГУН 3. Приведите ожидаемый вид зависимости полосы захвата СВН от коэффициента петлевого усиления СВН

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и ответы на все вопросы преподавателя правильные

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, и ответы на вопросы преподавателя в основном правильные

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задание преимущественно выполнено и в ответах на вопросы преподавателя есть ошибки

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или ответы на вопросы преподавателя неверны

КМ-8. Задачи для самостоятельного решения

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам выдаются задания, которые надо выполнить и сдать на проверку в письменном виде в течение 1-2 недель после получения

Краткое содержание задания:

1 Рассмотрим линейный блочный код (127,92), который может исправить трехбитовые ошибки

Чему равна вероятность ошибки в сообщении для некодированного блока из 92-х бит, если вероятность ошибки в канальном бите равна 0,001?

Чему равна вероятность ошибки в сообщении, кодированном блочным кодом (127, 92), если вероятность ошибки в канальном бите равна 0,001 ?

Проведите сравнительный анализ полученного результата

2 Рассмотрим линейный блочный код Голея (24, 12) с возможностью исправления двухбитовых ошибок

Пусть используется модуляция BFSK (2ЧМ), на входе приемника $E_b/N_0 = 14$ дБ

Дает ли код какое-либо уменьшение вероятности ошибки в сообщении? Если да, то насколько? Если нет, то почему

Как изменится вывод, если $E_b/N_0 = 10$ дБ

3 Рассмотрим сверточный кодер, показанный на рисунке

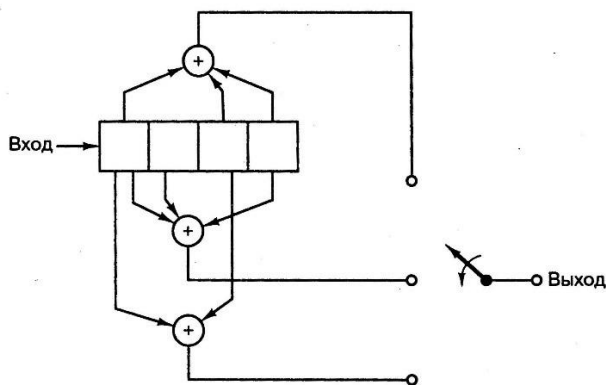


Рис. 37.6

- а) Запишите векторы связи и полиномы связи для этого кодера
- б) Запишите все **состояния** кодера

в) Запишите импульсную реакцию на выходе кодера

4 Пусть кодовые слова в схеме кодирования имеют следующий вид

$a = 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0$

$b = 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0$

$c = 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1$

$d = 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$

Если по двоичному симметричному каналу принимается последовательность 1 1 1 0 1 0 и при этом осуществляется декодирование по критерию максимального правдоподобия, то каким будет декодированный символ?

5 Постройте решетку для кодера (7,5). Декодируйте последовательность $Z = (01\ 11\ 00\ 01\ 11)$, остальные все "0"), считая, что используется жесткая схема принятия решений и алгоритм декодирования Витерби

6 В когерентной системе используется цифровой сигнал 16ФМ. При присвоении символам битовых комбинаций используется код Грея. Средняя вероятность символьной ошибки $P_E \approx 10^{-5}$. Определите среднюю вероятность битовой ошибки

7 Решите предыдущую задачу для ортогональной модуляции 16ЧМ

8 В системе передачи используется дифференциальная модуляция 8ФМ. Сигнал принимается на фоне АБГШ при $E_b/N_0 = 10$ дБ. Передаваемые символы (сигналы) равновероятны. Определите среднюю вероятность символьной ошибки на выходе когерентного демодулятора

9 Постройте дискриминационную характеристику ФД для синфазно-квадратурного ФД в схеме СВН для сигнала 2ФМ. Отметьте точки устойчивого равновесия

10 Постройте дискриминационную характеристику ФД для синфазно-квадратурного ФД в схеме СВН для сигнала 4ФМ. Поясните процесс установления режима слежения при воздействии по фазе, описываемом полиномом нулевого порядка

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: анализировать этапы совместной работы демодулятора цифрового сигнала и системы восстановления фазы несущей в схеме восстановления несущей	1. Постройте дискриминационную характеристику ФД для синфазно-квадратурного ФД в схеме СВН для сигнала 2ФМ 2. Зарисуйте дискриминационную характеристику ФД для синфазно-квадратурного ФД в схеме СВН для сигнала 4ФМ
Уметь: рассчитывать вероятности ошибок на выходе декодеров помехоустойчивых кодов	1. Рассчитайте вероятность ошибки в сообщении для некодированного блока из 92-х бит, если вероятность ошибки в канальном бите равна 0,001 2. Рассчитайте вероятность ошибки в сообщении, кодированном блочным кодом (127, 92), если вероятность ошибки в канальном бите равна 0,001 3. Произведите декодирование по алгоритму Витерби последовательности $\mathbf{r} = 01\ 11\ 00\ 01\ 11\ 00\ 00\ 00\ 00$ для кода (7,5)
Уметь: рассчитывать помехоустойчивость оптимального приема цифровых радиосигналов	1. Определите среднюю вероятность битовой ошибки на выходе демодулятора сигнала 16ФМ. Средняя вероятность символьной ошибки $P_E \approx 10^{-5}$ 2. Определите среднюю вероятность символьной ошибки на выходе когерентного демодулятора сигнала 8ФМ с дифференциальной модуляцией при $E_b/N_0 = 10$ дБ

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами в отведенное время

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

	Экзаменационный билет № 00	Утверждаю:
НИУ «МЭИ»	Кафедра радиотехнических систем ИРЭ	Зав. кафедрой РТС
	Дисциплина <i>Радиосистемы передачи информации</i>	Р.С. Куликов
1. Многопозиционные сигналы. Сигналы 4ФМ и 8ФМ. Аналитическая запись ансамблей сигналов, сигнальные созвездия. Эпюры напряжения. Спектр сигнала. Схемы формирования и демодуляции. Потенциальная помехоустойчивость приема. При каком соотношении энергий и мощностей сигналов помехоустойчивость приема сигналов 8 ФМ и 4ФМ будет одинакова? 2. Помехоустойчивое кодирование. Сверточные коды и их основные характеристики. Достоинства и недостатки сверточных кодов. Для сверточного кодера (1010), (1011) зарисуйте схему кодера, найдите импульсную реакцию на выходе кодера. Рассчитайте исправляющую способность кода. Определите, как изменится скорость передачи данных в дискретном канале без памяти на выходе кодера по сравнению с его входом.		

Процедура проведения

Студент получает индивидуальный билет, готовится к ответу в течение не менее 60 минут. Ответ преподавателю проходит в устной форме. Студент рассказывает подготовленный материал по вопросам билета. Студенту задают дополнительные вопросы по вопросам билета и разделам дисциплины. На основании ответа студента формируется экзаменационная составляющая оценки.

I. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ОПК-2} Применяет современные методы научного исследования и разработки радиотехнических устройств и систем

Вопросы, задания

1. Помехоустойчивое кодирование. Достоинства и недостатки кодирования. Пропускная способность канала. Двоичный симметричный канал.
2. Рассмотрим линейный блочный код Голея (24, 12) с возможностью исправления двухбитовых ошибок. Пусть используется модуляция BFSK (2ЧМ), на входе приемника $E_b/N_0 = 14$ дБ. Рассчитайте среднюю вероятность битовой ошибки.
3. Постройте решетку для кодера (7,5). Декодируйте последовательность $Z = (01\ 11\ 00\ 01\ 11, \text{ остальные все "0"})$, считая, что используется жесткая схема принятия решений и алгоритм декодирования Витерби.
4. В когерентной системе используется цифровой сигнал 16ФМ. При присвоении символам битовых комбинаций используется код Грея. Средняя вероятность символьной ошибки $P_E \approx 10^{-5}$. Рассчитайте среднюю вероятность битовой ошибки.

5. В когерентной системе используется цифровая ортогональная модуляция 16ЧМ. При присвоении символам битовых комбинаций используется код Грея. Средняя вероятность символьной ошибки $P_E \approx 10^{-5}$. Рассчитайте среднюю вероятность битовой ошибки.

6. В системе передачи используется модуляция 8ФМ. Сигнал принимается на фоне АБГШ при $E_b/N_0 = 10$ дБ. Передаваемые символы (сигналы) равновероятны.

Определите среднюю вероятность символьной и битовой ошибок на выходе когерентного демодулятора

7. Какие системы автоматизированного проектирования и компьютерные пакеты Вы использовали для расчета параметров и для модернизации радиотехнических устройств и систем?

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Для линейного систематического блочного кода с проверками

$$u_5 = u_1 + u_2 + u_3$$

$$u_6 = u_2 + u_3 + u_4$$

$$u_7 = u_1 + u_2 + u_4$$

определите параметры кода n и k .

Ответы:

а) $n = 8$

б) $k = 7$

в) $n = 4$

г) $k = 3$

д) $n = 7$

е) $k = 4$

Верный ответ: д) и е)

2. Для линейного систематического блочного кода с проверками

$$u_5 = u_1 + u_2 + u_3;$$

$$u_6 = u_2 + u_3 + u_4;$$

$$u_7 = u_1 + u_2 + u_4$$

определите исправляющую способность кода.

Ответы:

Для ответа на вопрос надо записать все кодовые слова, их количество = 16. Для каждого кодового слова рассчитать вес Хемминга, отбросить вес, равный нулю. Определить минимальный (ненулевой) вес - это и есть кодовое расстояние $d_{\min}$. Исправляющая способность кода рассчитывается как БЛИЖАЙШЕЕ ЦЕЛОЕ к $(d_{\min} - 1)/2$, не превосходящее частное (само число)

Верный ответ: Исправляющая способность кода (7, 4) равна 1

3. Какова ширина (по уровню -3дБ) главного лепестка спектра сигналов М-ФМ (огибающая радиоимпульсов - прямоугольной формы) при фиксированной скорости битового потока R_b ? $M = 2, 4$

Ответы:

а) $M = 2$ Ширина = R_b б) $M = 2$ Ширина = $R_b/2$ в) $M = 4$ Ширина = R_b г) $M = 4$ Ширина = $R_b/2$

Верный ответ: а) и г)

4. Принятое колебание должно использоваться в двух различных схемах передачи сигналов: а) 2ФМ; б) 4ФМ. Скорость передачи неизменна и равна 10 бит/с. Определите

отношение $\frac{E_b}{N_0}$ (в дБ) для каждого случая, если принятый сигнал $s_i^i(t)$, $B =$

$0,005 \sin(2 \cdot 10 \cdot \pi t + \psi_i^i)$, а измеренная в приемнике мощность шума (в полосе сигнала) равна $P_{\text{ш}} = 2,5 \cdot 10$ Вт

Ответы:

а) 2ФМ отношение 27 дБ б) 2ФМ отношение 24 дБ в) 4ФМ отношение 24 дБ г) 4ФМ отношение 27 дБ д) 2ФМ отношение 30 дБ

Верный ответ: а) в)

5. Определите среднюю вероятность ошибки P_b при оптимальном приеме сигналов ФМ2 противоположных, если средняя мощность сигнала $P_c = 10$ Вт, длительность сигнала $T_{ДВ} = 2,5$ мкс. Спектральная плотность шума $N_0^0 = 2,5 \cdot 10$ Вт/Гц

Ответы:

- а) $P_b = 4,1 \cdot 10^{-6}$
- б) $P_b = 4,1 \cdot 10^{-5}$
- в) $P_b = 2,9 \cdot 10^{-7}$
- г) $P_b = 5,3 \cdot 10^{-6}$
- д) $P_b = 1,04 \cdot 10^{-5}$

Верный ответ: а)

6. Какова ширина (по уровню -3дБ) главного лепестка спектра сигналов М-ФМ (оглабляющая радиоимпульсов - прямоугольной формы) при фиксированной скорости битового потока R_b ? $M = 2, 8$

Ответы:

- а) $M = 2$ Ширина = R_b б) $M = 2$ Ширина = $R_b/2$ в) $M = 8$ Ширина = R_b г) $M = 8$ Ширина = $R_b/2$ д) $M = 8$ Ширина = $R_b/3$ е) $M = 2$ Ширина = $R_b/3$

Верный ответ: а) д)

2. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ОПК-4} Знает методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации радиотехнических устройств и систем с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств

Вопросы, задания

1. Методы цифровой модуляции без памяти: амплитудная модуляция, частотная модуляция (ЧМ2), фазовая манипуляция (М-ФМ). Аналитическая запись, сигнальное созвездие, диаграммы фазовых переходов, спектр сигналов, схемы модуляторов и демодуляторов, помехоустойчивость приема сигналов. Сравнительный анализ этих характеристик для различных сигналов
2. Методы и устройства синхронизации параметров опорного сигнала демодулятора. Схемы восстановления несущей для сигналов 2ФМ и 4ФМ. Влияние ошибок при работе СВН на показатели качества демодулятора радиосигнала

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Назовите виды цифровых сигналов, при демодуляции которых можно использовать некогерентные методы

Ответы:

- а) 2ФМ б) 2ЧМ в) 4ФМ г) 4ФМС д) 8ФМ е) 16 КАМ ж) ММС з) ОФМ2

Верный ответ: б) ж) з)

2. Укажите виды цифровых сигналов, при демодуляции которых используются когерентные методы и не используются некогерентные методы

Ответы:

- а) 2ФМ б) 4ФМ в) 8ФМ г) М-КАМ д) ММС е) ОФМ-2 ж) ОФМ-8 з) ЧМ-2

Верный ответ: а) б) в) г)

3. Можно ли использовать “обычную” систему ФАП для фазирования опорного колебания демодулятора?

Ответы:

- а) Да б) Нет

Верный ответ: а)

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему задачу, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему задачу и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил задачу из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

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