

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Методы повышения помехоустойчивости в РЭС

Код модуля
1160713(1)

Модуль
Прикладные методы теории радиоэлектронных
систем и комплексов

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Язовский Александр Афонасьевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	департамент радиоэлектроники и связи

Согласовано:

Управление образовательных программ

Т.Г. Комарова

Авторы:

- Язовский Александр Афонасьевич, Доцент, департамент радиоэлектроники и связи

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Методы повышения помехоустойчивости в РЭС

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	2	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Зачет	
4.	Текущая аттестация	Реферат	1
		Отчет по лабораторным работам	1

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Методы повышения помехоустойчивости в РЭС

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-1 -Способен осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования	З-1 - Определять стадии проектирования П-1 - Иметь практический опыт определения стадий проектирования П-2 - Иметь практический опыт разработки технического задания на проектирование У-1 - Разрабатывать техническое задание на проектирование	Зачет Лекции Реферат
ПК-2 -Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных	З-1 - Сформулировать принципы проектирования радиоэлектронных систем и комплексов П-1 - Иметь практический опыт разработки принципиальных	Зачет Лабораторные занятия Отчет по лабораторным работам

систем и комплексов, а также принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ	схем РЭУ с применением современных САПР и пакетов прикладных программ У-1 - Проводить расчеты характеристик радиоэлектронных устройств, радиоэлектронных систем и комплексов	
ПК-5 -Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	З-1 - Описывать методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах П-1 - Иметь практический опыт разработки и создания имитационных моделей с помощью стандартных пакетов прикладных программ У-1 - Пользоваться типовыми методиками моделирования объектов и процессов	Зачет Лабораторные занятия Отчет по лабораторным работам
ПК-6 -Способен решать задачи оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной неопределенности с применением пакетов прикладных программ	З-1 - Описывать методы оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной неопределенности П-1 - Имеет практический опыт оптимизации проектируемых радиоэлектронных систем и комплексов У-1 - Применять современный математический аппарат для решения задачи оптимизации	Зачет Лекции
ПК-7 -Способен к реализации программ экспериментальных исследований, в том числе в режиме удаленного доступа, включая выбор технических средств, обработку результатов и оценку погрешности экспериментальных данных	З-1 - Сформулировать принципы планирования экспериментальных исследований П-1 - Иметь практический опыт проведения экспериментальных исследований У-1 - Обосновывать программу эксперимента, обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных	Зачет Лабораторные занятия Отчет по лабораторным работам

3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.4		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>реферат</i>	8,8	50
<i>активность студента на занятии</i>	8,17	50
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4		
Промежуточная аттестация по лекциям – зачет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.6		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>отчет по лабораторным работам</i>	8,17	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – 1		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий – не предусмотрено		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено		

4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

5.1.2. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Исследование оптимального обнаружителя детерминированного сигнала при действии гауссова коррелированного шума

2. Исследование эффективности фильтра Винера-Колмогорова

3. Исследование эффективности согласованного фильтра при не белом шуме

4. Исследование эффективности адаптивного нелинейного преобразователя при действии синусоидальной помехи

5. Исследование эффективности адаптивного нелинейного согласованного фильтра LMS-платформа – не предусмотрена

5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

Базовый

5.2.1. Реферат

Примерный перечень тем

1. Адаптивные фильтры
2. Адаптивные антенные решётки
3. Амплитудное подавление негауссовских помех
4. Робастные алгоритмы
5. Ранговые алгоритмы

Примерные задания

Реферат на 10...15 страниц, раскрывающий

- 1) принципы функционирования помехоустойчивых устройств,
- 2) критерии качества функционирования,
- 3) уровень реализации,
- 4) обзор источников литературы.

Защита реферата осуществляется в виде презентации на занятии.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.2. Отчет по лабораторным работам

Примерный перечень тем

1. Исследование оптимального обнаружителя детерминированного сигнала при действии гауссова коррелированного шума
2. Исследование эффективности фильтра Винера-Колмогорова
3. Исследование эффективности согласованного фильтра при не белом шуме
4. Исследование эффективности адаптивного нелинейного преобразователя при действии синусоидальной помехи

5. Исследование эффективности адаптивного нелинейного согласованного фильтра

Примерные задания

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»
Институт радиоэлектроники и информационных технологий – РгИ
Школа академического и профессионального образования

Исследование помехоустойчивости адаптивного нелинейного
согласованного фильтра
Отчет по лабораторной работе №5

Преподаватель *(подпись)*

А. А. Язовский

Студенты *(подпись)*

М. А. Попова
РИ-491221

Екатеринбург, 2023

1 Теоретическая часть

1.1 Отношение сигнал/шум

Определим отношение сигнал/шум на входе и выходе согласованного фильтра, воспользовавшись определением:

$$\frac{C}{\Pi} = \frac{|s(t)|_{max}}{\sigma} \quad (1.1)$$

где $|s(t)|_{max}$ - максимальное абсолютное значение сигнала, σ - среднеквадратическое значение шума.

В качестве модели для $n_1(t)$ используем белый шум, дисперсия которого бесконечно велика, поэтому

$$\sigma_{1 \rightarrow \infty} \text{ и } \frac{C}{\Pi_{\text{вх}}} = \frac{|s_1(t)|_{max}}{\sigma_1} \rightarrow 0 \quad (1.2)$$

Для того, чтобы найти выходное отношение сигнал/шум, необходимо предварительно определить вид полезного выходного сигнала. Сигнал на выходе линейной стационарной цепи с импульсной характеристикой $h(t)$ определяется как

$$s_2(t) = \int_{-\infty}^{\infty} s_1(t')h(t-t')dt' \quad (1.3)$$

Подставив сюда выражение для импульсной характеристики

$$s_2(t) = \int_{-\infty}^{\infty} s_1(t')As_1(t_0-t+t')dt' = A \int_{-\infty}^{\infty} s_1(t')As_1(t'-(t-t_0))dt' = AB_{s_1}(t-t_0), \quad (1.4)$$

где $B_{s_1}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} s_1(t)s_1(t-\tau)dt$ - корреляционная функция сигнала $s_1(t)$

Таким образом, выходной сигнал согласованного фильтра представляет собой (с точностью до масштабного множителя A) сдвинутую во времени на t_0 корреляционную функцию сигнала $s_1(t)$. Как известно, максимальное значение корреляционной функции детерминированного сигнала достигается при $\tau = 0$ и равно энергии:

$$B_{s_1}(\tau)_{max} = B_{s_1}(0) = E_1, \quad (1.5)$$

где $E_1 = \int_{-\infty}^{\infty} s_1^2(t)dt$ - энергия сигнала $s_1(t)$. Итак, максимальное значение сигнала на выходе согласованного фильтра достигается при $t = t_0$ и равно AE_1 .

Теперь необходимо рассчитать уровень шума на выходе. Спектральная плотность мощности шума на выходе линейной цепи может быть получена путем умножения спектральной плотности мощности входного шума на квадрат модуля коэффициента передачи:

$$W_2(\omega) = W_0|K(\omega)|^2 = W_0A^2|S_1(\omega)|^2 \quad (1.6)$$

где W_0 - двусторонняя спектральная плотность мощности входного белого шума. Дисперсия определяется через интеграл от выходного спектра шума:

$$\sigma_2^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} W_2(\omega) d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} W_0 A^2 |S_1(\omega)|^2 d\omega = \frac{1}{2\pi} W_0 A^2 \int_{-\infty}^{\infty} |S_1(\omega)|^2 d\omega \quad (1.7)$$

Согласно равенству Парсеваля

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S_1(\omega)|^2 d\omega = \int_{-\infty}^{\infty} s_1^2(t) dt = E_1 \quad (1.8)$$

Таким образом, окончательно для среднеквадратического значения шума получаем

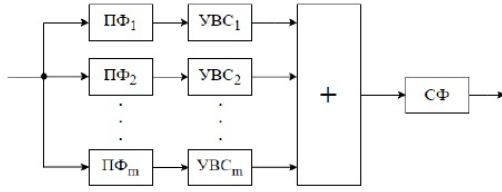
$$\sigma_2 = \sqrt{W_0 A^2 E_1} = A \sqrt{E_1 W_0} \quad (1.9)$$

Теперь можно получить выходное отношение сигнал/шум

$$\frac{C}{\text{Ш}_{\text{вхк}}} = \frac{A E_1}{A \sqrt{W_0 E_1}} = \sqrt{\frac{E_1}{W_0}} \quad (1.10)$$

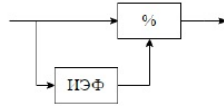
Отношение сигнал/шум на выходе согласованного фильтра не зависит от формы обрабатываемого сигнала, а определяется лишь его энергией и спектральной плотностью мощности входного белого шума.

Адаптивный нелинейный согласованный фильтр
 Оптимальный фильтр для широкополосных сигналов на фоне
 сосредоточенных помех:

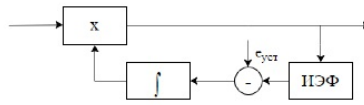


УВС – устройство выравнивая спектра. Может быть представлено
 различными схемами:

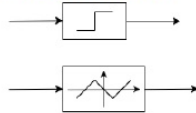
1) Блок с измерителем эффективного значения (ИЭФ)



2) АРУ



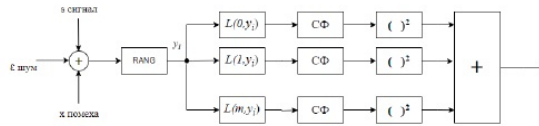
3) Идеальный или линейный ограничитель



4) Ранжирование



Но можно использовать более совершенную схему фильтрации. В ней смесь сигнала, помехи и шума сначала ранжируется, а затем разделяется и проходит через многочлены Лежандра. Только потом проходит через согласованный фильтр и поступает на сумматор и на выход.



Здесь $L(k, y_i)$ – многочлены Лежандра:

$$\int_{-1}^1 L^2(k, x) dx = 1, k = \overline{0, m-1}$$

Распределение на выходе такой схемы равновероятно.

Отношение помеха/шум:

$$\alpha = \frac{P_x}{P_\varepsilon}$$

Отношение сигнал/(помеха+шум):

$$q = \frac{P_s}{P_x + P_\varepsilon}$$

Такая схема, в отличие от линейного тракта, позволяет заметно уменьшить мощность помехи на входе СФ.

2 Экспериментальная часть

В программе MathCad были проведены исследования влияния отношения сигнал/(помеха+шум) и помеха/шум на характеристики обнаружения для линейного и нелинейного трактов.

Определим входные параметры системы и реализации:

$m := 5$	число каналов НП
$Ax := 14$	амплитуда помехи
$N := 1000$	объем выборки, длина реализации
$Q := 256$	
$k := 0 \dots m - 1$	
$L := 1000$	число реализаций
$\sigma := 1$	эфф. значение шума
$j := 0 \dots L - 1$	
$\zeta^j := \text{norm}(2 \cdot N, 0, \sigma)$	реализации гауссова шума
$\alpha dB := 10$	$\alpha := 10^{\frac{\alpha dB}{10}}$ параметр помеха/шум
$Ax := \sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \alpha}$	амплитуда помехи
$Ax = 4.472$	
$qdB := -16.0$	отношение сигнал/(помеха+шум)

Рисунок 1. Входные параметры

$x^k := \left\ \begin{array}{l} \text{for } i \in 0 \dots 2 \cdot N - 1 \\ y_i \leftarrow \cos(\text{rnd}(2 \cdot \pi)) \end{array} \right\ _y$	реализации помехи
$s := \left\ \begin{array}{l} \text{for } i \in 0 \dots N - 1 \\ y_i \leftarrow \cos\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{i \cdot 25}{N}\right) \end{array} \right\ _y$	полезный сигнал
$i := 0 \dots N - 1$	
$g_i^k := s_{y-i-1}$	импульсная реакция СФ
$s_{i+k} := 0$	
$y^k := Ax \cdot x + \zeta^k$	смесь помеха+шум

Рисунок 2. Реализации помехи, сигнала и смеси П/Ш

Запишем реализацию полезного сигнала и его смесь с помехой и шумом.

```

As = |d^0| / |e^0| * 10^(60/20)      амплитуда полезного сигнала

s^0 := || phi <- rnd(2 * pi)
        for i <- 0 .. N-1
            || y_i <- cos(2 * pi * i * 25 / N + phi)
            || y_{i+y} <- 0
        || y
    ||

As = 1.06      Ax = 4.472

y^0 := y * s^0 + As * s^0      смесь полезного сигнала,
                               помехи и шума
    
```

Рисунок 3. Реализации полезного сигнала, а также его смеси с помехой и шумом

Определим статистики обнаружения реализаций с сигналом и без сигнала для линейного (только СФ) и нелинейного (НП+СФ) трактов.

статистика обнаружения после НП+СФ с сигналом	статистика обнаружения после НП+СФ без сигнала
$r_j := \begin{cases} y \leftarrow \text{Re}(y^0) \\ \text{for } i \in 0..2 \cdot N-1 \\ \quad m y_i \leftarrow y_i \\ \quad r y \leftarrow \text{sqrt}(2) \cdot (m y) \\ \quad \text{for } i \in 0..2 \cdot N-1 \\ \quad r^0 \leftarrow r^{(r)} \cdot \exp(11 \cdot \text{arg}(r_i)) \\ \quad h \leftarrow (r^T * g)^T \\ \quad \text{for } i \in 0..2 \cdot N-1 \\ \quad v y_i \leftarrow h^0 \\ v \leftarrow 20 \cdot \log(\max(vy)) \\ v \end{cases}$	$r_0 := \begin{cases} y \leftarrow \text{Re}(y^0) \\ \text{for } i \in 0..2 \cdot N-1 \\ \quad m y_i \leftarrow y_i \\ \quad r y \leftarrow \text{sqrt}(2) \cdot (m y) \\ \quad \text{for } i \in 0..2 \cdot N-1 \\ \quad r^0 \leftarrow r^{(r)} \cdot \exp(11 \cdot \text{arg}(r_i)) \\ \quad h \leftarrow (r^T * g)^T \\ \quad \text{for } i \in 0..2 \cdot N-1 \\ \quad v y_i \leftarrow h^0 \\ v \leftarrow 20 \cdot \log(\max(vy)) \\ v \end{cases}$

Рисунок 4. Статистики обнаружения реализации с сигналом и без сигнала после НП+СФ



Рисунок 5. Статистики обнаружения реализации с сигналом и без сигнала после СФ

Вероятности правильного обнаружения определяются:

$sortL := \text{sort}(L)$ $sortD := \text{sort}(D)$ сортировка по возрастанию для НП+СФ
 $sortD_{99} = 8.109$ порог обнаружения для НП+СФ при $P_{\text{лт}}=0.01$
 $sortL := \text{sort}(L)$ $sortD := \text{sort}(D)$ сортировка по возрастанию для СФ
 $sortD_{99} = 48.741$ порог обнаружения для СФ при $P_{\text{лт}}=0.01$

$\frac{1}{L} \cdot \left(\sum_{j=0}^{L-1} \mathbb{1}(L_j > sortD_{99}, 1, 0) \right) = 1$ $P_{\text{по}}$, вероятность правильного обнаружения для НП+СФ
 $\frac{1}{L} \cdot \left(\sum_{j=0}^{L-1} \mathbb{1}(L_j > sortD_{99}, 1, 0) \right) = 1$ $P_{\text{по}}$, вероятность правильного обнаружения для СФ

Рисунок 6. Вероятности правильного обнаружения

Теперь, изменяя отношения сигнал/(помеха+шум) найдем вероятности правильного обнаружения для трех отношений помеха/шум для линейного и нелинейного трактов.

ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОГО ТРАКТА															
Для помеха/шум=0дБ															
С/(П+Ш)	-40	-38	-36	-34	-32	-30	-28	-26	-24	-22	-20	-19	-18	-16	-12
$P_{\text{по}}$	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,05	0,13	0,34	0,6	0,8	0,9	0,99	1
Для помеха/шум=10дБ															
С/(П+Ш)	-40	-38	-36	-34	-32	-30	-28	-26	-24	-22	-20	-19	-18	-16	-12
$P_{\text{по}}$	0,009	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	0,11	0,31	0,62	0,91	1	1	1	1	1
Для помеха/шум=20дБ															

C/(П+Ш)	-40	-38	-36	-34	-32	-30	-28	-26	-24	-22	-20	-19	-18	-16	-12
P _{по}	0,02	0,029	0,069	0,187	0,455	0,81	0,98	1	1	1	1	1	1	1	1
ДЛЯ ЛИНЕЙНОГО ТРАКТА															
Для помеха/шум=0дБ															
C/(П+Ш)	-30	-28	-26	-24	-22	-20	-18	-16							
P _{по}	0,034	0,08	0,177	0,342	0,598	0,858	0,993	1							
Для помеха/шум=10дБ															
C/(П+Ш)	-30	-28	-26	-24	-22	-20	-18	-16							
P _{по}	0,051	0,09	0,173	0,324	0,597	0,871	0,99	1							
Для помеха/шум=20дБ															
C/(П+Ш)	-30	-28	-26	-24	-22	-20	-18	-16							
P _{по}	0,046	0,08	0,164	0,305	0,566	0,862	0,978	1							

Рассчитаем выигрыш при использовании нелинейных преобразований для каждого отношения П/Ш.

П/Ш, дБ	0	10	20
μ	-2	2	10

Характеристики обнаружения сигнала для разных отношений П/Ш для линейного и нелинейного трактов.

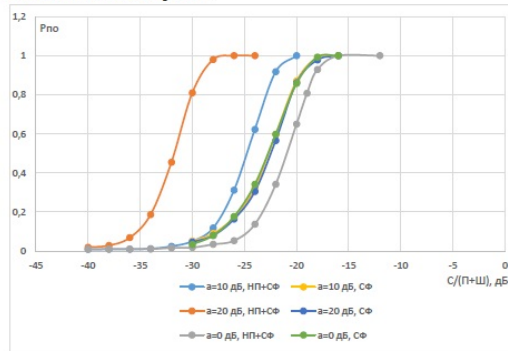


Рисунок 7. Характеристики обнаружения сигнала для разных отношений П/Ш для линейного и нелинейного трактов

Оценим выигрыш при использовании нелинейных преобразований для каждого отношения П/Ш.

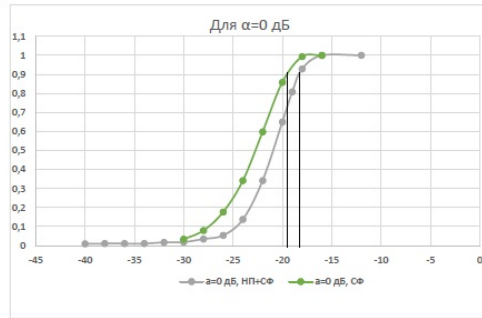


Рисунок 8. Реализация сигнала, помехи и шума после фильтра для $\alpha_{дБ} = 10$ дБ

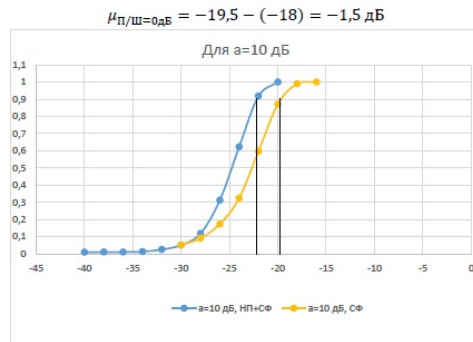


Рисунок 9. Реализация сигнала, помехи и шума до фильтра для $\alpha_{дБ} = 10$ дБ

$$\mu_{п/ш=0дБ} = -19,5 - (-18) = -1,5 \text{ дБ}$$

$$\mu_{п/ш=10дБ} = -20 - (-22) = 2 \text{ дБ}$$

Вывод

В ходе лабораторной работы были исследованы влияния отношения сигнал/(помеха+шум) и помеха/шум на вероятность правильного обнаружения.

Были рассчитаны вероятности правильного обнаружения при различных отношениях П/Ш и С/(П+Ш), а также выигрыш для нелинейного тракта.

Так же были построены характеристики обнаружения для трех отношений П/Ш для линейного и нелинейного трактов и по ним оценен выигрыш для нелинейного тракта.

Вероятность правильного обнаружения при нелинейной обработке сигналов выше, чем при линейной и с увеличением отношения С/(П+Ш) увеличивается. Это объясняется тем, что в спектре сигнала при нелинейной обработке появляются новые составляющие, которые расширяют спектр. А более широкий сигнал обнаружить легче. Только для отношения П/Ш=0 дБ вероятность правильного обнаружения в линейном тракте выше, чем в нелинейном.

При линейной обработке сигналов вероятность правильного обнаружения практически не меняется с изменением отношения П/Ш. Это объясняется тем, что линейные преобразования сигналов позволяют лишь усиливать сигнал, интегрировать или дифференцировать его. На отношение помеха/шум данные преобразования никак не влияют, поэтому такой сигнал при разных отношениях П/Ш обнаружить можно с одинаковой вероятностью.

Выигрыш, определенный экспериментальным путем, сходится с рассчитанным выигрышем. При этом с увеличением отношения П/Ш выигрыш увеличивается. Это объясняется тем, что при линейных преобразованиях сигнала вероятность правильного обнаружения остается постоянной при разных отношениях П/Ш, а при нелинейных увеличивается, а значит и выигрыш увеличивается.

Схема нелинейного полосового тракта для негауссовских помех является оптимальной, так как мощность помехи на входе СФ заметно уменьшается, в отличие от схемы линейного тракта, где помеха сразу поступает на вход СФ.

23

LMS-платформа – не предусмотрена

5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

5.3.1. Зачет

Список примерных вопросов

1. Математические модели сигналов и помех в РТС. Классификация помех. Способы создания помех. Естественные и преднамеренные помехи. Активные и пассивные помехи; имитационные помехи.
2. Оптимальная фильтрация детерминированных и случайных сигналов на фоне помех
3. Оптимальное обнаружение сигналов в условиях помех
4. Оптимальное оценивание параметров сигналов в условиях помех
5. Фильтр Калмана
6. Методы измерения параметров объектов и распознавания объектов в условиях помех
7. Методы исследования помехозащищенности. Статистические методы оценки помехоустойчивости. Критерии.
8. Методы защиты от помех, компенсация помех
9. Методы селекции, применяемые в РТС. Первичная, вторичная, пространственная и функциональная селекция.
10. Адаптивные фильтры
11. Адаптивные антенные решетки.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	проектная деятельность учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология проектного образования Технология самостоятельной работы	ПК-6	3-1	Зачет Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам Реферат