

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

Кафедра технической эксплуатации
радиоэлектронного оборудования воздушного транспорта

Д.Н. Яманов

ТЕОРИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ

*для студентов
специальности 10.05.02
всех форм обучения*

Москва
ИД Академии Жуковского
2021

УДК 621.391.8
ББК 6Ф2.1
Я54

Рецензент:

Илюхин А.А. – канд. техн. наук, доцент

Яманов Д.Н.

Я54 Теория помехоустойчивости [Текст] : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ / Д.Н. Яманов. – М.: ИД Академии Жуковского, 2021. – 20 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Теория помехоустойчивости» по учебному плану для студентов специальности 10.05.02 всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 18.06.2021 г. и методических советов по специальности 25.05.03 от 18.06.2021 г., по специальности 10.05.02 от 22.06.2021 г.

УДК 621.391.8
ББК 6Ф2.1

В авторской редакции

Подписано в печать 26.10.2021 г.
Формат 60x84/16 Печ. л. 1,25 Усл. печ. л. 1,16
Заказ № 832/1004-УМП04 Тираж 50 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского
125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., д. 6А
Тел.: (495) 973-45-68
E-mail: zakaz@itsbook.ru

© Московский государственный технический
университет гражданской авиации, 2021

ВВОДНЫЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

При подготовке к лабораторной работе изучается теоретический материал по рекомендованной литературе и настоящему пособию. Достаточность знаний следует проверить по контрольным вопросам, которые приводятся в конце описания каждой работы.

Ознакомление с заданием на лабораторную работу и методикой ее выполнения, подготовка отчетов, вычерчивание схем, таблиц, графиков, аналитические расчеты осуществляются в часы самостоятельной работы.

Общие указания к выполнению лабораторной работы:

1) Перед началом работы преподаватель опрашивает студентов по теоретической части работы и методике эксперимента.

2) За время, отведенное на выполнение лабораторной работы, студенты должны успеть ответить на вопросы по теории, выполнить экспериментальную часть и оформить отчет.

3) Если к концу занятия бригада не успела оформить и сдать отчет, то экспериментальный материал с фамилиями студентов должен быть показан преподавателю и подписан им. К следующему занятию отчет должен быть полностью оформлен.

4) До окончания занятий выходить из лаборатории можно только с разрешения преподавателя.

5) Студенты должны ознакомиться с правилами работы в лаборатории. Пояснения даются преподавателем и инженером, а также изложены в соответствующих инструкциях. Первое включение компьютеров производится только с разрешения преподавателя или инженера.

6) После окончания эксперимента необходимо выключить компьютеры, а перед уходом из лаборатории привести в порядок свое рабочее место.

7) Защита лабораторной работы заключается в объяснении полученных результатов с точки зрения физических процессов, происходящих в исследуемых моделях устройств и анализе соответствия полученных результатов теоретическим положениям, известным из рекомендуемой литературы.

8) Студенты, не защитившие предыдущую лабораторную работу, к выполнению последующей не допускаются.

9) В журнале студенты должны расписаться об ознакомлении с инструкцией по охране труда (вводный инструктаж и первичный инструктаж на рабочем месте).

Отчеты могут оформляться как в отдельном экземпляре, так и в общей тетради.

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- титульный лист (см. Приложение);
- цель работы;
- экспериментальные данные в виде таблиц и графиков;
- выводы по работе.

Для выполнения лабораторных работ используется пакет программ «Помехоустойчивость» (версия 1.1), реализующий функцию компьютерного моделирования в среде LabVIEW. В пакет входят программы:

- оценка потенциальной помехоустойчивости сигналов с амплитудной, частотной и фазовой манипуляцией;
- исследование влияния нефлуктуационных помех (НФП) на помехоустойчивость сигналов с частотной и фазовой манипуляцией.

В работе над пособием принимала непосредственное участие студентка группы РТ 6-1 Нагорнова О.Ю., а пакет прикладных программ разработан ей полностью.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Оценка потенциальной помехоустойчивости сигналов с амплитудной, частотной и фазовой манипуляцией

1.1 Цель работы

Экспериментальное определение (компьютерное моделирование) помехоустойчивости оптимального приема АМн, ЧМн и ФМн сигналов на фоне аддитивного белого гауссовского шума (АБГШ).

1.2 Основные теоретические положения

В радиоприемных устройствах приходится иметь дело с различными видами помех. Однако во всех случаях является общим и неизбежным наличие гауссовского флуктуационного шума, обусловленного естественными причинами, которые принципиально не могут быть устранены (тепловые и другие шумы окружающего пространства, а также собственные шумы радиоприемных устройств). Тепловые шумы пространства, окружающего приемную антенну, принимаются ей вместе с полезным сигналом и складываются с собственными шумами приемника. Шумы в свою очередь линейно складываются с полезным сигналом. Помехи, которые суммируются с сигналами линейно, называются аддитивными.

В теории помехоустойчивости значительное внимание уделяется решению задач для случая, когда принятым колебанием является сумма (аддитивная смесь) полезного сигнала и белого гауссовского шума (БГШ). Наличие других случайных помех, отличных от БГШ, существенно усложняет задачу приема.

В данной лабораторной работе, полагаем, что в принятом колебании $\xi(t)$ может быть только один из двух сигналов — $s_1(t)$ или $s_2(t)$:

$$\xi(t) = \theta s_1(t) + (1 - \theta) s_2(t) + n(t), \quad 0 \leq t \leq T, \quad (1.1)$$

где $s_1(t)$ и $s_2(t)$ — детерминированные сигналы, $n(t)$ — аддитивный белый гауссовский шум (АБГШ) с нулевым математическим ожиданием и среднеквадратическим отклонением (СКО) σ .

Случайная величина θ может принимать только два значения: $\theta = 1$ (присутствует сигнал $s_1(t)$) с вероятностью p_1 ; $\theta = 0$ (присутствует сигнал $s_2(t)$) с вероятностью $p_2 = 1 - p_1$.

На основе критерия идеального наблюдателя, получено следующее правило (алгоритм) различения двух сигналов [1]:

$$q = \frac{2}{N_0} \int_0^T \xi(t) [s_1(t) - s_2(t)] dt \stackrel{>}{<} h = 0, \quad (1.2)$$

т.е. принимается решение о наличии сигнала $s_1(t)$, если $q > 0$; при $q < 0$ принимается решение о наличии сигнала $s_2(t)$.

Оптимальный приемник, реализующий алгоритм (1.2) является корреляционным, его схема изображена на рисунке 1.1 [1].

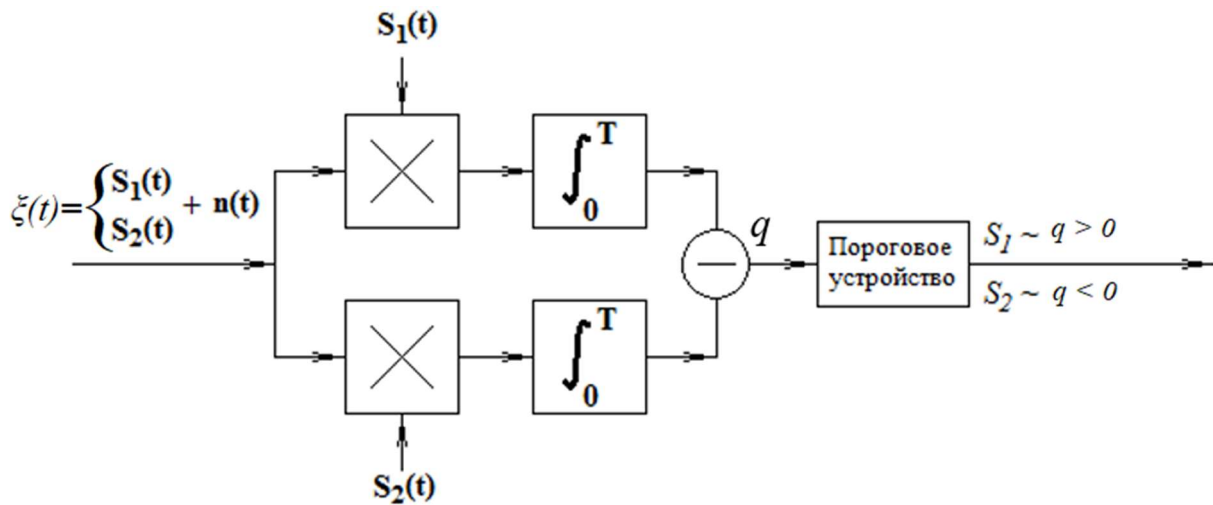


Рисунок 1.1 — Схема корреляционного приемника

В таком приемнике принятое колебание отдельно перемножается с известными опорными сигналами $s_1(t)$ и $s_2(t)$, интегрируется, и разностное напряжение q подается на пороговое устройство.

При амплитудной манипуляции (АМн, англ. amplitude shift keying (ASK)) амплитуда несущего колебания меняется скачкообразно в зависимости от значения символа информационной последовательности. Частота и фаза манипулированного сигнала остаются неизменными.

Сигнал на рисунке 1.2 представляет собой АМн сигнал с «активной паузой» [1]:

$$\left. \begin{aligned} s_1(t) &= A_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \\ s_2(t) &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad 0 \leq t \leq T. \quad (1.3)$$

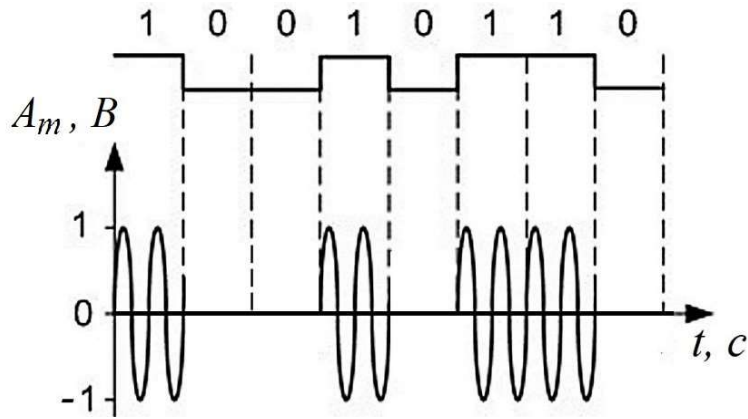


Рисунок 1.2 — АМн (ASK) сигнал

В данном случае на основании критерия идеального наблюдателя нужно решить задачу обнаружения сигнала $s_1(t)$ на фоне шума. Вероятность ошибки при приеме АМн сигналов определяется выражением [1]:

$$P_e = 1 - \Phi\left(\sqrt{\frac{E}{2N_0}}\right), \quad (1.4)$$

где $\Phi(\cdot)$ — интеграл вероятности; $2E/N_0$ — отношение сигнал/шум (ОСШ), E — энергия полезного сигнала, N_0 — односторонняя спектральная плотность белого шума.

Рассмотрим сигнал (рисунок 1.3) с частотной манипуляцией (ЧМн, англ. frequency shift keying (FSK)). При ЧМн информация передается с помощью двух гармонических сигналов одинаковой амплитуды и длительности, имеющих различные несущие частоты:

$$\left. \begin{aligned} s_1(t) &= A_m \cos(\omega_1 t + \varphi_0) \\ s_2(t) &= A_m \cos(\omega_2 t + \varphi_0) \end{aligned} \right\}, \quad 0 \leq t \leq T. \quad (1.5)$$

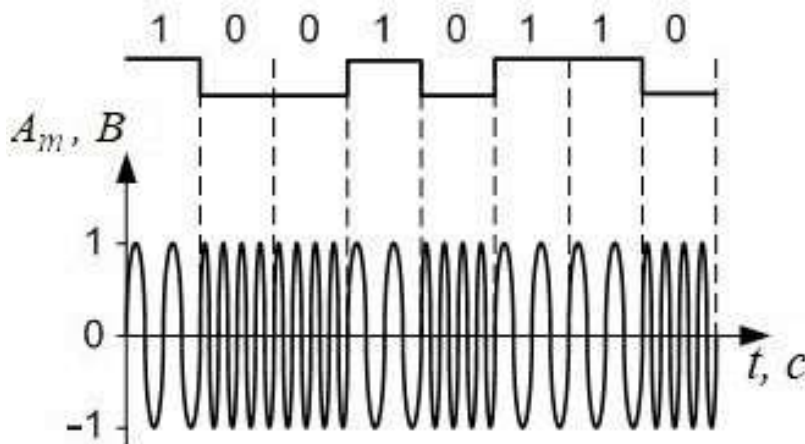


Рисунок 1.3 — ЧМн (FSK) сигнал

В данном случае на основании критерия идеального наблюдателя решается задача различения сигналов $s_1(t)$ и $s_2(t)$ на фоне шума.

Формула для вероятности ошибки определяется выражением:

$$P_e = 1 - \Phi \left(\sqrt{\frac{E}{N_0}} (1 - r_s) \right), \quad (1.6)$$

где $r_s = \frac{1}{E} \int_0^T s_1(t)s_2(t)dt$ — коэффициент взаимной корреляции между сигналами $s_1(t)$ и $s_2(t)$. Обычно на практике для ЧМн выполняется неравенство $(\omega_1 - \omega_2)T \gg 1$, поэтому $r_s = 0$.

Таким образом, выражение 1.6 принимает следующий вид:

$$P_e = 1 - \Phi \left(\sqrt{\frac{E}{N_0}} \right). \quad (1.7)$$

Фазовая манипуляция (ФМн, англ. phase-shift keying (PSK)) — представляет собой процесс модуляции, при которой фаза опорного сигнала постоянной частоты (несущей) меняется скачкообразно в соответствии с информационным сообщением (рис. 1.4).

При ФМн обычно используют такие сигналы, фазы которых равны 0 и π :

$$\left. \begin{aligned} s_1(t) &= A_m \cos \omega t \\ s_2(t) &= -A_m \cos \omega t \end{aligned} \right\}, \quad 0 \leq t \leq T. \quad (1.8)$$

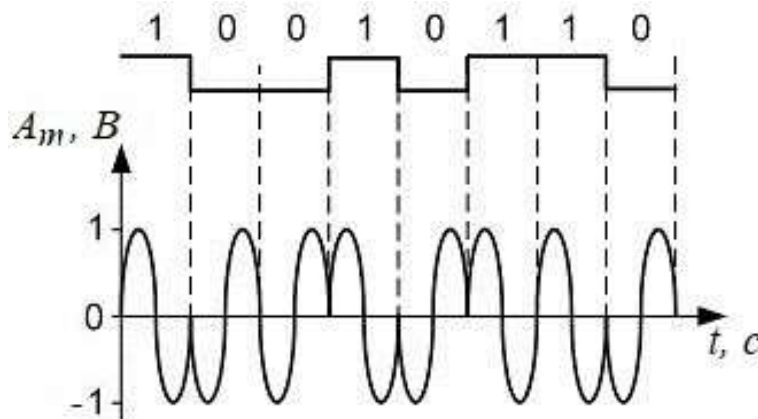


Рисунок 1.4 — ФМн (PSK) сигнал

Для сигналов с фазовой манипуляцией $r_s = -1$, тогда выражение для вероятности ошибки принимает вид:

$$P_e = 1 - \Phi \left(\sqrt{\frac{2E}{N_0}} \right). \quad (1.9)$$

По формулам 1.4, 1.7 и 1.9 построены зависимости вероятности ошибки P_e от отношения сигнал/шум (ОСШ), представленные на рисунке 1.5.

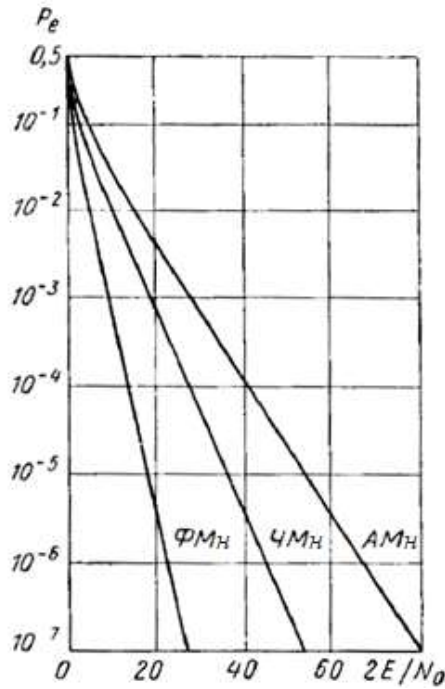


Рисунок 1.5 — Зависимости вероятности ошибки от отношения сигнал/шум (ОСШ)

1.3 Описание программы

Лабораторная работа выполняется с использованием программ «АМн + АБГШ» и «ФМн, ЧМн + АБГШ» (в среде LabVIEW). Программы позволяют с помощью моделирования приема суммы полезного сигнала и шума получить количественные характеристики — вероятности ошибки P_e при определенных значениях $ОСШ$. Внешний вид виртуальной лабораторной установки приведен на рисунке 1.6 [2].

На лицевой панели находятся:

- вкладки определяющие рабочий сигнал (ЧМн или ФМн, АМн) и его числовые характеристики;
- активные числовые поля, такие как среднеквадратическое отклонение "СКО АБГШ", "Число повторений", "Задержка между повторениями, мс";
- пассивные числовые поля, среди которых важное значение имеют "ОСШ", "Вероятность ошибки" (остальные — носят информативный характер).

Также на лицевой панели имеются три экрана осциллографа, которые визуализируют формируемый сигнал, шум и их сумму.

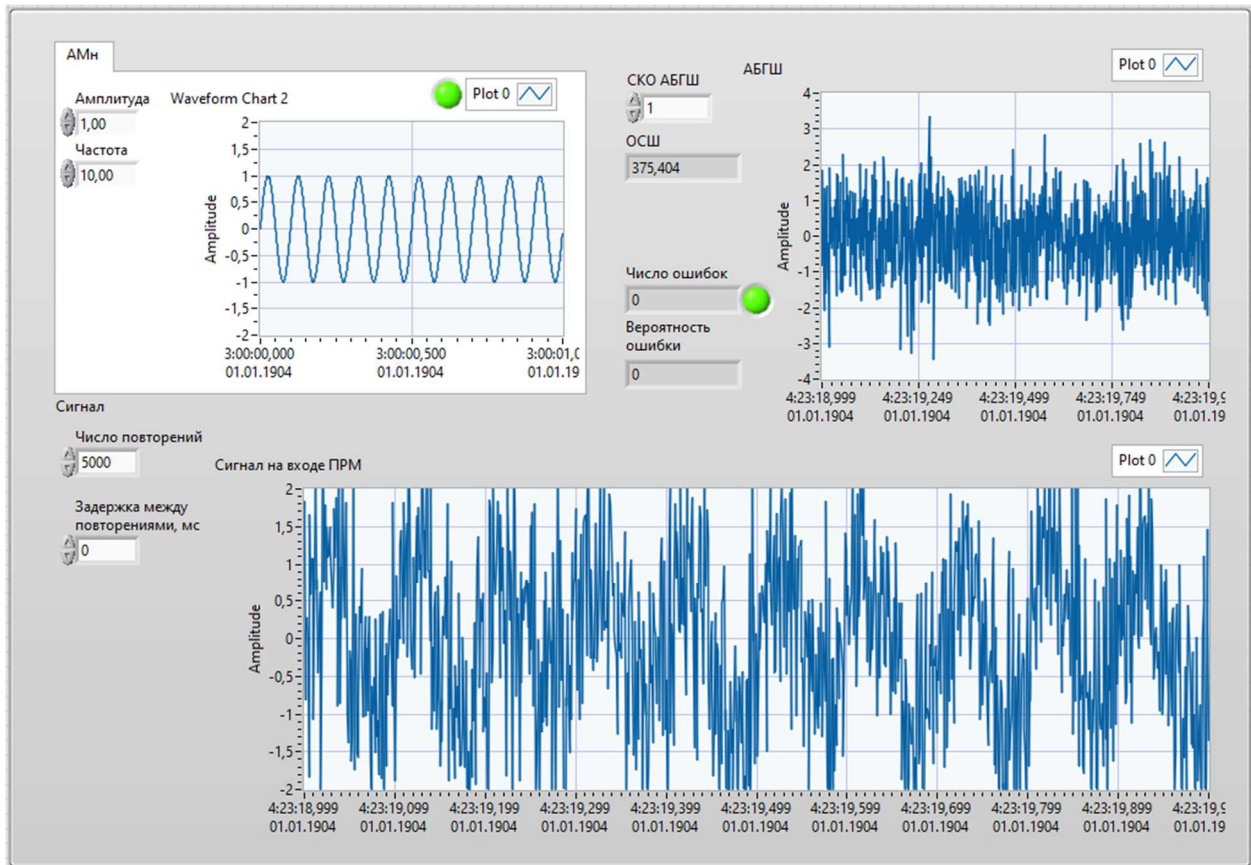


Рисунок 1.6 — Лицевая панель виртуальной лабораторной установки с элементами управления

Программа работает следующим образом: формируется информационный сигнал и помеха; затем их сумма проходит через корреляционный приемник, где принимается решение о наличии сигнала $s_1(t)$ или $s_2(t)$ по описанному выше алгоритму. Таким образом, ошибка в оценке принимаемого сигнала обусловлена наличием помехи, т.е. белого шума.

«Задержка между повторениями, мс» позволяет установить временной промежуток в миллисекундах между повторениями для удобства визуального наблюдения осциллограмм сигналов, однако стоит иметь в виду, что это влияет на скорость вычислений.

1.4 Порядок выполнения работы

На этапе подготовки к лабораторной работе студенты должны, используя литературу [1] и материалы лекций, углубить свои знания по вопросам обнаружения и различения сигналов.

Внимание!

Во время работы программы нельзя переключать вкладки или изменять параметры — это приведет к нарушению правильности вычислений и некорректному результату.

Зададим параметры сигналов (таблица 1.1).

Число повторений при измерении равно 5000.

Каждому значению СКО σ , соответствует свое значение ОСШ, т.к. $\sigma = \sqrt{N_0 \cdot 2\Delta f}$, где $2\Delta f$ — полоса частот [2].

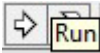
Подставив в программу все численные значения, нужно запустить процесс моделирования кнопкой "Run" . После окончания работы программы будет подсчитано соответствующее значение вероятности ошибки. Таким образом нужно полностью заполнить таблицу 1.2. Если в процессе моделирования не было выявлено ни одной ошибки (при больших отношениях сигнал/шум), не стоит использовать этот результат при построении графика.

Таблица 1.1 — Параметры сигналов

Сигнал	Амплитуда, В	Частота, Гц
АМн	1	10
ЧМн	1	$f_1 = 10$ и $f_2 = 5$
ФМн	1	10

Таблица 1.2 — Результаты эксперимента

СКО АБГШ σ	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	9	10	15	20
ОСШ												
P_e												

Заполнив таблицу для АМн-сигнала, нужно провести аналогичные эксперименты и для ФМн- и ЧМн-сигналов. По полученным значениям требуется построить графические зависимости $P_e = f(\text{ОСШ})$ с использованием программных средств (MathCad, Excel и т.п.) в логарифмическом масштабе. После построения следует убедиться, что полученные зависимости совпадают с теоретическими.

1.5 Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Таблицы и соответствующие им графические зависимости.
4. Выводы по проделанной работе.

1.6 Контрольные вопросы

1. Назовите основные критерии, которые используются в теории оптимального радиоприема сигналов.
2. Каков алгоритм работы оптимального приемника в случае различения двух полностью известных сигналов при наличии помехи типа белого гауссовского шума?
3. Какая помехоустойчивость называется потенциальной?
4. Каким преобразованиям подвергаются сигналы и помехи в корреляционном приемнике?
5. От каких параметров зависит помехоустойчивость оптимального приемника?
6. Поясните физический смысл отношения сигнал/шум.
7. Дайте определение коэффициента взаимной корреляции.
8. Опишите рассматриваемые в работе сигналы и помехи.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Исследование влияния нефлуктуационных помех на помехоустойчивость сигналов с частотной и фазовой манипуляцией

2.1 Цель работы

Экспериментальное определение помехоустойчивости оптимального приема ЧМн и ФМн сигналов при воздействии нефлуктуационных помех (НФП).

2.2 Основные теоретические положения

В каналах радиосвязи одновременно с полезным сигналом присутствует большое количество различных помех, в том числе и нефлуктуационного типа. Это определяется как внутренними (внутрисистемными) факторами, связанными с техническими характеристиками каналов радиосвязи и условиями распространения радиоволн, так и внешними (межсистемными), зависящими от характеристик сторонних по отношению к данной радиолинии радиосредств.

В гражданских системах связи имеют место главным образом непреднамеренные помехи, возникновение которых обычно вызвано нарушением регламентов радиосвязи и норм электромагнитной совместимости, что ведет к увеличению уровня внеполосного излучения.

Для данного случая запишем процесс на входе приемника следующим образом:

$$\xi(t) = s_j(t) + s_n(t) + n(t), \quad 0 \leq t \leq T, \quad (2.1)$$

где $j=1,2$; $s_n(t)$ — нефлуктуационная помеха; $n(t)$ — аддитивный белый гауссовский шум (АБГШ).

Прием ведется на корреляционный приемник (рисунок 1.1).

Рассмотрим следующие наиболее типовые модели непреднамеренных помех:

1) Гармоническая помеха

$$s_{II}(t) = \mu A \cos(\omega_{II}t + \varphi_{II}), \quad (2.2)$$

где μ — относительная интенсивность помехи; A — амплитуда помехи; ω_{II} — несущая частота; φ_{II} — случайная начальная фаза помехи.

Эта помеха является наиболее распространенной. Спектр гармонической помехи сосредоточен в сравнительно узкой полосе частот,

сопоставимой или даже существенно более узкой, чем полоса частот сигнала. Источниками гармонических помех могут являться различные радиосредства, работающие на близких частотах.

2) Импульсная помеха (широкополосная)

$$s_{II}(t) = A(t) \cos(\omega_{II}t + \varphi_{II}), \quad 0 < t < \tau_{II}, \quad (2.3)$$

где $A(t)$ — дискретный марковский случайный процесс с двумя состояниями $A_1 = 0$ и $A_2 = \mu A$, моменты перехода между которыми образуют пуассоновский поток; $\tau_{II} < T$ — случайная длительность импульса помехи, описываемая экспоненциальным законом распределения; T — длительность информационного бита.

Помехи такого типа могут возникать в результате природного явления, такого как гроза. К техногенным источникам можно отнести импульсные радиостанции, линии электропередач, а также ненадлежащее состояние коммутационного оборудования.

3) Ретранслированная помеха

Ретранслированная помеха представляет собой исходный переотраженный от различных физических препятствий, находящихся на пути распространения, радиосигнал:

$$s_{II}(t) = \mu s(t - \tau, \varphi_{II}), \quad (2.4)$$

где μ — относительная интенсивность помехи; τ — временная задержка помехи; φ_{II} — случайная начальная фаза.

Ретранслированные помехи возникают, например, при радиопередаче в городской среде с высокой плотностью застройки.

4) Сканирующая по частоте помеха

Под сканирующей помехой будем понимать мешающий сигнал с несущей частотой $\omega_{II}(t)$, изменяющийся вокруг значения несущей частоты полезного сигнала ω_C по некоторому периодическому закону:

$$s_{II}(t) = \mu A \cos[\omega_{II}(t)t + \varphi_{II}], \quad (2.5)$$

$$\omega_{II}(t) = \omega_C + \frac{8\Delta\omega_D}{\pi^2} \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{\frac{k-1}{2}} \frac{\sin k\omega_{Ck}t}{k^2}, \quad k = 1, 3, 5, \dots, \quad (2.6)$$

где μ — относительная интенсивность помехи; A — амплитуда помехи; $\omega_{II}(t)$ — несущая частота, изменяющаяся по треугольному закону; φ_{II} — случайная начальная фаза, $\Delta\omega_D$ — девиация частоты помехи, ω_{Ck} — частота сканирования.

2.3 Описание программы

Лабораторная работа выполняется в программе «ФМн, ЧМн + НФП». Программа позволяет с помощью моделирования приема смеси полезного сигнала, АБГШ и нефлуктуационных помех получить количественные характеристики — вероятности ошибки P_e при определенных значениях $ОСШ$ и интенсивности НФП. Внешний вид программы приведена на рисунке 2.1.

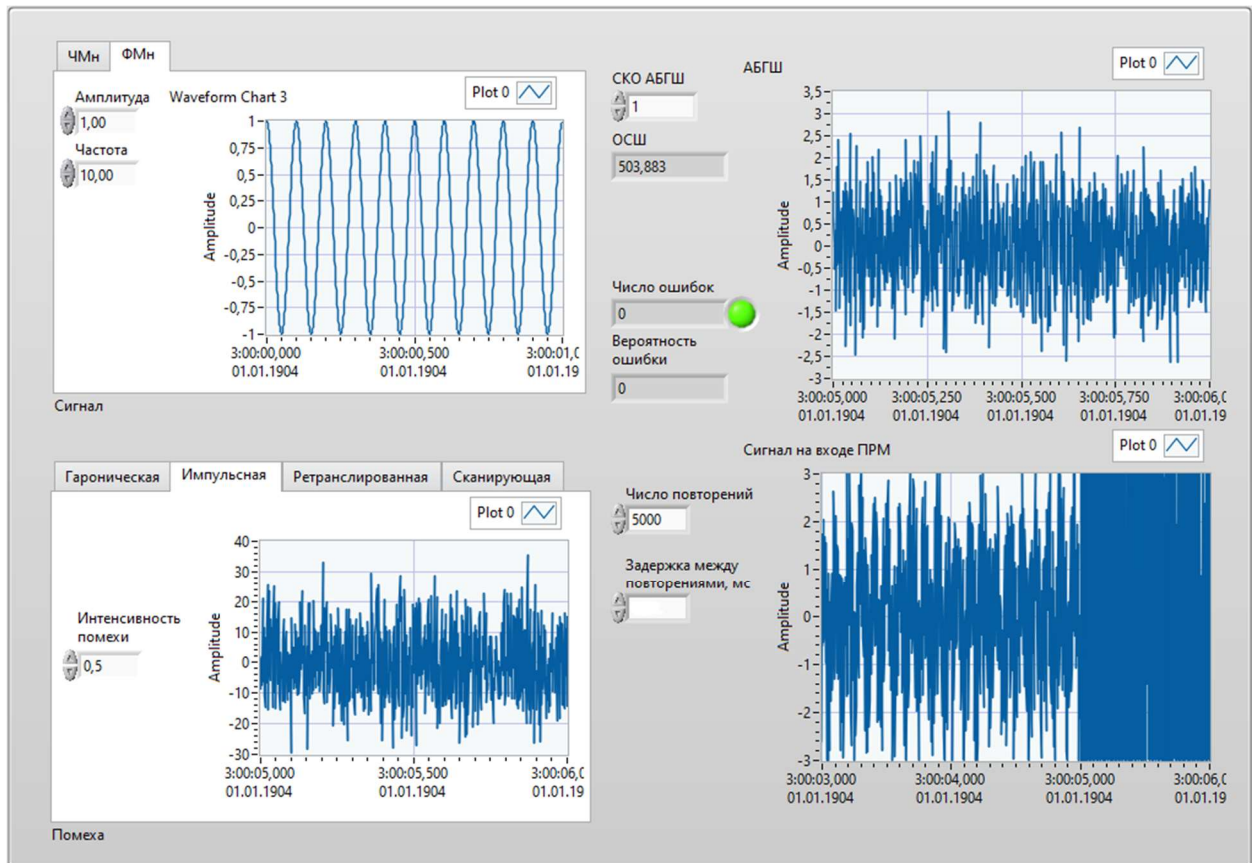


Рисунок 2.1 — Лицевая панель виртуальной лабораторной установки с элементами управления

На лицевой панели находятся:

- вкладки, определяющие рабочий сигнал (ЧМн или ФМн) и его числовые характеристики;
- вкладки, определяющие нефлуктуационную помеху и ее параметры;
- активные числовые поля, такие как "СКО АБГШ", "Число повторений", "Задержка между повторениями, мс";
- пассивные числовые поля, среди которых важное значение имеют "ОСШ", "Вероятность ошибки" (остальные — носят информативный характер).

Также на лицевой панели имеются четыре экрана осциллографа, которые визуализируют формируемый сигнал, шум, помеху и их сумму.

Программа работает следующим образом: на входе приемного устройства формируются информационный сигнал, АБГШ и нефлуктуационная помеха. Затем эта сумма проходит через корреляционный приемник, в котором принимается решение о принятом сигнале (рисунок 1.1). Ошибка принимаемого сигнала обусловлена наличием белого шума, а также нефлуктуационной помехи.

2.4 Порядок выполнения работы

2.4.1 Влияние нефлуктуационных помех на вероятность ошибки

Внимание!

Во время работы программы нельзя переключать вкладки или изменять параметры — это приведет к нарушению правильности вычислений и некорректному результату.

Зададимся параметрами сигналов и помех (таблицы 2.1 и 2.2).

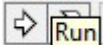
Число повторений при измерении равно 5000.

Таблица 2.1 — Параметры сигналов

Сигнал/помеха	Амплитуда, В	Частота, Гц
ЧМн	1	$f_1 = 10$ и $f_2 = 5$
ФМн	1	10

Таблица 2.2 — Параметры помех

Помеха	Параметры
Ретранслированная	относительная интенсивность $\mu = 1$, задержка на 3 символа
Гармоническая	$A = 1$ В, $f = 10$ Гц, относительная интенсивность $\mu = 1$
Сканирующая	$A = 1$ В, $\Delta f_D = 1$ Гц, $f_{Ск} = 50$ Гц, относительная интенсивность $\mu = 1$
Импульсная	относительная интенсивность $\mu = 1$

Подставив в программу все численные значения, нужно запустить процесс моделирования кнопкой "Run" . После окончания работы

программы будет подсчитано соответствующее значение вероятности ошибки. Изменяя значение СКО σ , нужно полностью заполнить таблицу 2.3. Если в процессе моделирования не было выявлено ни одной ошибки (при больших отношениях сигнал/шум), не стоит использовать этот результат при построении графика.

Таблица 2.3. — Результаты эксперимента

СКО АБГШ σ	6	6,5	7	7,5	8	9	10	12,5	15	17,5	20
<i>ОСШ</i>											
P_e при ретранслированной помехе											
P_e при гармонической помехе											
P_e при сканирующей помехе											
P_e при импульсной помехе											

Заполнив значения для ЧМн-сигнала, нужно повторить эксперимент и для ФМн-сигнала. По полученным значениям требуется построить графические зависимости $P_e = f(\text{ОСШ})$ (при фиксированной интенсивности помех) с использованием программных средств (MathCad, Excel и т.п.) в логарифмическом масштабе. После построения следует провести анализ результатов и сделать выводы.

2.4.2 Влияние интенсивности нефлюктуационных помех на вероятность ошибки

В данном пункте нужно исследовать влияние интенсивности помехи на вероятность ошибки.

Тип полезного сигнала и помехи задается преподавателем, а их параметры — берутся из таблиц 2.1 и 2.2. Число повторений при измерении равно 5000. Среднеквадратичное отклонение АБГШ установить $\sigma = 5$.

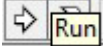
Подставив в программу все численные значения, нужно запустить процесс моделирования кнопкой "Run" . После окончания работы программы будет подсчитано соответствующее значение вероятности ошибки. Изменяя значение интенсивности помехи необходимо полностью заполнить таблицу 2.4.

Таблица 2.4. — Результаты эксперимента

Интенсивность помехи μ	0,5	0,6	0,7	0,9	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
P_e											

По полученным значениям требуется построить графические зависимости $P_e = f(\mu)$ с использованием программных средств (MathCad, Excel и т.п.). После построения следует проанализировать полученные графики и сделать выводы.

2.5 Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Таблицы и соответствующие им графические зависимости.
4. Выводы по проделанной работе.

2.6 Контрольные вопросы

1. Какие помехи относятся к флуктуационным?
2. Какие помехи являются нефлуктуационными?
3. Дайте характеристику рассматриваемых в работе нефлуктуационных помех.
4. Оцените степень влияния рассматриваемых НФП на помехоустойчивость.
5. Как влияет интенсивность узкополосных и широкополосных помех на помехоустойчивость приема сигналов?
6. Какие из рассматриваемых НФП относятся к узкополосным, а какие к широкополосным?

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. – М.: Радио и связь, 1983.
2. Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW – М.: ДМК Пресс, 2007.

СОДЕРЖАНИЕ

Вводные указания к выполнению лабораторных работ	3
Лабораторная работа № 1	5
Лабораторная работа № 2.....	13
Литература	19
Приложение	20

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Кафедра технической эксплуатации радиоэлектронного оборудования
воздушного транспорта
(ТЭ РЭОВТ)

Отчет защищен
Преподаватель

(должность, Ф.И.О.)

(подпись, дата)

Название лабораторной работы

Отчет по лабораторной работе по дисциплине «Теория помехоустойчивости»

Работу выполнил
студент группы БИ 4 –

(Ф.И.О.)

(подпись, дата)

Москва – 20__