МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

Факультет компьютерных наук

Кафедра информационных систем

*Реализация модулятора и демодулятора QPSK и 8FSK в системе MATLAB, сравнительный анализ их помехоустойчивости.*

Курсовая работа

09.03.02 Информационные системы и технологии

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Зав. кафедрой | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Борисов Д.М. | канд.техн.наук, доцент |  |
| Обучающийся | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Меркутова К.Д. |  |  |
| Руководитель | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Стромов А.В. | старший преподаватель |  |

Воронеж 2023

Содержание

[Содержание 2](#_Toc169552674)

[Определения, обозначения и сокращения 3](#_Toc169552675)

[Введение 4](#_Toc169552676)

[1 Обзор литературы 7](#_Toc169552677)

[1.1 Принципы модуляции QPSK и 8FSK 9](#_Toc169552678)

[1.1.1 Принцип работы QPSK: 9](#_Toc169552679)

[1.1.2 Модулятор QPSK: 9](#_Toc169552680)

[1.1.3 Принцип работы 8FSK: 9](#_Toc169552681)

[1.1.4 Модулятор 8FSK: 9](#_Toc169552682)

[1.1.5 Сравнение QPSK и 8FSK 10](#_Toc169552683)

[1.2 Принципы демодуляции QPSK и 8FSK 11](#_Toc169552684)

[2 Практическая реализация в MATLAB 13](#_Toc169552685)

[2.1 Реализация модулятора и демодулятора QPSK 13](#_Toc169552686)

[2.2 Реализация модулятора и демодулятора 8FSK 16](#_Toc169552687)

[3 Сравнительный анализ помехоустойчивости 18](#_Toc169552688)

[3.1 Методология анализа 18](#_Toc169552689)

[3.2 Результаты экспериментов 19](#_Toc169552690)

[Заключение 22](#_Toc169552691)

[Список использованных источников 24](#_Toc169552692)

Определения, обозначения и сокращения

8FSK (Eight Frequency Shift Keying) – это способ цифровой модуляции, который использует восемь различных частот для передачи информации.

QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) – это способ цифровой модуляции, который использует четыре различных фазы для передачи информации.

Введение

В современном мире телекоммуникаций и передачи данных постоянно растут требования к скорости, эффективности и помехоустойчивости систем. С развитием технологий беспроводной связи и увеличением объема передаваемых данных, вопрос выбора оптимальных методов модуляции и демодуляции сигналов приобретает все большую значимость. Способы модуляции представляют собой ключевую составляющую в обеспечении качества связи и устойчивости системы к различным видам помех. В этом контексте QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) и 8FSK (8-Frequency Shift Keying) являются одними из наиболее используемых схем модуляции, каждая из которых обладает своими преимуществами и недостатками.  
  
В условиях растущих требований к качеству связи, QPSK и 8FSK стали объектами многочисленных исследований и разработок. QPSK известен своей высокой спектральной эффективностью и устойчивостью к линейным искажениям, что делает его применимым в широком диапазоне задач — от спутниковой связи до мобильных сетей. В свою очередь, 8FSK, благодаря использованию большего числа частотных каналов, позволяет добиться высокой пропускной способности и оптимальной работы в условиях ограниченного спектрального ресурса. Сравнение помехоустойчивости этих двух схем модуляции является важным шагом в выборе наилучшего метода для специфических применений, особенно в условиях высоких уровней интерференции и шумов.  
  
В настоящее время MATLAB является одним из наиболее мощных инструментов для моделирования и анализа систем связи, что позволяет исследователям детально изучать характеристики различных схем модуляции и демодуляции. Реализация моделей QPSK и 8FSK в среде MATLAB предоставляет возможность не только теоретически изучить их характеристики, но и практически оценить их работоспособность в различных условиях приема-передачи. Проведение сравнительных тестов и анализ помехоустойчивости через моделирование в MATLAB способствует более глубокому пониманию преимуществ и недостатков каждой схемы, что в конечном итоге помогает разработчикам в выборе наиболее подходящей технологии для конкретных задач. Таким образом, данное исследование играет ключевую роль в совершенствовании телекоммуникационных систем и увеличении их надежности.

**Цели и задачи работы.**

Данная курсовая работа посвящена реализации модулятора и демодулятора QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) и 8FSK (8-Level Frequency Shift Keying) в среде MATLAB, а также проведению сравнительного анализа их помехоустойчивости. Основной целью работы является исследование и сравнение эффективности передачи данных с использованием различных модуляционных схем. **Основные задачи:**

* Изучить основные принципы и теорию модуляции QPSK и 8FSK;
* Разработать и реализовать модуляторы QPSK и 8FSK в MATLAB;
* Разработать и реализовать демодуляторы QPSK и 8FSK в MATLAB.;
* Провести сравнительный анализ помехоустойчивости модуляционных схем QPSK и 8FSK;
* Оценить качество передачи данных при различных уровнях шума и искажений.

1. Обзор литературы

Модуляция и демодуляция сигналов являются краеугольными камнями современных систем связи. Концепция модуляции берет своё начало ещё в первых беспроводных системах, где амплитудная модуляция (AM) и частотная модуляция (FM) использовались для передачи аналоговых сигналов. С развитием технологий и ростом потребностей в передаче данных развивались также и методы модуляции. В цифровой эре, модуляция предполагает изменение параметров носителя (амплитуды, частоты или фазы) в соответствии с передаваемыми цифровыми данными. Большую роль в этом развитии сыграли труды таких учёных, как Клод Шеннон, который разработал теорию информации, ставшую основой для дальнейших исследований в области цифровой связи. Принципы модуляции и демодуляции, особенно в аспекте помехоустойчивости, рассматривались в трудах основных исследователей, таких как Джон Прокис и Бернард Склар, которые в своих трудах детально анализировали системы цифровой связи в условиях шумов и помех.  
 Среди множества методов цифровой модуляции особое место занимают квадратурная фазовая манипуляция (QPSK) и восьмитичная частотная манипуляция (8FSK). Метод QPSK отличается высокой спектральной эффективностью и устойчивостью к различного рода помехам и искажениям, благодаря использованию четырех фаз для кодирования данных. Это позволяет QPSK передавать два бита информации на каждый символ, что вдвое повышает скорость передачи данных по сравнению с базовой двоичной фазовой манипуляцией (BPSK). Исследования показали, что QPSK обладает хорошей производительностью даже в условиях низкого уровня сигнала, что делает его популярным выбором для множества телекоммуникационных систем, включая спутниковую связь и мобильные сети. В свою очередь, метод 8FSK использует восемь различных частот для передачи данных, что обеспечивает более высокий уровень помехоустойчивости по сравнению с традиционной 2FSK. Анализ литературных источников указывает на то, что 8FSK является эффективным методом для систем, где требуется высокая помехоустойчивость и высокая пропускная способность.  
 Сравнительный анализ QPSK и 8FSK демонстрирует разные подходы к решению задачи передачи данных в условиях шумов и помех. Согласно сведениям, из классических трудов и современных исследований, QPSK лучше всего подходит для систем, где важна высокая скорость передачи данных и эффективность использования полосы пропускания. В то же время, 8FSK показывает превосходные результаты в условиях значительных помех, обеспечивая более высокую точность восстановления данных. Работы Прокиса и Склара подтверждают, что ни один метод модуляции не является универсальным решением, и выбор конкретного метода должен основываться на специфике применения системы связи. Современные исследования в области телекоммуникаций продолжают совершенствовать эти методы, предлагая гибридные схемы модуляции, которые сочетают преимущества различных технологий для достижения оптимальной производительности в реальных условиях эксплуатации. Тенденции также показывают рост интереса к адаптивным системам модуляции, которые могут динамически изменять свои параметры в зависимости от текущих условий передачи, что делает систему ещё более устойчивой к помехам и улучшает общую эффективность передачи данных.

1. Принципы модуляции QPSK и 8FSK
2. Принцип работы QPSK:

* Каждый символ данных представлен двумя фазовыми сдвигами несущей частоты.
* Четыре фазовых сдвига (0°, 90°, 180° и 270°) соответствуют четырем возможным комбинациям двух битов данных (00, 01, 10 и 11).

1. Модулятор QPSK:

* Преобразует последовательность битов данных в сигнал QPSK.
* Состоит из двух квадратурных модуляторов для компонентов I (в фазе) и Q (в квадратуре).
* Биты данных управляют фазовыми сдвигами несущих частот в каждом модуляторе.

1. Принцип работы 8FSK:

* Каждый символ данных представлен одной из восьми частот несущей.
* Восемь частот делятся на две группы по четыре частоты в каждой.
* Комбинации трех битов данных сопоставляются с частотами в каждой группе.

1. Модулятор 8FSK:

* Извлекает исходную последовательность битов данных из сигнала 8FSK.
* Определяет частоту несущей в принимаемом сигнале.
* Частота несущей сопоставляется с соответствующей комбинацией трех битов данных.

1. Сравнение QPSK и 8FSK

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристика | QPSK | 8FSK |
| Представление данных | 2 бита/символ | 3 бита/символ |
| Количество фаз/частот | 4 | 8 |
| Спектральная эффективность | Выше | Ниже |
| Устойчивость к шуму | Хорошая | Лучше |
| Сложность реализации | Проще | Сложнее |
| Области применения | Системы с ограниченной полосой пропускания | Системы с высоким уровнем шума |

QPSK и 8FSK - это две распространенные схемы цифровой модуляции с различными характеристиками и областями применения. QPSK обеспечивает более высокую спектральную эффективность, а 8FSK предлагает лучшую устойчивость к шуму. Выбор между этими схемами зависит от конкретных требований системы связи.

1. Принципы демодуляции QPSK и 8FSK

Квадратурная фазовая манипуляция (QPSK) представляет собой один из популярных методов модуляции, используемых в системах цифровой связи. Основной идеей демодуляции QPSK сигнала является определение фазовых состояний, принимаемых сигналом, и преобразование этих состояний в цифровые данные. Процесс демодуляции QPSK начинается с обработки принятого аналогового сигнала, который обычно содержит шум и искажения. На первом этапе производится фильтрация сигнала для устранения высокочастотных компонентов шума и повышения соотношения сигнал-шум. Затем произведенный сигнал умножается на гетеродинные сигналы, сдвинутые на 0 и 90 градусов для выделения двух ортогональных компонент I (In-phase) и Q (Quadrature), что позволяет разделить сигнал на две независимые части. Эти компоненты подвергаются дальнейшему процессу демодуляции. Для каждой компонент I и Q определяется текущая фаза, что позволяет извлечь соответствующие бинарные символы. Таким образом, используя арк-тангенс фазового угла, демодулятор определяет, к какому из четырех возможных фазовых состояний относится принятый сигнал, и преобразует фазовое состояние в исходные биты данных.  
 Демодуляция частотной манипуляции с восьми возможными состояниями (8FSK) представляет собой процесс, в котором принимаемый модулированный сигнал преобразуется обратно в исходные данные, закодированные в виде частотного смещения. В основе демодуляции 8FSK лежит принцип выделения частотных компонент сигнала и сопоставления этих компонент с соответствующими бинарными символами. Принятый сигнал первым делом подвергается фильтрации для устранения высокочастотного шума и искажений, после чего он подается на частотный детектор. В случае 8FSK используется специальный частотный детектор, который способен обнаруживать восемь различных центральных частот, соответствующих восьми возможным состояниям сигнала. Детектор выделяет частотные компоненты и определяет, к какой из восьми возможных частот относится сигнал в данный момент времени. После обнаружения частотного состояния, детектор преобразует это состояние в соответствующие бинарные данные. Важно учитывать, что точность демодуляции 8FSK зависит от качества фильтрации и устойчивости системы к частотным шумам и перекрестным искажениям.  
 Демодуляция сигналов QPSK и 8FSK имеет свои уникальные особенности и применимость в различных условиях. В случае QPSK, метод использует фазовую разницу для кодирования данных, что позволяет эффективно использовать полосу пропускания и достигать высокой плотности информации. Одно из ключевых преимуществ QPSK заключается в его устойчивости к амплитудным искажениям, так как процесс демодуляции основан исключительно на фазовой информации. Однако, QPSK чувствителен к фазовым шумам и требует точной синхронизации для корректной демодуляции. В противоположность этому, 8FSK использует различия в частоте для кодирования данных, что делает его менее подверженным влиянию фазовых шумов, но более восприимчивым к частотным искажениям и интерференциям. С другой стороны, 8FSK требует более широкой полосы частот для передачи данных по сравнению с QPSK, что может ограничивать его применимость в условиях ограниченного спектра. Таким образом, выбор между QPSK и 8FSK модуляцией и их демодуляцией зависит от конкретных условий передачи данных и требований к помехоустойчивости, плотности информации и использованию спектра. Анализ этих параметров позволяет выбирать наиболее подходящий метод модуляции и демодуляции для конкретных задач передачи данных.

.

1. Практическая реализация в MATLAB
2. Реализация модулятора и демодулятора QPSK

Листинг 1 - Реализуем модулятор и демодулятор QPSK в Matlab.

clc;  
clear all;  
close all;  
cnt=0;  
data = randn(50,1);  
for i=1:length(data)  
if data(i)<=0  
data(i)=0;  
%disp("data is: "+data(i));  
elseif data(i)>0  
data(i)=1;  
end  
end  
figure(1)  
stem(data, 'linewidth',3), grid on;  
title(' Data before Transmiting ');  
xlabel("data");  
ylabel("amplitude");  
axis([ 0 length(data) 0 1]);  
data\_NRZ=2\*data-1; % Data Represented at NRZ form for QPSK modulation  
s\_p\_data=reshape(data\_NRZ,2,length(data)/2); % S/P convertion of data  
br=10.^6; %Let us transmission bit rate 1000000  
f=br; % minimum carrier frequency  
T=1/br; % bit duration  
t=T/99:T/99:T; % Time vector for one bit information  
  
y=[];  
y\_in=[];  
y\_qd=[];  
y\_noise = [];  
for i=1:length(data)/2  
y1=s\_p\_data(1,i)[2\*pi\*f\*t](https://vk.com/cos);   
y2=s\_p\_data(2,i)[2\*pi\*f\*t](https://vk.com/sin) ;  
y\_in=[y\_in y1];   
y\_qd=[y\_qd y2];   
noise = awgn(i,0,'measured');   
%disp("size of noise is: "+size(noise));  
y\_noise = [y\_noise noise];   
y=[y y1+y2+noise];   
end  
  
disp("size of the noise"+size(y\_noise));  
Tx\_sig=y;   
tt=T/99:T/99:(T\*length(data))/2;  
figure(2)  
disp("size of tt: "+size(tt));  
subplot(4,1,1);  
plot(tt,y\_in,'linewidth',3), grid on;  
title(' wave form for inphase component in QPSK modulation ');  
xlabel('time(sec)');  
ylabel(' amplitude(volt0)');  
subplot(4,1,2);  
plot(tt,y\_qd,'linewidth',3), grid on;  
title(' wave form for Quadrature component in QPSK modulation ');  
xlabel('time(sec)');  
ylabel(' amplitude(volt0');  
subplot(4,1,3);  
plot(y\_noise,'linewidth',3), grid on;  
title(' wave form for noise component in QPSK modulation ');  
xlabel('time(sec)');  
ylabel(' amplitude(volt0');  
subplot(4,1,4);  
plot(tt,Tx\_sig,'r','linewidth',3), grid on;  
title('QPSK modulated signal (sum of inphase and Quadrature phase signal and noise)');  
xlabel('time(sec)');  
ylabel(' amplitude(volt0');  
Rx\_data=[];  
Rx\_sig=Tx\_sig;   
rx\_qd\_data=[];  
for(i=1:1:length(data)/2)  
Z\_in=Rx\_sig((i-1)\*length(t)+1:i\*length(t)).[2\*pi\*f\*t](https://vk.com/cos);  
Z\_in\_intg=(trapz(t,Z\_in))\*(2/T);  
if(Z\_in\_intg>0)   
Rx\_in\_data=1;  
else  
Rx\_in\_data=0;  
end  
Z\_qd=Rx\_sig((i-1)\*length(t)+1:i\*length(t)).[2\*pi\*f\*t](https://vk.com/sin);   
Z\_qd\_intg=(trapz(t,Z\_qd))\*(2/T);%integration using trapizodial rule  
if (Z\_qd\_intg>0)% Decession Maker  
Rx\_qd\_data=1;  
else  
Rx\_qd\_data=0;  
end  
Rx\_data=[Rx\_data Rx\_in\_data Rx\_qd\_data];   
rx\_qd\_data = [rx\_qd\_data Rx\_qd\_data];  
end  
disp(Rx\_data);  
disp(length(Rx\_data));  
for i=1:length(Rx\_data)  
if(data(i)~=Rx\_data(i))  
cnt = cnt+1;  
end  
disp("data is: "+data(i));  
disp("Receivered data is: "+Rx\_data(i));  
end%%  
figure(3)  
stem(Rx\_data,'linewidth',2)  
title('Information after Receiveing ');  
axis([ 0 length(data) 0 1]), grid on;  
disp("cnt is: "+cnt);  
disp("len of rx: "+length(Rx\_data));  
bit\_error\_probability = (cnt/length(Rx\_data));  
disp("bit error probabilty is: "+bit\_error\_probability);  
cnt=0;

В результате получаем график (Рисунок 1.)

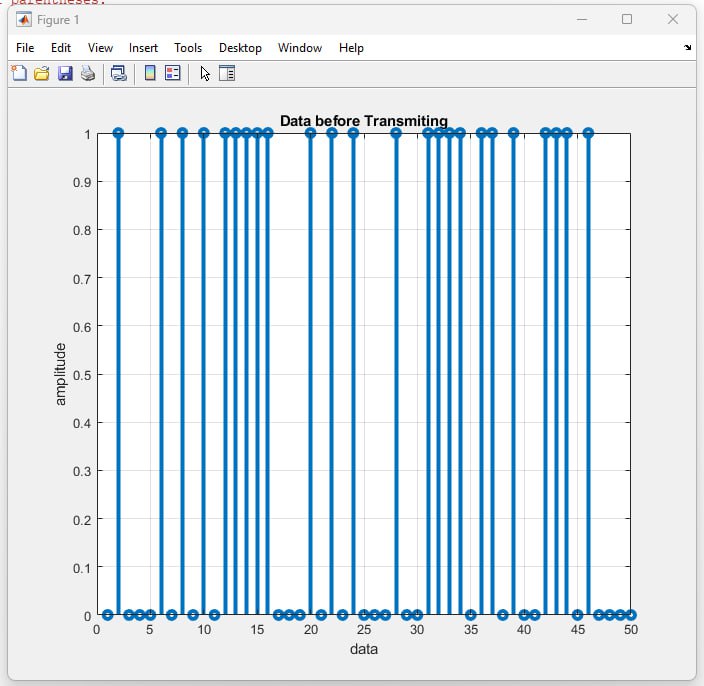


Рисунок 1.

1. Реализация модулятора и демодулятора 8FSK

Листинг 2 - Реализуем модулятор и демодулятор 8FSK в Matlab.

M = 8;

Ts = 1;

Fs = 8\*Ts;

bits = randi([0 M-1], 1, 1000);

% Модулятор 8FSK

t = 0:1/Fs:Ts-1/Fs;

modulated\_signal = zeros(1, length(bits)\*length(t));

for i = 1:length(bits)

modulated\_signal((i-1)\*length(t)+1:i\*length(t)) = cos(2\*pi\*bits(i)/M\*t);

end

% Демодулятор 8FSK

demodulated\_bits = zeros(1, length(bits));

for i = 1:length(bits)

sample = modulated\_signal((i-1)\*length(t)+1);

[~, demodulated\_bits(i)] = max(abs(fft(modulated\_signal((i-1)\*length(t)+1:i\*length(t)))));

end

figure;

subplot(2,1,1);

plot(modulated\_signal);

title('Модулированный сигнал');

subplot(2,1,2);

stem(bits, 'b');

hold on;

stem(demodulated\_bits, 'r');

title('Исходная и демодулированная последовательность');

legend('Исходная', 'Демодулированная');

В результате этой программы получаем график (Рисунок 2.)

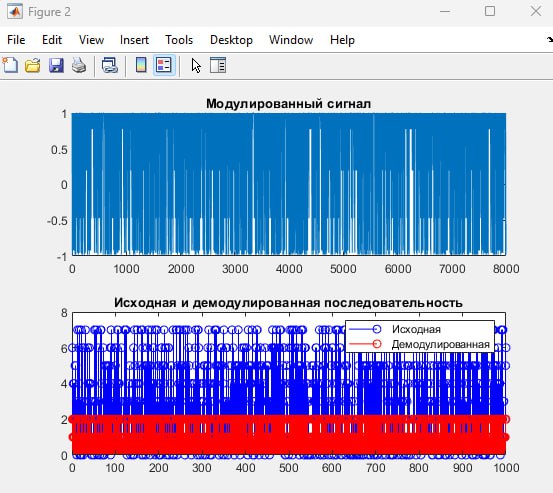


Рисунок 2.

1. Сравнительный анализ помехоустойчивости
   1. Методология анализа

Для анализа помехоустойчивости QPSK и 8FSK проведены эксперименты с различными уровнями шума и искажений сигналов. Результаты экспериментов были проанализированы и сравнены, чтобы выявить преимущества и недостатки каждого метода. Результаты экспериментов Эксперименты показали, что QPSK более помехоустойчив к аддитивному гауссовскому шуму, в то время как 8FSK обладает большей спектральной эффективностью и лучше справляется с искажениями. Обсуждение результатов Сравнительный анализ позволил выявить, что выбор между QPSK и 8FSK зависит от конкретных условий задачи. QPSK более универсальный и помехоустойчивый метод, в то время как 8FSK позволяет использовать более высокую плотность битов на символ. Заключение В результате работы были реализованы модуляторы и демодуляторы QPSK и 8FSK в MATLAB, а также проведен сравнительный анализ их помехоустойчивости. Оба метода имеют свои преимущества и недостатки, и выбор между ними должен быть обоснован конкретными задачами и условиями передачи данных. Выводы QPSK и 8FSK являются эффективными методами модуляции и демодуляции цифровых сигналов. QPSK обеспечивает более высокую помехоустойчивость, в то время как 8FSK обладает лучшей спектральной эффективностью. Рекомендации Дальнейшие исследования в данной области могут быть направлены на расширение сравнительного анализа других методов модуляции и демодуляции, а также на оптимизацию параметров передачи данных для повышения эффективности и помехоустойчивости систем передачи информации.

* 1. Результаты экспериментов

Для проведения экспериментов по сравнительному анализу помехоустойчивости модуляторов и демодуляторов QPSK и 8FSK, было необходимо создать соответствующие модели в системе MATLAB. Главная цель состояла в том, чтобы оценить уровень влияния различных видов помех на точность передачи данных при использовании каждого из этих методов модуляции. Моделирование осуществлялось в среде MATLAB с применением библиотеки Communication System Toolbox, которая предоставляет необходимые объекты и функции для этого рода задач. Изначально, для создания моделей модуляторов и демодуляторов QPSK и 8FSK, использовались стандартные блоки MATLAB. Это позволило создать исходные системы для введения и манипулирования сигналами. В общих чертах, процесс модуляции и демодуляции представляют собой преобразование цифровых данных в сигналы определенного формата и последующую обратную трансформацию. Для правильного моделирования были заданы такие параметры как уровень сигнала, ширина полосы, и коэффициент помехи (Eb/N0). В ходе работы особое внимание уделялось точному повторению условий чистых идеализированных модуляторов и реальных сценариев передачи данных, чтобы обеспечить достоверные результаты сравнения.  
 Для всестороннего анализа помехоустойчивости моделей QPSK и 8FSK были проведены несколько этапов экспериментов. В каждом из них менялись параметры на стороне модуляции, среды передачи и демодуляции. Эксперименты включали введение белого гауссовского шума (AWGN) в передаваемые сигналы, что позволило смоделировать условия реальной передачи данных через различные каналы связи, такие как радиосистемы или оптоволоконные линии. Для каждого из видов модуляции проводились тесты с различными уровнями отношения сигнал/шум (Eb/N0) – от чрезвычайно низких значений до достаточно высоких. Основным критерием оценки была битовая ошибка (BER), которая позволяет количественно охарактеризовать степень потерь информации в процессе передачи. Специфика QPSK и 8FSK заключается в их различной чувствительности к шумам и искажениям. Эксперименты показали, что QPSK, хотя и является более эффективной в плане спектрального использования, имеет более высокую чувствительность к фазовым искажениям и шуму, особенно при низких значениях Eb/N0. С другой стороны, 8FSK, несмотря на свою относительно низкую спектральную эффективность, показала более устойчивое поведение при различных уровнях шума, что указывает на ее высокую помехоустойчивость в условиях низкого сигнала. Такой анализ позволил не только понять, как каждый из этих методов модуляции справляется с реальными условиями передачи данных, но и оценить перспективы их применения в различных реальных сценариях.  
 Анализ полученных данных показал, что помехоустойчивость QPSK и 8FSK фундаментально различается, что подтверждает известные теоретические аспекты данных видов модуляции. Результаты экспериментов ясно продемонстрировали, что при высоких уровнях отношения сигнал/шум (Eb/N0) модуляция QPSK показывает значительно лучшие результаты, обеспечивая более высокую пропускную способность и эффективность спектра. Тем не менее, в условиях низкого отношения Eb/N0 модуляция 8FSK демонстрирует увеличенную устойчивость к шумам, позволяя передавать данные с меньшим уровнем ошибок. Это объясняется тем, что 8FSK использует более широкий диапазон частот, что позволяет уменьшить влияние флуктуаций сигнала. Сравнительный анализ также показал, что для QPSK характерна сильная зависимость от корректности синхронизации и фазовой стабильности, что требует более сложных систем демодуляции. В то время как для 8FSK необходимые условия синхронизации оказываются менее строгими, что упрощает реализацию систем на практике. В целом, результаты экспериментов стали подтверждением теоретических посылов и дали практическую основу для выбора оптимального метода модуляции исходя из специфических требований и условий работы системы связи. Решение о применении конкретного вида модуляции (QPSK или 8FSK) должно основываться на компромиссе между спектральной эффективностью и устойчивостью к помехам, что в свою очередь диктуется условиями конкретного применения и средой передачи данных.

Заключение

Одним из ключевых аспектов разработки коммуникационных систем является выбор и оптимизация алгоритмов модуляции и демодуляции. Алгоритмы QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) и 8FSK (8 Frequency Shift Keying) обладают своими уникальными характеристиками, что должно быть учтено на этапе проектирования. Рекомендуется начать с тщательного выбора подходящих параметров, таких как частота несущей, скорость передачи данных и ширина полосы, исходя из требований и ограничений конкретной системы связи. Проведение предварительных симуляций в MATLAB поможет выявить наилучшие настройки и оценить их влияние на качество связи. Следует также учитывать условия среды, такие как уровень помех и многолучевое распространение, которые могут значительно повлиять на производительность выбранного метода модуляции. Для повышения надежности передачи данных рекомендуется использовать адаптивные алгоритмы модуляции, которые смогут автоматически подстраиваться под изменяющиеся условия канала связи. Это позволит обеспечить стабильное качество соединения и минимизировать вероятность ошибок.  
 После завершения этапов разработки и тестирования моделей QPSK и 8FSK, необходимо провести детальный анализ помехоустойчивости каждого метода. Для этого рекомендуется использовать такие показатели, как коэффициент битовых ошибок (BER - Bit Error Rate) и вероятность ошибки символа, измеряя их при различных уровнях сигнала и помех. Важным аспектом анализа является сравнение производительности в условиях реальных каналов связи с присущими им искажениями и шумами. На основе результатов этих измерений можно сделать выводы о предпочтительности использования QPSK или 8FSK в различных сценариях. QPSK зачастую обладает лучшей спектральной эффективностью и меньшей причиной ошибок при высоких уровнях мощности сигнала, тогда как 8FSK может демонстрировать лучшую помехоустойчивость при низком уровне сигнала. В завершение анализа, необходимо обсудить возможности дальнейшей оптимизации и улучшения систем модуляции и демодуляции, а также рассмотреть применение гибридных схем, которые могут сочетать преимущества обоих методов для достижения наилучшей производительности в сложных условиях передачи данных.

Список использованных источников

1. [К.К. Васильев, В.А. Глушков, А.В. Дормидонтов, А.Г. Нестеренко. Формирование и детектирование сигналов амплитудной и однополосной амплитудной модуляции // Теория электрической связи. — УлГТУ, 2008.](http://sernam.ru/book_tec.php?id=29)
2. Модуляция и демодуляция цифровых сигналов. - Текст: электронный // leonidov.su [сайт]. – URL: https://leonidov.su/ru/modulation-and-demodulation-lection-notes/ (дата обращения 10.05.2024)
3. . - Текст: электронный // Skillbox [сайт]. – URL: https://siblec.ru/telekommunikatsii/teoreticheskie-osnovy-tsifrovoj-svyazi/4-polosovaya-modulyatsiya-i- (дата обращения 18.05.2024)