

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физический факультет
Кафедра **электроники**

Название бакалаврской работы

ВКР бакалаврская работа
Направление 03.03.03 Радиофизика
Профиль **Информационные системы и технологии**

Допущена к защите в ГАК __.__.20__

Зав. кафедрой	_____	д. ф.-м. н., проф. А.М. Бобрешов	____.____.20__
	<i>подпись</i>		
Обучающийся	_____	И.О. Фамилия	____.____.20__
	<i>подпись</i>		
Руководитель	_____	д. ф.-м. н., проф. А.М. Бобрешов	____.____.20__
	<i>подпись</i>		

Воронеж 2016

Реферат

УДК 621.391.01

Фамилия И.О.

Исследование системы передачи данных с ортогональным частотным разделением и мультиплексированием.

Бакалаврская работа по направлению 03.03.03 Радиофизика, Воронеж, ВГУ, 2016 г. – 50 стр., 15 рис. и 15 источников.

Ключевые слова: методы манипуляции, квадратурная амплитудная модуляция QAM, ортогональное частотное разделение и мультиплексирование, OFDM модуляция, OFDM передатчик, формирователь OFDM сигнала, расчет параметров OFDM символа, модель OFDM передатчика, помехоустойчивое кодирование.

В работе описан метод ортогонального частотного разделения и мультиплексирования OFDM. Изучены способы формирования сигналов с OFDM модуляцией, исследованы процессы канальной квадратурной модуляции и мультиплексирования потоков данных. В практической части произведен расчет временных параметров OFDM символа и его спектральной структуры. В программе SystemView промоделирован формирователь OFDM сигнала с заданными параметрами.

Содержание

Введение	4
1. Теоретическая часть	6
1.1. Методы манипуляции.....	6
1.2. Квадратурная амплитудная модуляция	7
1.3. Приемник сигналов с многопозиционной манипуляцией	11
1.4. Ортогональное частотное разделение каналов	14
1.5. Структура идеализированного модема OFDM	17
1.6. Модуляция несущих колебаний	19
1.7. Применение OFDM в цифровом телевидении.....	21
1.8. Кодирование символов в OFDM-модуляции	25
1.9. Сравнение видов модуляции в наземном цифровом вещании.....	27
2. Практическая часть.....	29
2.1. Расчет временных параметров OFDM символа.....	29
2.2. Моделирование передатчика OFDM	37
Заключение	48
Список использованной литературы	49
Приложение А	56
Приложение Б.....	58

Введение

При передаче сигналов по эфиру на качество приема помимо атмосферных и промышленных помех сильно влияют отраженные радиоволны (многолучевой прием) и помехи от других радиопередатчиков, работающих в этом же частотном диапазоне в соседних местностях. Поэтому необходимо использовать помехоустойчивые методы модуляции цифровых сигналов.

Метод OFDM-модуляции (Orthogonal Frequency Division Multiplexing - ортогональное частотное разделение с мультиплексированием) - основан на разделении потока входных данных на множество параллельных потоков, каждый из которых передается на своей несущей (ортогональной) частоте. Это обеспечивает высокие скорость и помехоустойчивость передачи информации. Поскольку модуляция OFDM использует для передачи ортогональные несущие колебания, то возможна демодуляция модулированных сигналов даже в условиях частичного перекрытия полос отдельных несущих. Наличие большого числа несущих не позволяет реализовать модуляцию OFDM непосредственно, т.е. с использованием нескольких тысяч синтезаторов несущих колебаний и нескольких тысяч модуляторов. Поэтому для уменьшения объема оборудования учитывают, что модуляция OFDM представляет собой обратное преобразование Фурье, а демодуляция - прямое преобразование Фурье, и применяют быстрые алгоритмы этих преобразований, допускающие более простую аппаратную реализацию по сравнению с непосредственной реализацией алгоритмов модуляции OFDM.

В спецификациях новейших телекоммуникационных проводных и беспроводных стандартов всё чаще можно встретить использование OFDM технологии. Высокую популярность обеспечивают, диктуемые временем, требования к архитектурам радиосистем. OFDM механизм обладает рядом свойств, позволяющих удовлетворять тенденциям времени.

Модуляция OFDM используется в системах цифрового телевидения (стандарт DVB-T), технологии беспроводного доступа WiMAX, локальных

беспроводных сетях на основе технологии Wi-Fi, четвертом поколении сотовой связи (технология LTE).

Целью данной работы является исследование метода формирования OFDM. В практической части работы проведен расчет временных параметров модуля формирования OFDM символа и моделирование в программе System View.

1. Теоретическая часть

1.1. Методы манипуляции

Главная особенность модуляции несущей цифровыми сигналами заключается в том, что модулируемый параметр несущей может принимать в результате модуляции ряд дискретных значений. Такую модуляцию называют манипуляцией. Параметры несущего колебания меняются дискретно и во времени. Интервал времени, в течение которого эти параметры остаются постоянными, называется символьным интервалом или интервалом канального символа. В течение каждого символьного интервала передается один бит или одновременно несколько битов, образующих канальный символ.

Одновременно должны выполняться требования эффективного использования полосы частот канала связи и обеспечения помехоустойчивости. Для повышения эффективности использования полосы частот канальный символ должен содержать по возможности больше битов передаваемой информации. В случае применения амплитудной манипуляции это достигается наличием соответствующего количества уровней амплитуды несущей, при частотной манипуляции должно быть соответствующее количество возможных значений частоты, при использовании фазовой манипуляции - возможных значений фазы сигнала.

Очевидно, что при этом ухудшится помехоустойчивость системы, так как приемник должен будет одновременно различать не 2, а больше значений сигнала. Чтобы обеспечить уверенное различение требуемого количества уровней сигнала необходимо увеличивать отношение сигнал/шум в канале связи, т.е. наращивать мощность передатчика.

Амплитудная манипуляция (АМн) заключается в дискретном изменении уровня амплитуды несущей. В простейшем случае одному уровню сигнала может соответствовать наличие несущей, а другому - отсутствие. Недостатком АМн являются значительные перепады излучаемой мощности.

Частотная манипуляция (ЧМн) осуществляется путем дискретного изменения частоты несущей при постоянной ее амплитуде.

Фазовая манипуляция (ФМн) заключается в дискретном изменении фазы несущей. В простейшем случае несущая может иметь два значения фазы: 0 и 180° .

Для повышения эффективности использования полосы частот канала связи применяется многопозиционная ФМн. На рис. 1.1 а) показана четырехпозиционная ФМн, при которой одновременно передаются два бита, что позволяет повысить эффективность использования полосы частот в два раза. Пример соответствия фазы несущей передаваемому трехразрядному двоичному коду для восьмипозиционной ФМн приведен на рис. 1.1 б). Сдвиг между дискретными значениями фазы несущей равен 45° . Эффективность использования полосы частот в этом случае повышается в три раза по сравнению с простой двухпозиционной ФМн.

1.2. Квадратурная амплитудная модуляция

Вид манипуляции, часто применяемый для передачи цифровых сигналов, - многопозиционная квадратурная амплитудная модуляция (QAM или КАМн). Квадратурная амплитудная модуляция заключается в одновременной амплитудной модуляции двумя сигналами U_I (inphase) и U_Q (quadrature) двух квадратурных составляющих несущей с частотой ω_0 и получении суммарного сигнала:

$$U(t) = U_I(t) \cos \omega_0 t + U_Q(t) \sin \omega_0 t, \quad (1.1)$$

Для демодуляции используется синхронное детектирование, состоящее в умножении сигнала $U(t)$ на $\cos \omega_0 t$ и на $\sin \omega_0 t$. В результате выделяются, соответственно, $U_I(t)$ и $U_Q(t)$.

Сама по себе квадратурная амплитудная модуляция уже обеспечивает увеличение эффективности использования полосы частот в два раза, так как на одной несущей частоте одновременно передаются 2 сигнала. В случае

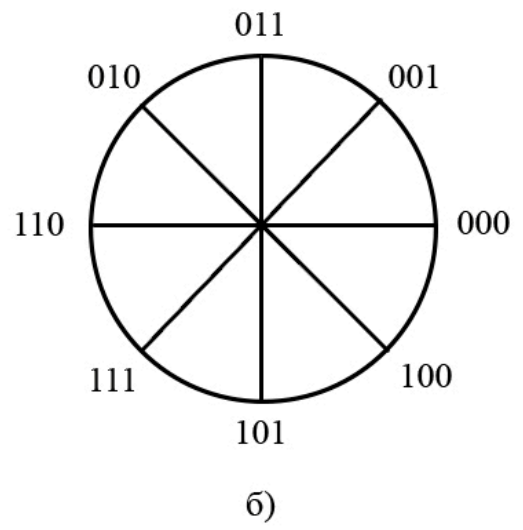
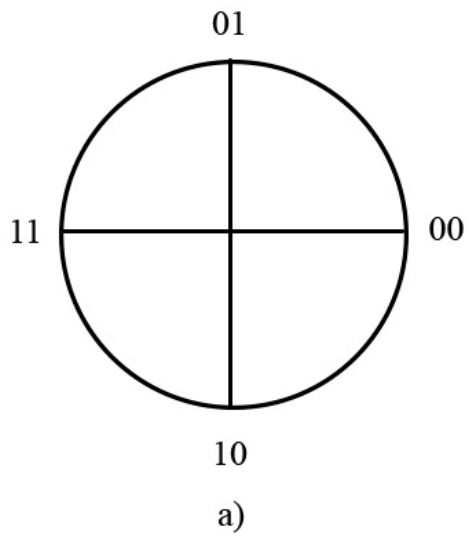


Рисунок 1.1 – Фазовая манипуляция

КАМн уровни каждой квадратурной составляющей несущей изменяются дискретно. На рис. 1.2 показана 4-позиционная КАМн, при которой каждая квадратурная составляющая может иметь два возможных уровня. В случае, показанном на рис. 1.2 а), каждая составляющая может или отсутствовать, или присутствовать с заданной амплитудой. В случае, приведенном на рис. 1.2 б), каждая составляющая может быть в фазе, что соответствует уровню +0.5, или в противофазе, что соответствует уровню -0.5. Второй вариант предпочтительнее, так как в нем обеспечивается меньшее отношение пиковой мощности несущей к ее средней мощности.

Если каждая квадратурная составляющая может иметь 4 уровня, что соответствует двум битам, то получается 16-позиционная КАМн, диаграмма возможных комбинаций («созвездие») сигналов I и Q для которой приведена на рис. 1.2 в). Такая модуляция дает выигрыш в эффективности использования полосы частот в 4 раза, так как одновременно передаются 4 бита. Распределение кодовых комбинаций по позициям (манипуляционное кодирование) осуществляется так, чтобы коды в соседних позициях различались одним битом. Применяются также 64-позиционная и 256-позиционная КАМн, при использовании которых одновременно передаются 6 и 8 битов соответственно.

При дискретном модулировании фазы каждой из двух квадратурных составляющих получим квадратурную фазовую манипуляцию (QPSK или КФМн). Сигнал, получаемый в этом случае, может быть представлен соотношением:

$$\cos(\omega_0 t + \theta_I) + \sin(\omega_0 t + \theta_Q) = A_0 \cos(\omega_0 t + \theta_0), \quad (1.2)$$

где θ_I , θ_Q - фазы квадратурных составляющих, A_0 , θ_0 - амплитуда и фаза результирующего сигнала.

В моменты времени, когда меняются фазы обеих квадратурных составляющих, фаза θ_0 может меняться скачком на 180° . Это приводит к возникновению паразитной амплитудной модуляции при прохождении

сигнала с КФМн через частотно-зависимые цепи. Для устранения этого

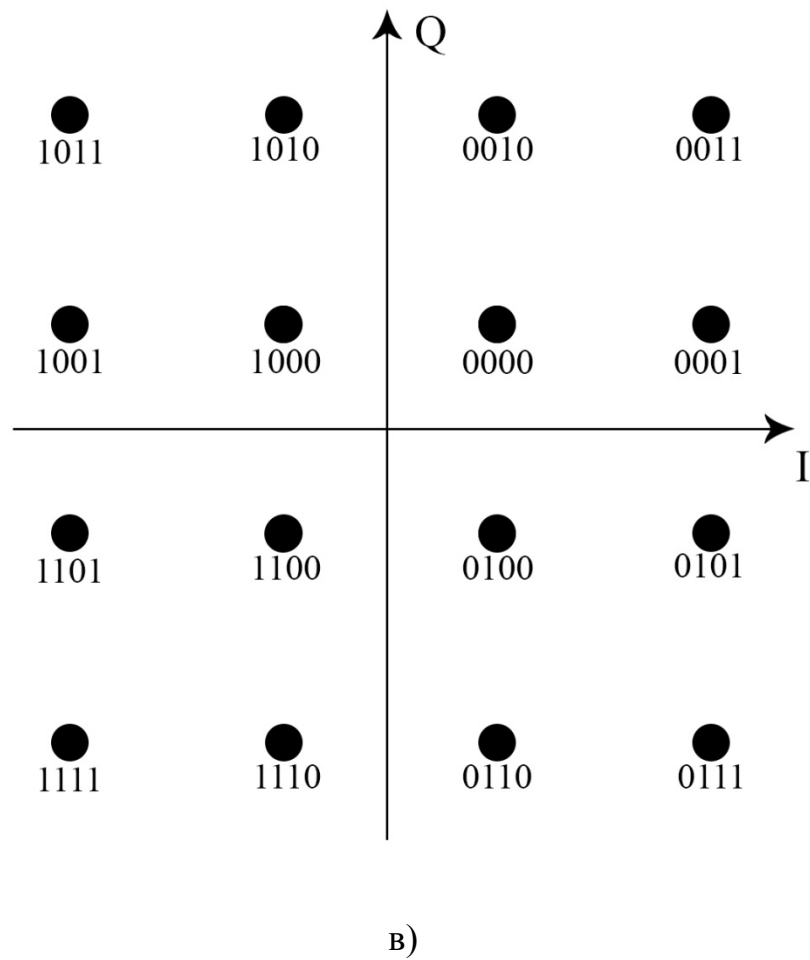
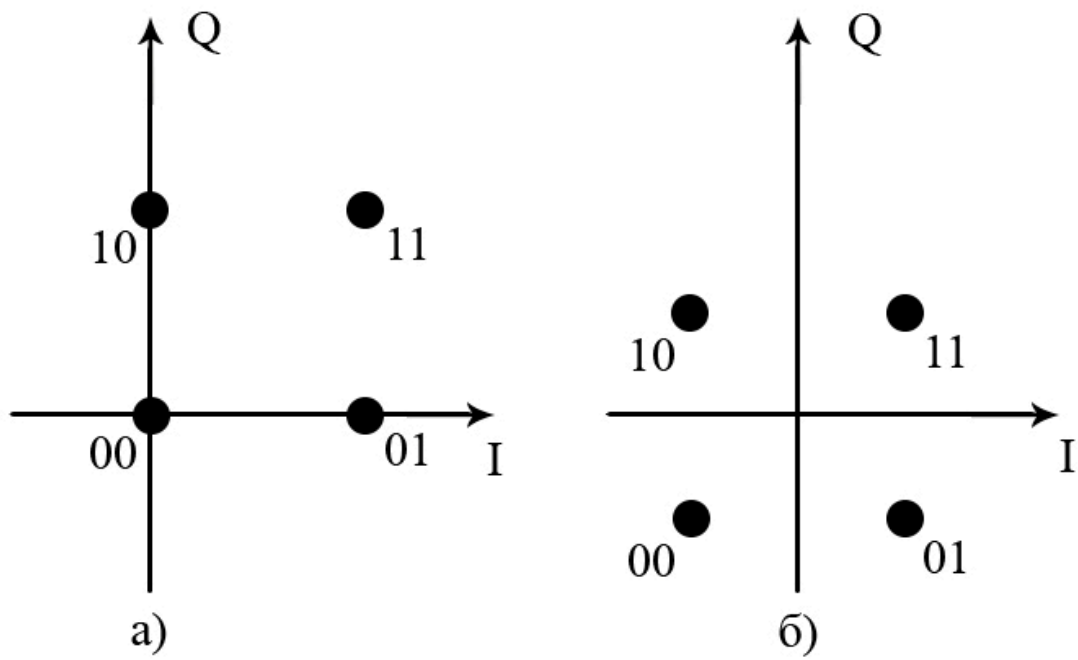


Рисунок 1.2 – Квадратурная амплитудная модуляция

нежелательного эффекта используют квадратурно-фазовую манипуляцию со сдвигом (КФМнС). Сущность ее заключается в том, что фазы двух квадратурных составляющих изменяются в разные моменты времени, и возможность скачка фазы суммарного сигнала на 180° исключается.

1.3. Приемник сигналов с многопозиционной манипуляцией

Структурная схема приемника сигналов с многопозиционной ФМн, КАМн или КФМн показана на рис. 1.3. На вход этой схемы поступает сигнал на промежуточной частоте (ПЧ). Этот сигнал проходит автоматическую регулировку усиления (АРУ), которая для ФМн и КФМн необязательна.

Далее из сигнала восстанавливается несущая частота, приведенная к диапазону ПЧ. Восстановление несущей выполняется с использованием фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). Однако по сравнению, например, с восстановлением цветовой поднесущей в декодерах PAL, в данном случае задача более сложная, так как пилот-сигнал отсутствует. Для решения этой задачи, в частности, применяются схемы с «обратными связями по решению». В таких устройствах детектор, входящий в петлю ФАПЧ, периодически вырабатывает решение о принимаемом символе. По этим решениям реконструируется сигнал, сравниваемый с задержанным входным сигналом. В результате вырабатывается сигнал ошибки, на основании которого корректируются принимаемые решения.

Помимо несущей частоты в приемнике восстанавливается тактовая синхронизация, т.е. выделение интервалов времени передачи отдельных канальных символов (символьных интервалов) с учетом задержки распространения сигнала от передатчика до приемника. Если в составе сигнала не передается никаких дополнительных составляющих, обеспечивающих тактовую синхронизацию, а в большинстве случаев это именно так, то тактовая синхронизация восстанавливается непосредственно из принимаемого сигнала. Так же, как и при восстановлении несущей, для

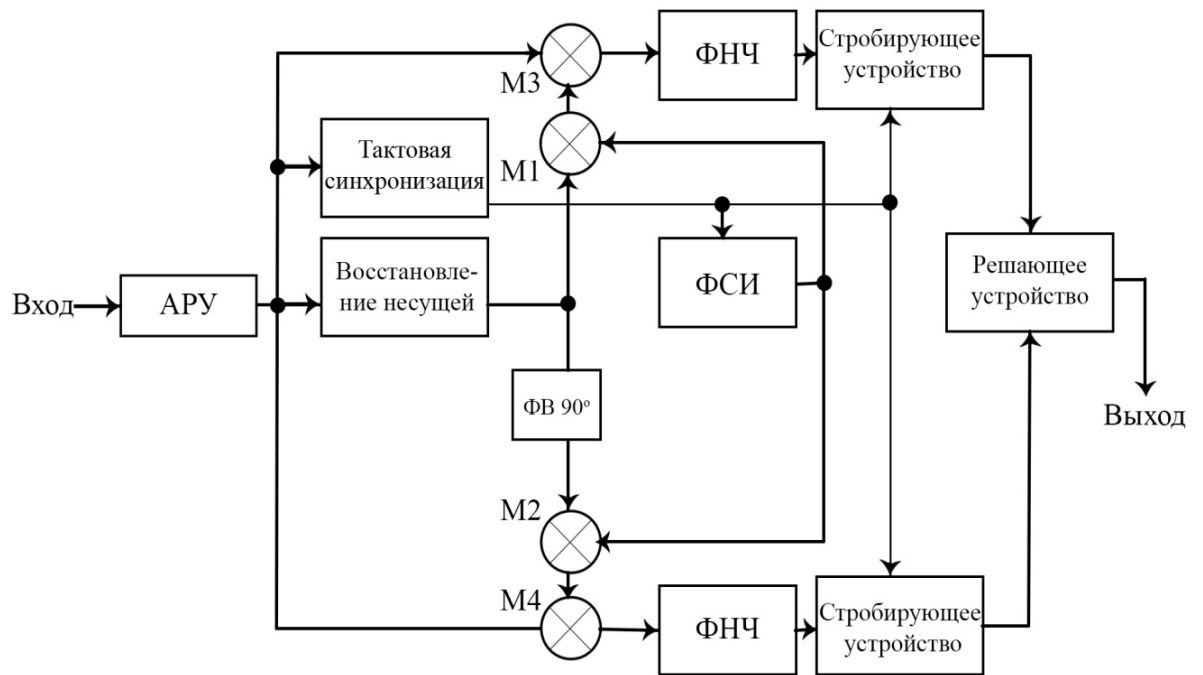


Рисунок 1.3 – Структурная схема приемника сигнала с квадратурной амплитудной модуляцией

скорости передачи. Кроме того, для экономного использования всей полосы канала, разделяемого на подканалы, желательно как можно плотнее расположить частотные подканалы, но при этом избежать межканальной интерференции для того, чтобы обеспечить полную независимость каналов друг от друга. Перечисленным требованиям удовлетворяют ортогональные частотные каналы. Функции, описывающие несущие сигналы всех этих каналов, ортогональны друг другу, т.е. для них выполняется условие:

$$\int_0^T \sin 2\pi f_l t \sin 2\pi f_k dt = 0, k \neq l, \quad (1.3)$$

где T - длительность передаваемого символа, f_l и f_k — частоты l -го и k -го несущих сигналов соответственно. Ортогональность несущих сигналов обеспечивает частотную независимость каналов друг от друга и, следовательно, отсутствие межканальной интерференции. Рассмотренный способ деления широкополосного канала на ортогональные частотные подканалы называется ортогональным частотным разделением с мультиплексированием или OFDM-модуляцией.

Ортогональность несущих сигналов обеспечивается только тогда, когда за время длительности одного символа T несущий сигнал будет совершать целое число колебаний.

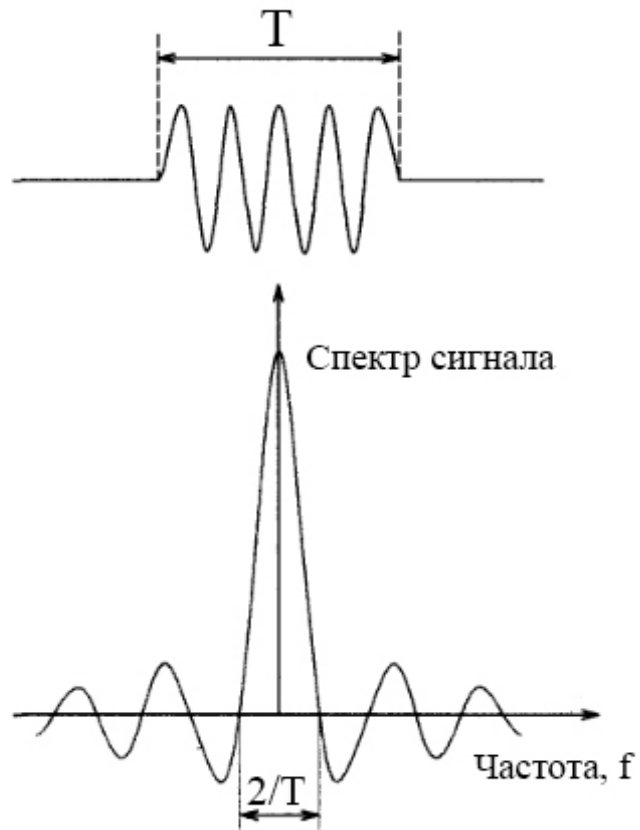
Так как каждый символ длительности T передается ограниченной по времени синусоидальной функцией (рис. 1.4 а), то ее спектр описывается функцией вида:

$$\frac{\sin 2\pi(f-f_i)}{2\pi(f-f_i)}, \quad (1.4)$$

где f_i - центральная (несущая) частота i -го канала.

Такой же функцией описывается и форма частотного подканала.

Несмотря на частичное перекрытие частотными подканалами друг друга (рис. 1.4 б), ортогональность несущих сигналов обеспечивает частотную независимость каналов друг от друга и, следовательно, отсутствие межканальной интерференции.



а)



б)

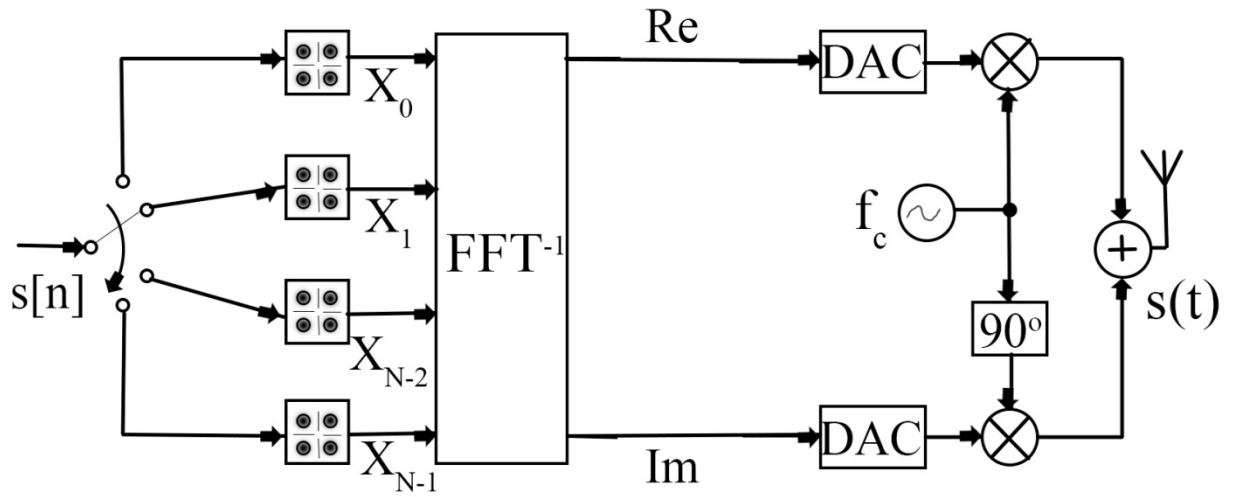
Рисунок 1.4 – Спектры сигналов: а) символ длительностью T и его спектр; б) частотное разделение каналов с ортогональными несущими сигналами

Для устранения межсимвольной интерференции в технологии OFDM используется защитный интервал (Guard Interval, GI), представляющий собой циклическое повторение окончания символа, пристраиваемое в начале символа. Наличие защитного интервала создает временные паузы между отдельными символами, и если его длительность превышает максимальное время задержки сигнала в результате многолучевого распространения, то межсимвольной интерференции не возникает. Поскольку в защитном интервале передается часть полезного сигнала, то это обеспечивает сохранение ортогональности несущих принятого сигнала, но только в том случае, когда эхо-сигнал при многолучевом распространении задержан не более, чем на длительность защитного интервала.

Защитный интервал является избыточной информацией, что снижает полезную (информационную) скорость передачи, однако он служит защитой от возникновения межсимвольной интерференции. Эта избыточная информация добавляется к передаваемому символу в передатчике и отбрасывается при приеме символа в приемнике.

1.5. Структура идеализированного модема OFDM

Идеализированный модем OFDM содержит передатчик и приемник. В передатчике (рис. 1.5 а) последовательный поток бинарных цифр (символов) $s[n]$ посредством демультиплексирования преобразуется в N параллельных потоков, каждый из которых согласуется (возможно, комплексно) с исходным потоком $s[n]$, используя некоторые созвездия модуляции (например, квадратурную амплитудную модуляцию – QAM). В общем случае созвездия могут быть различными, поэтому некоторые потоки могут нести высшую битовую скорость, чем другие. Затем модулированные потоки X_0, \dots, X_{N-1} символов подвергаются быстрому обратному преобразованию Фурье (IFFT), которое переводит их в цифровые отсчеты x_0, \dots, x_{N-1} (в общем случае, комплексные числа) во временной области. Действительная ($\text{Re}\{x_i\}$) и мнимая ($\text{Im}\{x_i\}$) составляющие отсчетов x_i ($i=0, \dots, N-1$) подвергаются цифро-аналоговому преобразованию (DAC). Полученные аналоговые сигналы используются для модуляции соответственно синусоиды и косинусоиды



a)

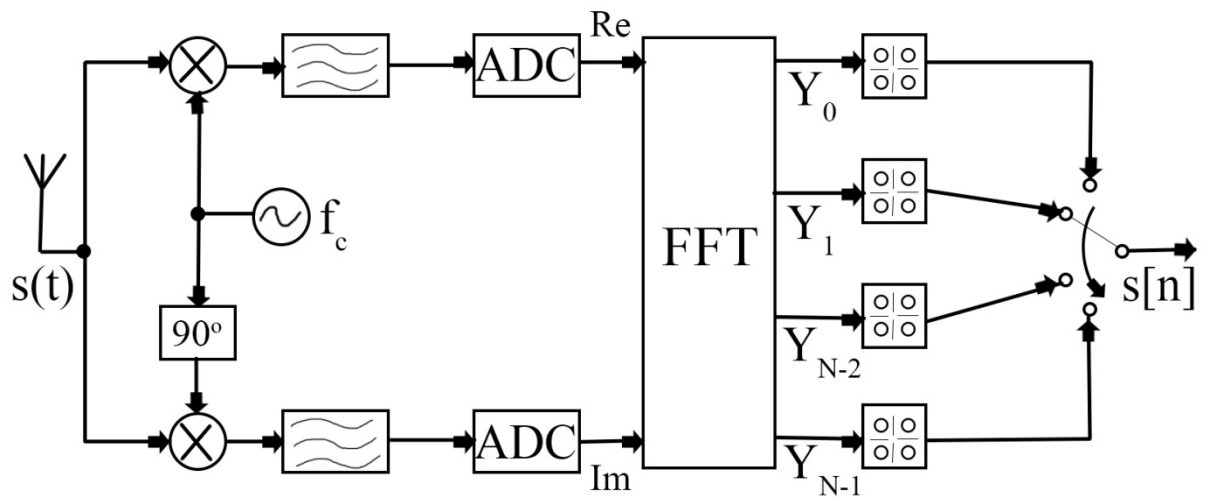


Рисунок 1.5 – Структура OFDM модулятора: а) передатчик; б) приемник

Расчет длительности циклического префикса

Длительность циклического префикса задается относительно длительности OFDM сигнала T_0 , $T_{CP} = T_0 \left(\frac{K_{CP}}{1+K_{CP}} \right) = 3.5(5)$ мкс.

Расчет параметров OFDM символа

Период следования OFDM символов определяется суммой T_0 и T_{CP} , $T_{OFDM} = 35.5(5)$ мкс, скорость передачи OFDM символов в канал связи $R_{OFDM} = 28125$ символов/с. Полоса частот, занимаемая системой при передаче OFDM символов, составляет $\Delta F = 500$ кГц.

2.2. Моделирование передатчика OFDM

Цель работы состоит в изучении способа формирования сигналов с OFDM модуляцией, исследовании процессов канальной квадратурной модуляции и мультиплексирования потоков данных. Функциональная схема, отражающая этапы формирования OFDM сигнала, представлена на рис.2.4.

Выбор вида канальной модуляции определяется компромиссом между результирующей пропускной способностью системы R_b и требованием высокой достоверности передачи данных. Наиболее распространены следующие виды модуляции: BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM. С увеличением позиционности модуляции растет спектральная эффективность – способность передачи данных с большей скоростью в фиксированной полосе частот. При переходе от BPSK сигналов к QPSK скорость передачи цифрового потока возрастает в 2 раза при неизменной занимаемой полосе частот, при переходе от QPSK к 16-QAM и далее – в 4 раза. Цена подобного улучшения – существенное увеличение необходимого для обеспечения высокой достоверности передачи данных отношения сигнал/шум на входе приемника.

Символы $I_{QAM}(j)$ и $Q_{QAM}(j)$ с выхода модулятора поступают на формирователь шаблона спектра OFDM сигнала. Поток символов в

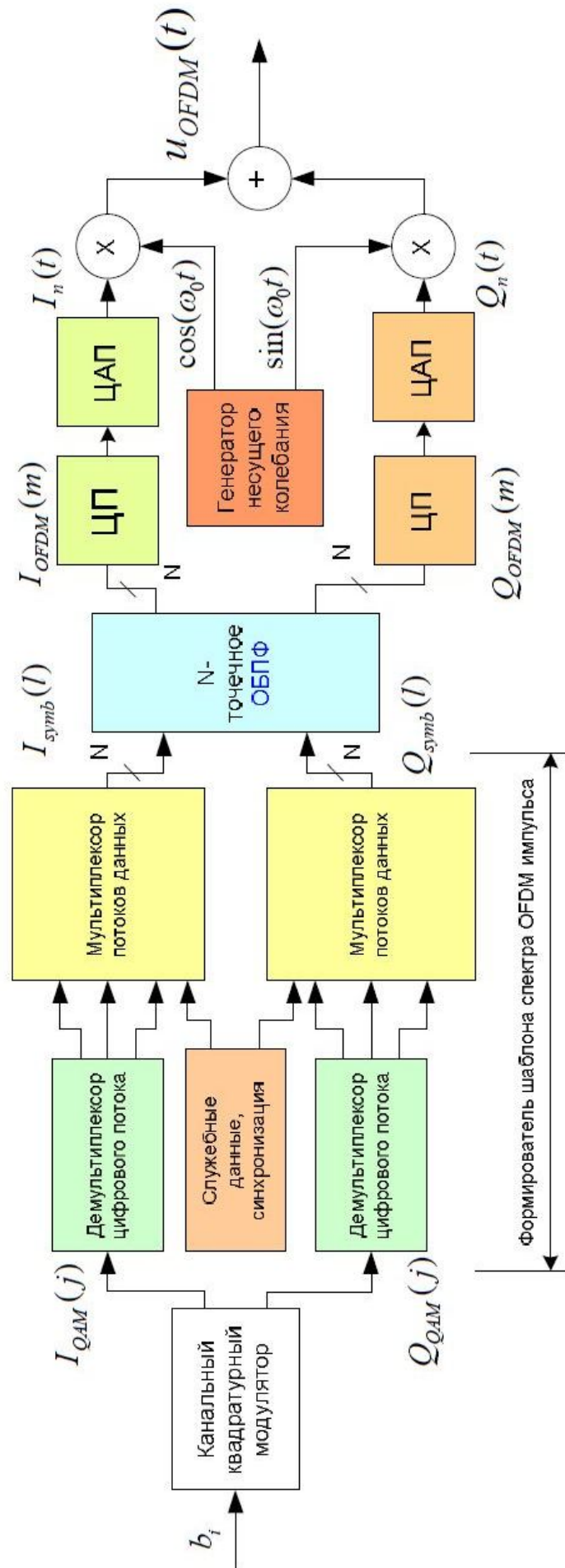


Рисунок 2.4 – Функциональная схема формирователя OFDM сигнала

Производим настройку схемы и моделирование:

- 1) Подключим анализаторы к блоку <8> - Формирователь OFDM сигнала. Получим In-phase компоненту (рис. 2.7 а) и Quadrature компоненту (рис. 2.7 б).
- 2) Построим комплексный спектр OFDM сигнала (рис. 2.7 в).
- 3) Подключим к мультиплексору <7> анализатор и пронаблюдаем OFDM-символ (рис. 2.8 а).
- 4) В формирователе OFDM установим длительность защитного интервала равной 3.5мкс ($\text{Guard Time} = 3.5 \cdot 10^{-6}$) и произведем моделирование. В окне анализа закроем все диаграммы за исключением осциллограмм модулей <4> и <10> - символов $I_{QAM}(j)$ на входе и на выходе модулятора OFDM (рис. 2.8 б).
- 5) Увеличим масштаб и осуществим идентификацию выборок сигнала с целью поиска передаваемых символов (рис. 2.8 в).

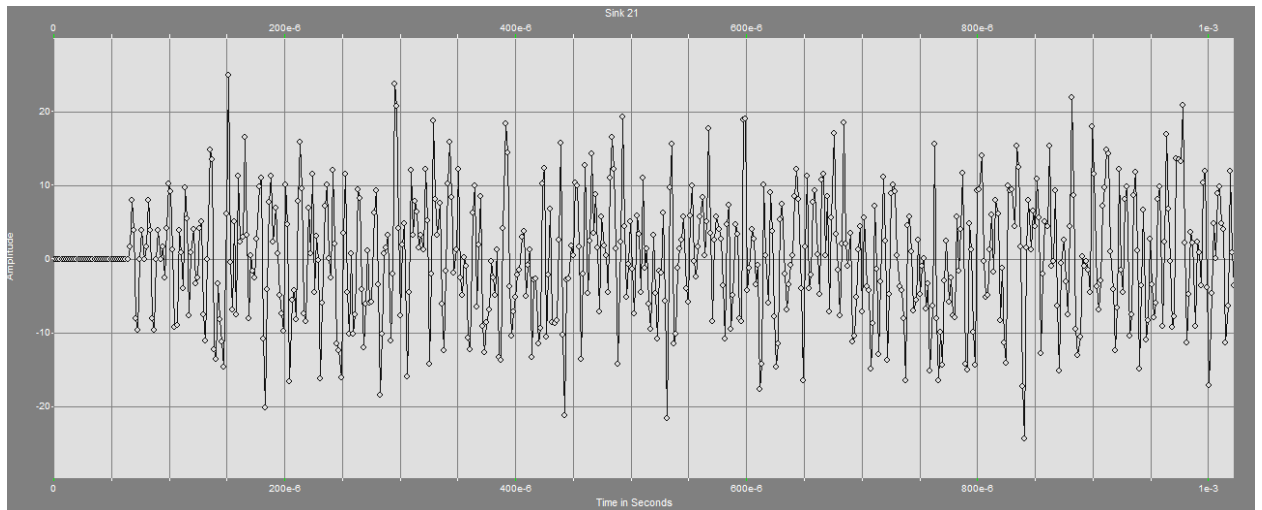


Рис. 2.7 а) - In-phase компонента

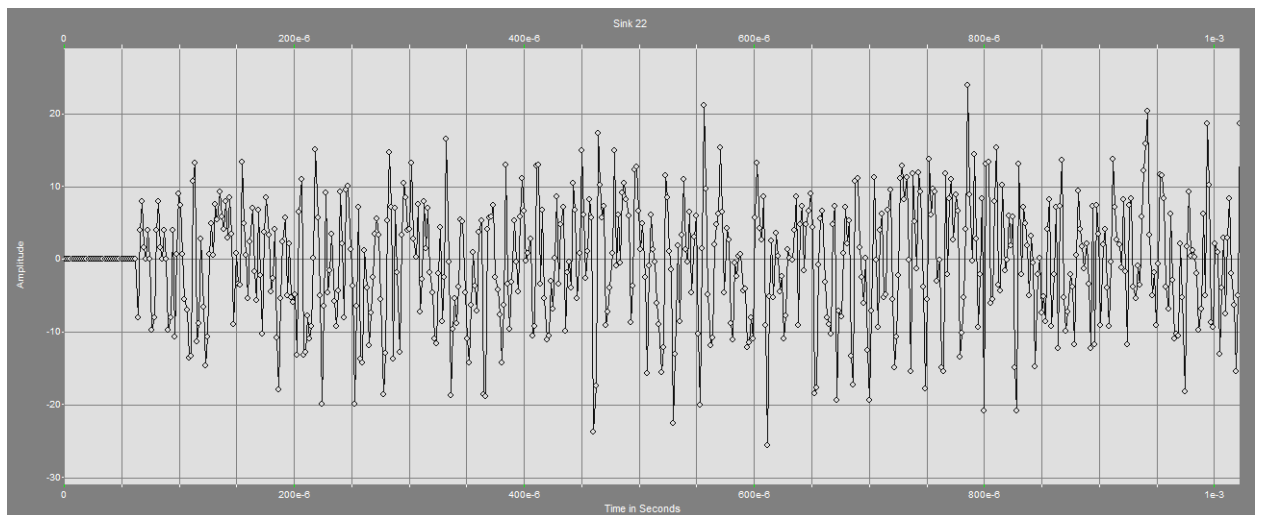


Рис. 2.7 б) - Quadrature компонента

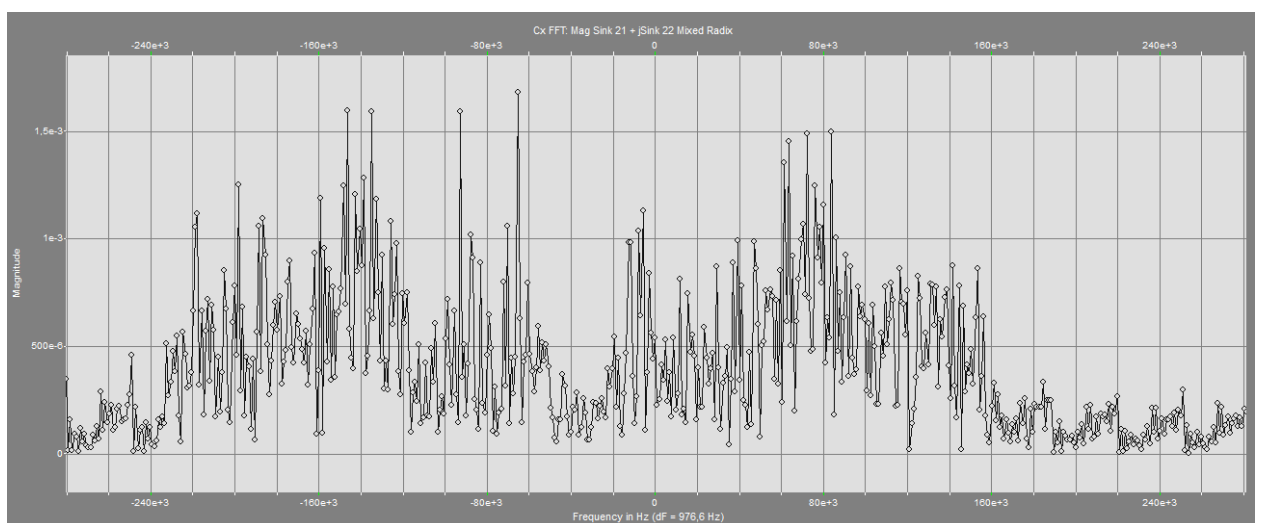


Рис. 2.7 в) - Комплексный спектр OFDM сигнала

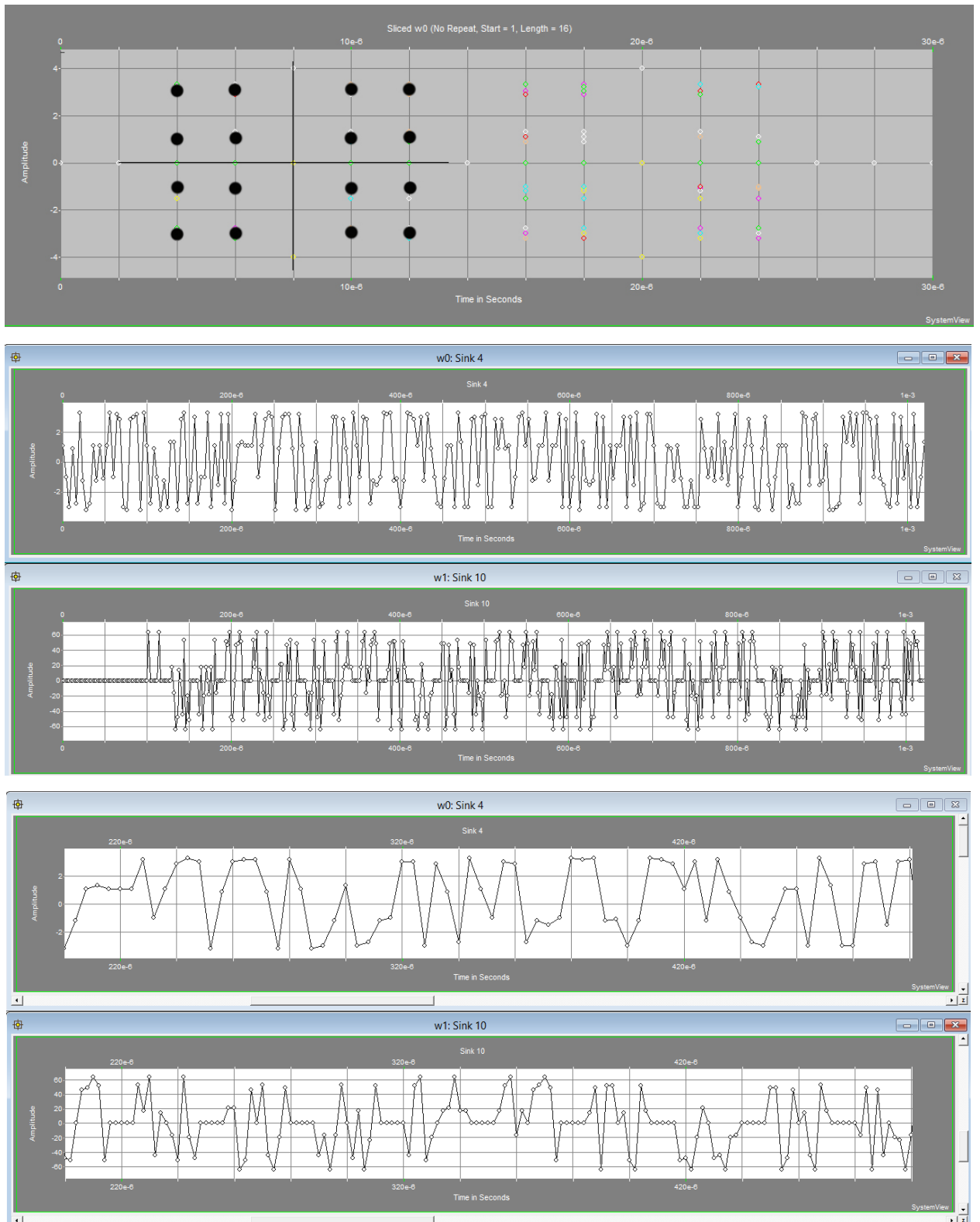


Рисунок 2.8 – Идентификация выборки сигнала

Заключение

В данной работе проанализирована последовательность формирования OFDM сигнала, показано использование OFDM модуляции на примере стандарта наземного цифрового телевидения. Исследован процесс канальной квадратурной модуляции и мультиплексирования потоков данных. Так же сделано обзорное сравнение видов модуляции в наземном цифровом вещании.

В практической части произведен расчет временных параметров OFDM символа и спектральной структуры OFDM сигнала с 16 поднесущими. В программе SystemView промоделирован формирователь OFDM сигнала с заданными параметрами. В итоге получены In-phase и Quadrature компоненты OFDM сигнала, OFDM символ, произведена идентификация выборок сигнала.

Применение OFDM модуляции актуально, так как она обеспечивает высокие скорость и помехоустойчивость передачи информации при многолучевом приеме и различных помехах.

В результате показана перспективность OFDM метода в передаче цифровой информации. В настоящее время OFDM модуляция активно используется в цифровом телевидении. В дальнейшем планируется исследование передачи трехмерного видео с применением OFDM.

Список использованной литературы

1. Лебедев В. Модуляция OFDM в радиосвязи / В. Лебедев // Радиолобитель. – 2008. – №8. – С. 51–55.
2. Смирнов А. В. Цифровое телевидение: от теории к практике / А. В. Смирнов, А. Е. Пескин – М : Горячая линия-Телеком, 2005. – 352 с.
3. Смирнов А. В. Основы цифрового телевиденья: учебное пособие / А. В. Смирнов – М : Горячая линия-Телеком, 2001. – 224 с.
4. Гаранин М. В. Системы и сети передачи данных. Учебное пособие для вузов / М. В. Гаранин, В. И. Журавлев, С. В. Кунегин – М : Радио и связь, 2001г. – 336 с.
5. Лагутенко О. И. Современные модемы / О. И. Лагутенко – М : Эко-Трендз, 2002. – 346 с.
6. Исследование системы передачи данных с OFDM модуляцией. – URL: <http://radiolay.ru/viewtopic.php?f=3&t=145/> (дата обращения: 08.05.2015)
7. Шахнович И. В. Современные технологии беспроводной связи / И. В. Шахнович – М : Техносфера, 2006. – 288 с.
8. Liu H. OFDM-Based Broadband Wireless Networks: Design and Optimization / H. Liu, Guoqing Li, 2005. – 251 с.
9. Rohling H. OFDM: Concepts for Future Communication Systems / H. Rohling : Springer, 2011. – 254 с.
10. Digital Television Systems Brazilian Tests. Final Report // – 2000. AlbertSet Group – 282 с.
11. Кухарев В. И. Особенности стандарта DVB-T для цифрового наземного вещания / В. И. Кухарев // Техника кино и телевидения. – 2000. – №6. – С. 35–37.
12. Варгаузин В. А. Сравнительная характеристика европейского и американского стандартов цифрового наземного телевидения / В. А. Варгаузин, А. Артамонов // Теле-Спутник. – 1999. – №11. – С. 52–56.
13. Вишневский В. М. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В. М. Вишневский [и др.] // – М : Техносфера. – 2005. – 595 с.

14. Витакре Я. FDMA с одной несущей - новый восходящий канал LTE / Я. Витакре // Электронные компоненты. – 2007. – №2. – С. 46–49.
15. Сравнение видов модуляции в наземном цифровом вещании. – URL: <http://www.telesputnik.ru/archive/65/article/60.html> (дата обращения: 29.05.2015).

Установка Zabbix

Zabbix сервер установлен и работает на виртуальной машине VirtualBox. В качестве ОС была выбрана система CentOS 6.5.

Операционная система CentOS - дистрибутив Linux, основанный на коммерческом Red Hat Enterprise Linux компании Red Hat и совместимый с ним.[8].

Установка Centos для Zabbix сервера ничем не отличается от обычной установки. Пример установки приведен в [9]. На этапе создания виртуальной машины, были выставлены следующие параметры:

- Процессор-1 ЦПУ
- ОЗУ-1024 Мб
- Размер диска -15 Гб
- Две сетевых интерфейса (eth0-WAN и eth1-LAN)

Так как Zabbix отсутствует в основных репозиториях Centos то, прежде всего, нужно подключить сторонний репозиторий, из которого будет производиться установка пакетов. Выбрана версия Zabbix сервера 2.0- не самая новая, но наиболее стабильная:

```
# rpm -ivh http://repo.zabbix.com/zabbix/2.0/rhel/6/x86\_64/zabbix-release-2.0-1.el6.noarch.rpm
```

Установка необходимых компонентов: Zabbix сервер, база данных MySQL, веб интерфейс Zabbix.

```
# yum install zabbix-server-mysql zabbix-web-mysql zabbix-agent -y
```

После того, как Zabbix установлен, переходим к установке и настройке сервера БД, роль которого будет выполнять MySQL Server. И добавим его в автозагрузку

```
# yum install mysql-server -y  
# chkconfig --level 35 mysqld on  
# service mysqld start
```

Далее для Zabbix нужно создать базу данных и пользователя.

```
# mysql -u root -p
Enter password:
mysql> create database zabbix;
mysql> grant all privileges on zabbix.* to zabbix@localhost identified by "пароль";
mysql> flush privileges;
mysql> quit;
```

После создания в базу нужно импортировать структуру и данные

```
# cd /usr/share/doc/zabbix-server-mysql-2.0.12/create
mysql zabbix < schema.sql -u zabbix -p
mysql zabbix < images.sql -u zabbix -p
mysql zabbix < data.sql -u zabbix -p
```

Далее необходимо настроить Zabbix сервер. Для этого необходимо изменить соответствующий конфигурационный файл:

```
# nano /etc/zabbix/zabbix_server.conf
DBHost=localhost (127.0.0.1)
DBName=zabbix
DBUser=zabbix
DBPassword=пароль, указанный ранее при создании базы
```

Zabbix агент, который ставится на самом сервере и на наблюдаемых узлах сети, настраивается аналогичным образом. То есть изменением конфигурационного файла агента. Необходимо прописать адрес Zabbix сервера в соответствующей строке конфигурационного файла агента.

```
# nano /etc/zabbix/zabbix_agent.conf
Server=127.0.0.1
```

Осталось добавить все службы в автозагрузку и запустить их

```
# chkconfig --level 35 httpd on
# chkconfig --level 35 zabbix-server on
# chkconfig --level 35 zabbix-agent on
# service httpd start
# service zabbix-server start
# service zabbix-agent start
```

Расчет спектральных коэффициентов для функции Хевисайд:

$$n := 3$$

$$i := 1..n \quad a_1 := 1.4 \quad a_2 := 1 \quad a_3 := 1$$

$$f(x, i) := \frac{1}{a_i}$$

$$\text{func3}(x, i) := 2 \frac{\sqrt{1 - f(x, i)^2}}{\arccos(f(x, i))}$$

Алгоритм оценки

$$T := 5$$

$$L := 7$$

$$i := 0..L$$

$$k := 0..L \quad k1 := 0..L \quad k2 := 0..L$$

Разложение для опорного сигнала:

$$s1(x) := \left(\cos(2x^2) \right)^2 e^{-x^2}$$

Представление полиномов Чебышева

$$f(x, i) := \begin{cases} 1 & \text{if } i = 0 \\ x & \text{if } i = 1 \\ (2x f(x, i-1) - f(x, i-2)) & \text{otherwise} \end{cases}$$

Расчет коэффициентов

$$C1_i := \frac{\int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} s1(x) f(x, i) dx}{\int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} s1(x) dx}$$

Анализируемый сигнал:

$$s2(x, \tau) := \cos^2(x) e^{-(x-\tau)^2}$$

Расчет коэффициентов**Расчет оценки:**

$$C2(i, j) := \frac{T}{2} \int_{-1}^1 s2(x, \tau) f(x, i) f(x, j) dx$$

$$C2(i, j) := \begin{matrix} 0,0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 \\ 1,0 & 1,1 & 1,2 & 1,3 & 1,4 & 1,5 \\ 2,0 & 2,1 & 2,2 & 2,3 & 2,4 & 2,5 \\ 3,0 & 3,1 & 3,2 & 3,3 & 3,4 & 3,5 \\ 4,0 & 4,1 & 4,2 & 4,3 & 4,4 & 4,5 \\ 5,0 & 5,1 & 5,2 & 5,3 & 5,4 & 5,5 \\ 6,0 & 6,1 & 6,2 & 6,3 & 6,4 & 6,5 \\ 7,0 & 7,1 & 7,2 & 7,3 & 7,4 & 7,5 \end{matrix}$$

$$f1(\tau) := \sum_{k=0}^{L-1} C2(k, \tau) \left(\sum_{k1=0}^k C1_{k1} \right)$$

$$f2(\tau) := \sum_{k=0}^{L-1} C2(k, \tau) \sum_{k1=0}^k \sum_{k2=0}^{k1} C1_{k2}$$

$$(\tau) := \frac{f1(\tau)}{f2(\tau)}$$