

УДК 621.391

DOI 10.53473/16946324_2024_4

Оморова С.Т. Ош технологиялык университети,
информатика, программалоо жана байланыш кафедрасы,
ага окутуучу
Джылышбаев М.Н.

Б.Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Россия Славян университети,
доцент

Оморова С.Т.
Ошский технологический университет, кафедра информатика, программирования
и связь, ст. преподаватель
Джылышбаев М.Н.
Кыргызско-Российский Славянский университет имени
Б.Н. Ельцина, доцент

Omorova S.T.
Osh technological university, Department of Computer Science,
Programming and Communication, senior lecturer
Dzhlyshbayev M.N.
Kyrgyz-Russian Slavic university named after
B.N. Yeltsin, Associate Professor

**АЛГЫЛЫКТУУ ТОСКООЛДУКТАР МЕНЕН БАЙЛАНЫШ КАНАЛДАРЫ
АРКЫЛУУ ОПТИМАЛДУУ СИГНАЛ БЕРҮҮ ҮЧҮН САНАРИПТИК БАЙЛАНЫШ
СИСТЕМАЛАРЫН МОДЕЛДӨӨ**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОЙ
ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛА ПО КАНАЛАМ СВЯЗИ С ПРИЕМЛЕМЫМИ ПОМЕХАМИ**

**SIMULATION OF DIGITAL COMMUNICATION SYSTEMS FOR OPTIMAL SIGNAL
TRANSMISSION OVER COMMUNICATION CHANNELS WITH ACCEPTABLE
INTERFERENCE**

Аннотация: Бул макаланын максаты-идеалдуу эмес канал шартында сигналдын бурмaloosuz чыгуусуна жана базалык тилкедеги системанын берүү мунөздөмөлөрүнүн натыйжалуу компенсацияланышына жетишүү үчүн байланыш системаларынын айрым түйүндөрүнүн дизайнын оптималдаштыруу аркылуу байланыш каналдарынын идеалдуулугунун таасирин азайтуу үчүн натыйжалуу тоскоолдуктарды азайтуу маселелерин изилдөө. Базалык тилкедеги санариптик оптималдуу маалыматтарды берүүнүн симуляциялык эксперименталдык модели жана системанын жалпы структурасы Аиванын симуляция платформасынан иштеп чыккан жана симуляциялык эксперименталдык моделдеги ар бир модулдун параметрлери коюлган. Санариптик оптималдуу базалык

тилкелүү маалымат берүү тутумунун иштөө процесси жана иштеши симуляцияланып, симуляциянын натыйжаларына ылайык санариптик оптималдуу базалык тилкелүү маалымат тутумунун шарттары жана иштеши текширилет.

Ачыкчى сөздөр: Санариптик берүү тутумдары, тоскоолдуктар, байланыш каналы, моделдөө, маалыматтарды берүү, жышистык, санариптик сигналдар

Аннотация: Целью данной статьи является изучение проблем эффективного подавления помех для минимизации влияния не идеальностей каналов связи путем оптимизации конструкции отдельных узлов систем связи для достижения выхода сигнала без искажений и эффективной компенсации характеристик передачи системы в основной полосе частот в условиях неидеального канала. Имитационная экспериментальная модель цифровой оптимальной передачи данных в основной полосе частот и общая структура системы были разработаны на основе платформы моделирования Matlab, а также были заданы параметры каждого модуля в имитационной экспериментальной модели. Моделируются рабочий процесс и производительность цифровой оптимальной системы передачи данных в основной полосе частот, а также проверяются условия и производительность цифровой оптимальной системы передачи данных в основной полосе частот в соответствии с результатами моделирования.

Ключевые слова: Цифровые системы передач, помехи, канал связи, моделирование, передачи данных, частота, цифровые сигналы.

Abstract: The purpose of this article is to study the problems of effective interference suppression to minimize the influence of imperfect communication channels by optimizing the design of individual nodes of communication systems to achieve a distortion-free signal output and effective compensation of the transmission characteristics of the system in the main frequency band in conditions of an imperfect channel. The simulation experimental model of optimal digital data transmission in the baseband and the general structure of the system were developed based on the Matlab modeling platform, and the parameters of each module in the simulation experimental model were set. The workflow and performance of the digital optimal data transmission system in the main frequency band are simulated, and the conditions and performance of the digital optimal data transmission system in the main frequency band are checked in accordance with the simulation results.

Keywords: Digital transmission systems, interference, communication channel, modeling, data transmission, frequency, digital signals.

Введение. С появлением современных систем связи полная интеграция компьютерных технологий и систем связи позволяет цифровым сигналам играть важную роль в информационных технологиях. Цифровые сигналы обладают многими преимуществами. Являясь базовой системой передачи информации, они охватывают основные проблемы, эволюцию и зрелость системы. Поэтому исследование и проектирование цифровой системы передачи данных в основном диапазоне частот является очень важным. С непрерывным развитием современных коммуникационных технологий технология цифровой основной полосы частот становится все более широко используемым техническим средством, но в практическом применении изучение цифровой передачи в основной полосе частот неидеальных каналов особенно важно, поскольку канал на самом деле не идеален [1].

Целью данной статьи является обсуждение того, как эффективно подавлять межсимвольные помехи путем оптимизации конструкции фильтра, чтобы достичь эффекта выхода без искажений и эффективно компенсировать характеристики передачи системы

передачи в основной полосе частот в неидеальной среде канала, чтобы минимизировать влияние межсимвольного кроссера. На основе глубокого анализа модели цифровой системы передачи основной полосы частот в условиях неидеального канала мы анализируем основные принципы и концепции каждого процесса, строим полную схему структуры моделирования и используем платформу моделирования Matlab в условиях аддитивной помехи (гауссовский белый шум) и мультиплексной помехи. Наконец, выполняется моделирование цифровой системы передачи основной полосы частот в условиях неидеального канала, и для тестирования системы используются различные методы, такие как частота ошибок по битам и глазковая карта. Наконец, вся система устраняет межкодовые помехи и имеет наилучшие характеристики защиты от шума. Получены условия и характеристики оптимальной цифровой системы передачи основной полосы частот в условиях неидеального канала, а также проведено сравнение и анализ.

Обзор литературы. Состав цифровой оптимальной системы передачи основной полосы частот при неидеальном канале состоит из модуля манчестерского кодирования, фильтра формирования импульсов отправки с характеристикой квадратного корня из спектра приподнятого косинуса, дискретного фильтра, канала, приемного согласующего фильтра с характеристикой квадратного корня из спектра приподнятого косинуса, эквалайзера и решения о дискретизации [2].

В структуре схемы системы передачи, показанной на [рисунке 1](#), система передачи в основной полосе частот состоит из передающего фильтра, канала основной полосы частот, приемного фильтра и решения о выборке. Для достижения оптимального приема цифровой системы передачи в основной полосе частот приемный фильтр должен быть спроектирован как согласующий фильтр, передающий и приемный фильтры должны быть спроектированы как фильтр с характеристиками корня из приподнятого косинуса, а эквалайзер должен быть добавлен после приемного фильтра. Анализ принципа [1]: $G_T(f)$ – функция передачи фильтра формирования импульсов, $G_R(f)$ – функция передачи приемного фильтра, а $C(f)$ – характеристика передачи канала связи полосы цифровой модуляции и демодуляции. В идеальном случае $C(f) = 1$;

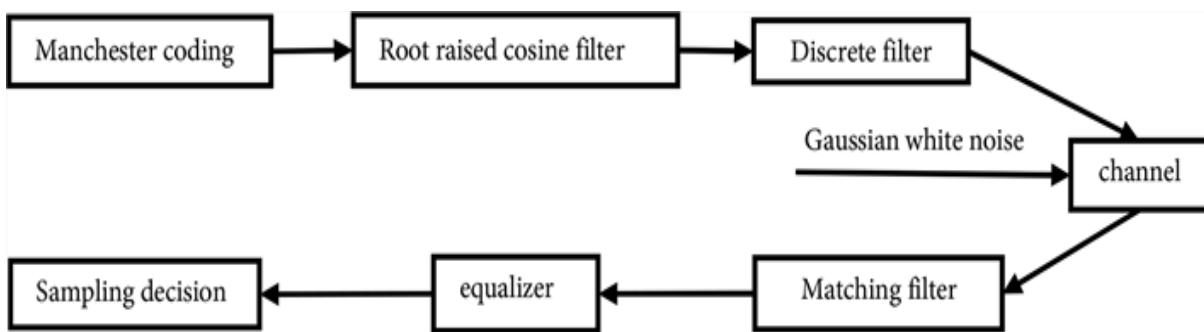


Рисунок 1. Структурная схема цифровой оптимальной системы передачи основной полосы частот в условиях неидеального канала.

Таким образом, что передающие и приемные фильтры спроектированы с характеристиками квадратного корня спектра приподнятого косинуса для достижения оптимального приема [3].

В системе передачи, показанной на [рисунке 1](#), функция дискретного фильтра заключается в том, чтобы сделать канал неидеальным каналом, а система передачи цифрового канала основной полосы частот реализует оптимальный прием с максимальным выходным отношением сигнал/шум согласованного выхода фильтра и обеспечивает соответствие общей функции передачи системы первому критерию Найквиста [4], то есть достижению нуля

поперек между выбранными временными кодами. В то же время общая передаточная функция $H(f)$ системы спроектирована как передаточная функция скатывания приподнятого косинуса, что физически реализуемо. Более того, канал является неидеальным каналом, и межкодовые перекрестные помехи системы передачи не полностью устранены, и для дальнейшего устранения межкодовых перекрестных помех добавлен эквалайзер. Следовательно, цифровая система передачи основной полосы частот, которая каскадирована с согласующим фильтром и эквалайзером на приемном конце, является цифровой оптимальной системой передачи основной полосы частот, которая устраниет перекрестные помехи между кодами и достигает оптимального приема в неидеальных каналах.

Основная часть (методология, результаты). Скорость передачи в основной полосе частот обычно составляет от 0 до 10 Мбит/с, а обычно используется от 1 Мбит/с до 2,5 Мбит/с [5]. В этой статье общий стандарт передачи в основной полосе частот используется в начале моделирования, но результаты моделирования не могут быть четко отображены из-за высокой скорости. Поэтому в реальном процессе моделирования принимается модель с низкой скоростью, в которой частота дискретизации источника установлена на 0,5 с, а система принимает манчестерское кодирование и декодирование.

Канал передачи в системе настроен как гауссовский канал, добавленный шум представляет собой взвешенный гауссовский белый шум, а отношение сигнал/шум составляет 20.

В конструкции манчестерский код представляет собой метод кодирования, который использует скачок уровня для представления 1 или 0. Правило кодирования очень простое, то есть каждый элемент кода представлен двумя сигналами уровня разных фаз. Здесь используется двоичный биполярный код, поэтому «1» компилируется в код «+1 – 1», а «0» компилируется в код «–1 + 1». Разработанная модель манчестерского кодирования показана на [рисунке 2](#).

Установите параметры двоичного генератора Bernoulli: установите вероятность нуля на 0,5 и время выборки на 0,5. Установите параметры генератора импульсов следующим образом: установите период на 0,5 и ширину импульса на 50%. Выход реле в выключенном состоянии устанавливается на –1.

Для остальных параметров сохраните значения по умолчанию.

Фильтры приема и передачи «Discretefilter» используют квадратный кореньприподнятый косинус, чтобы уменьшить межкодовые перекрестные помехи, сделать выход для достижения максимального отношения сигнал/шум и уменьшить помехи, создаваемые шумом в канале. Согласно первому критерию Найквиста, можно получить выходное состояние без межкодовых перекрестных помех. Если известны общие характеристики передачи системы, их можно получить, вставив фильтр, так что сумма частотных характеристик интерполированного фильтра и общих характеристик передачи системы будет постоянной, и межкодовые перекрестные помехи могут быть устранены. В этой статье перед принятием решения о выборке вставляется фильтр, частотные характеристики которого являются обратными частотным характеристикам фильтра перекрестных помех, как показано на [рисунке 3](#).

Знаменатель Установите параметры в Дискретном фильтре: «Числитель» – [1], а «знаменатель» – [1 – 0,8]. Расчет коэффициента ошибок: установите задержку приема на 2 и выходные данные на порт. Знаменатель Установка параметров «Дискретного фильтра»: «Числитель» – «rcosine (2, 10, 'fir/sqr', 0,5, 10)». Знаменатель – «1». Знаменатель использует белый гауссовский шум, и установите параметры «Канал AWGN»: установите Режим на SNR и SNR на 20.

Для остальных параметров сохраните значения по умолчанию.

Генератор решений выборки состоит из генератора импульсов, реле, периода и выхода в выключенном состоянии. Параметр генератора импульсов устанавливается следующим

образом: установите период на 0,5, ширину импульса на 1%. Сохраните значения по умолчанию для других параметров. Выход реле, когда выключено, это -1 .

На [рисунке 4](#) показана модель схемы имитации оптимальной цифровой системы передачи основной полосы частот при неидеальном канале, которая состоит из модуля манчестерского кодирования, модуля фильтра передачи, модуля дискретного фильтра, канала, модуля фильтра приема, модуля эквалайзера, модуля принятия решения о выборке, модуля манчестерского декодирования и других частей.

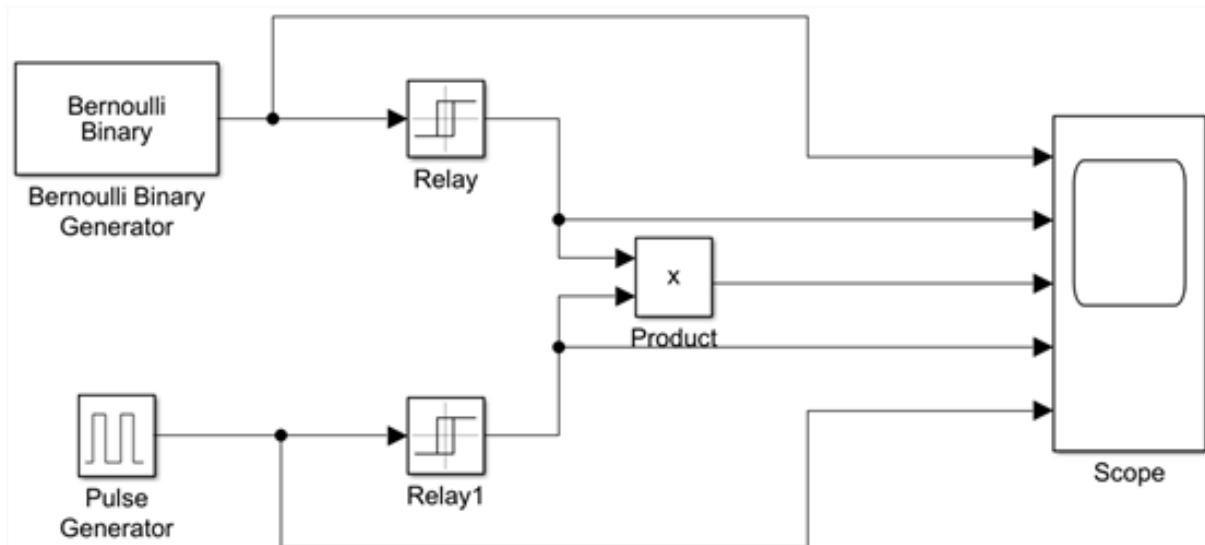


Рисунок 2. Модуль манчестерского кодирования.

Среди них первая форма волны на [рисунке 5](#) — это выходная форма волны источник информации, а вторая форма волны — это выходная форма волны путем декодирования после балансировки. Можно обнаружить, что две формы волны задерживают несколько элементов кода, что отображается через «ErrorRateCalculation», а частота ошибок по битам равна 0. Ожидаемый эффект был достигнут. Сравнивая изображения глаз до и после эквалайзера на [рисунке 6](#) и [рисунке 7](#), обнаруживается, что изображения глаз запутаны до добавления равновесия и становятся ясными после

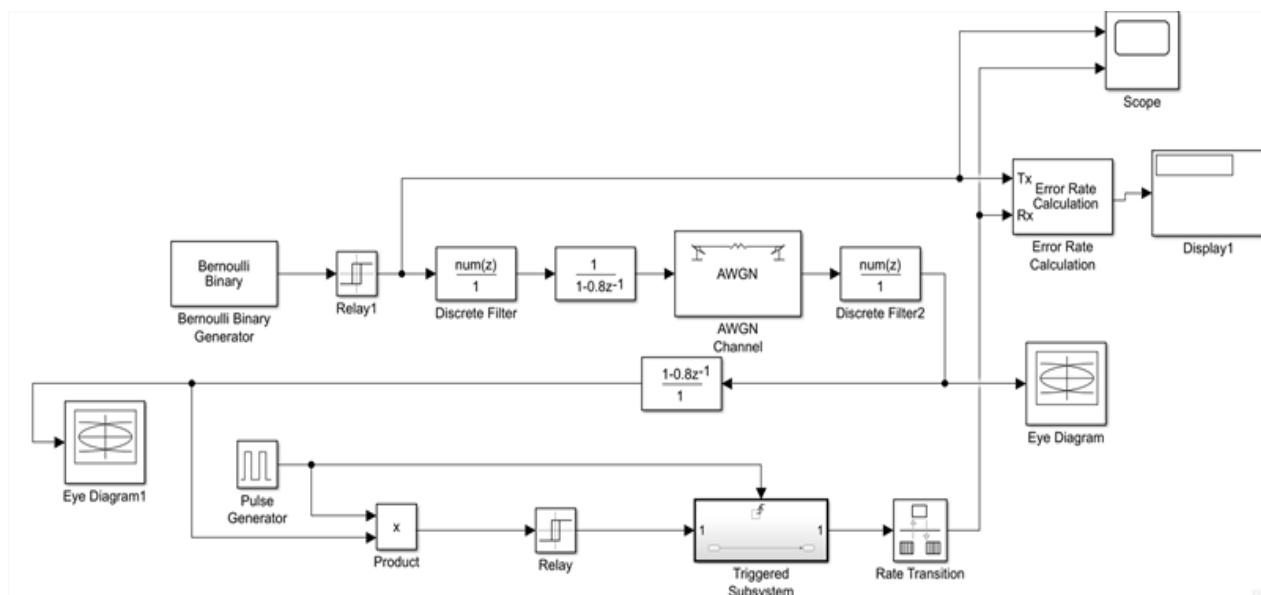


Рисунок 3. Схема моделирования после добавления эквалайзера.

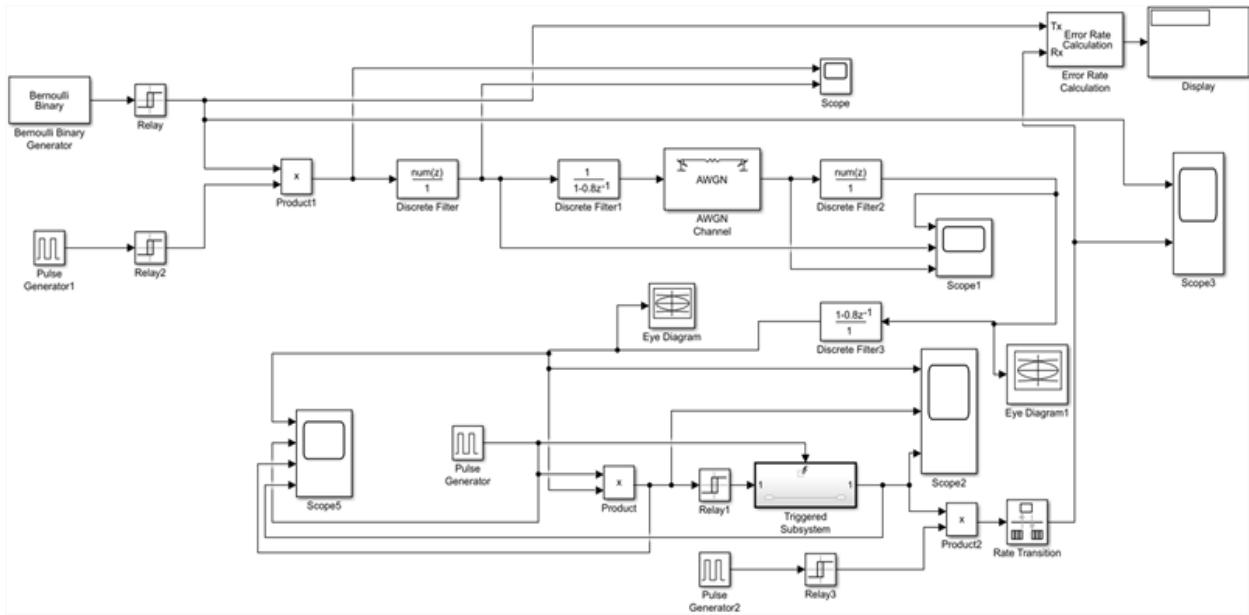


Рисунок 4. Оптимальная имитационная модель цифровой системы базовой полосы при неидеальных каналах.

Источник информации, а вторая форма волны — это выходная форма волны путем декодирования после балансировки. Можно обнаружить, что две формы волны задерживают несколько элементов кода, что отображается через «ErrorRateCalculation», а частота ошибок по битам равна 0. Ожидаемый эффект был достигнут. Сравнивая изображения глаз до и после эквалайзера на рисунке 6 и рисунке 7 , обнаруживается, что изображения глаз запутаны до добавления равновесия и становятся ясными после

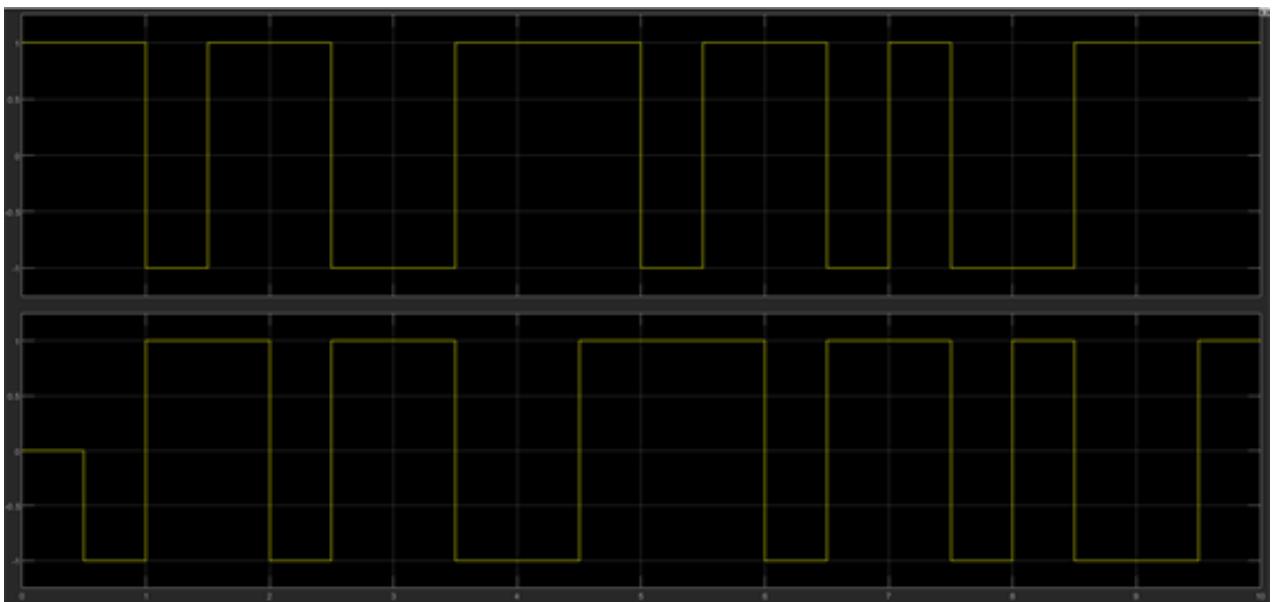


Рисунок 5. Входные и выходные сигналы.

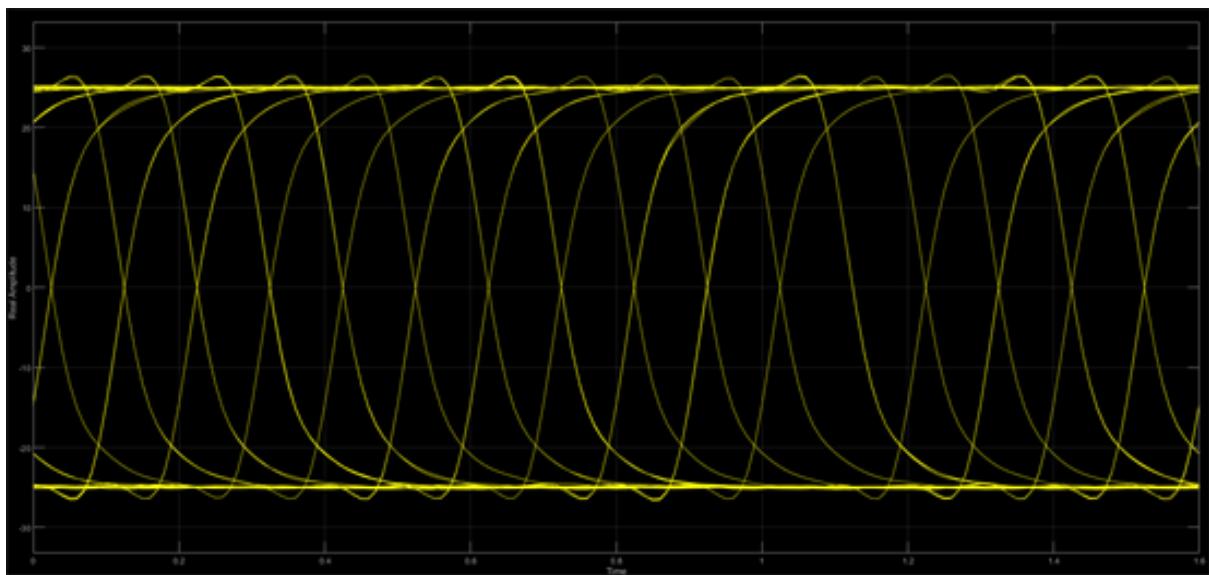


Рисунок 6. Вид из окна до достижения равновесия.

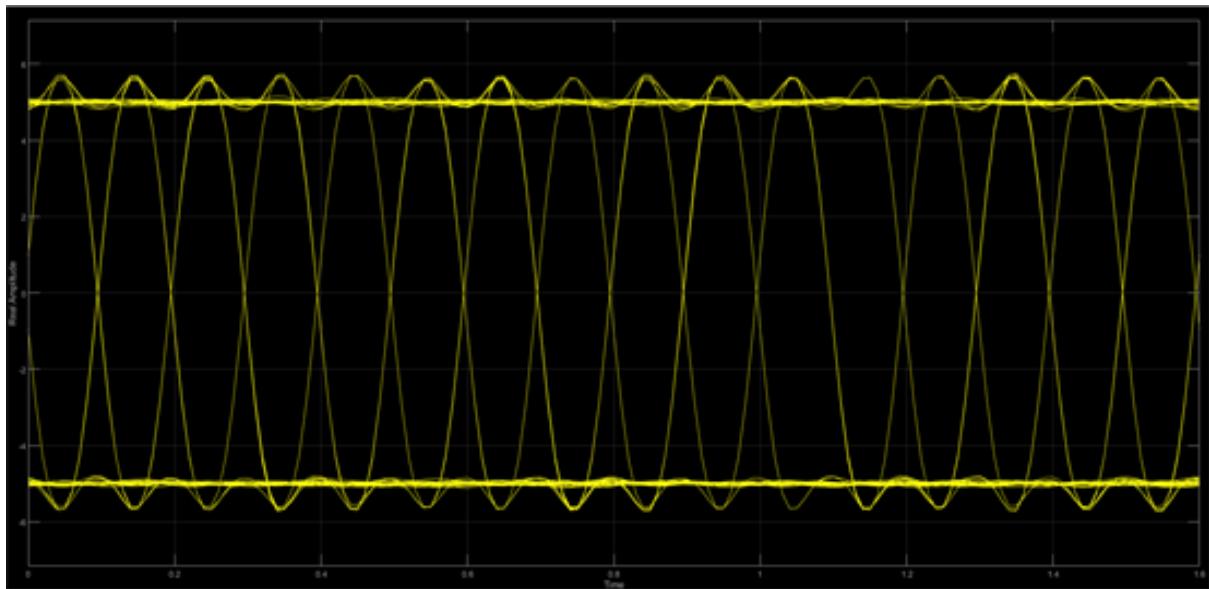


Рисунок 7. Вид глаз после равновесия.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования. Таким образом, можно видеть, что вся конструкция системы является разумной, система передачи цифрового диапазона частот достигает состояния наилучшего приема, а результаты моделирования подтверждают, что разработанная система передачи цифрового диапазона частот в неидеальном канале выполнила свои функции и соответствует требованиям к проектированию. Результаты исследований моделирования в этой статье помогут нам понять, как оптимизировать и спроектировать оптимальную систему передачи цифрового диапазона частот в неидеальных каналах в практических приложениях, что имеет важное прикладное значение.

Моделирование проверяет структуру и функцию разработанной цифровой оптимальной системы моделирования базовой полосы в условиях неидеального канала. В теоретических знаниях принципов связи содержание каждого звена цифровой оптимальной системы передачи базовой полосы в условиях неидеального канала в основном содержит все основное содержание принципов и теорий связи, а понимание и освоение теоретического содержания, рабочего процесса, параметров производительности и процесса проектирования

цифровой оптимальной системы передачи базовой полосы в условиях неидеального канала является более полным пониманием принципов и технологий связи. Поэтому цель проектирования системы эксперимента по моделированию цифровой оптимальной системы передачи базовой полосы в условиях неидеального канала состоит в том, чтобы позволить энтузиастам, которые изучают и изучают коммуникационные технологии, использовать наши существующие лабораторные условия и спроектировать эту систему моделирования, чтобы самостоятельно практиковать проектирование этой сложной системы передачи связи, и реализовать теорию на практике в процессе проектирования от простого к сложному и инновационному. В реальном проекте некоторые технологии связи, используемые в реальном сообщении, такие как аналоговые межкодовые перекрестные помехи, устранение межкодовых перекрестных помех, передача в основной полосе частот, оптимальный прием и т. д., могут быть глубоко поняты в теории и реализованы в моделировании. Посредством этой экспериментальной системы моделирования, примененной к эксперименту, цель реализации глубокого понимания людьми структуры, производительности и принципа цифровой оптимальной системы передачи в основной полосе частот в неидеальном канале будет очень полезна для наших энтузиастов для изучения и изучения теории связи и улучшения эффекта.

Список использованной литературы:

1. Аль-Рави, М. (2019) Восстановление несущей с помощью данных с модуляцией QPSK. Научный бюллетень, 24, 14-22. <https://doi.org/10.2478/bsaft-2019-0002>
2. Чжан, В.Г. и Сюй, Г.П. (2002) Принцип и технология связи. Издательство электронной промышленности, Пекин.
3. Чжан, Х. и Цао, Л. Н. (2008) Принципы коммуникации. 2-е издание, Xidian University Press, Сиань.
4. Widbow, B., McCool, JM, Larimore, MG и Johnson, CR (1976) Стационарные и нестационарные характеристики обучения адаптивного фильтра LMS. Труды IEEE, 64, 1151-1162 <https://doi.org/10.1109/PROC.1976.10286>
5. Zhang, T. (2023) Simulation Design of Baseband Optimal Digital Communication System with Non-Ideal Channel. Journal of Computer and Communications, 11, 29-36.
doi: 10.4236/jcc.2023.117003.