МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт Факультет приборостроения, информационных технологий и электроники	Кафедра «Информационная безопасность систем и технологий»
Специальность 100503 –	Информационная безопасность автоматизированных систем
Специализация -	Защищенные автоматизированные системы управления

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ НЕПРЕДНАМЕРЕННЫХ ДЕСТРУКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ВИТУЮ ПАРУ

Студент _____ Ревин Владислав Дмитриевич

Руководитель _____ Иванов А.П.

Нормоконтролёр _____ Иванов А.П.

Рецензент _____ Грунин С.Б.

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от _____ № _____)

Заведующий кафедрой _____ С.Л. Зефиров

Работа защищена с отметкой _____(протокол заседания ГЭК от _____ № ____)

Секретарь ГЭК _____ А.П. Иванов

Пенза 2017

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит 67 с., 73 рис., 2 табл., 11 источников.

ЛИНЕЙННЫЙ КОД, ВИТАЯ ПАРА, ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИЙ ФАКТОР

Объектом исследований в дипломном проекте являются непреднамеренные деструктивные воздействия и влияния характеристик витой пары на передаваемый по ней сигнал.

Цель дипломного проекта – разработка лабораторного практикума по исследованиям непреднамеренных деструктивных воздействий на витую пару, а также влияний, оказанных характеристиками самой витой пары на передаваемый сигнал.

В процессе работы были разработаны структура учебного стенда, схемы проведения исследований кодов сигнала с воздействием дестабилизирующих факторов и без них, произведен монтаж и настройка отдельных компонентов учебного стенда, составлена методика проведения лабораторного практикума, проведены экспериментальные исследования.

В результате дипломного проектирования был разработан лабораторный практикум по исследованию непреднамеренных деструктивных воздействий на витую пару и влияний характеристик витой пары на передаваемый сигнал.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение……..…….……..…..6

1 Анализ основных характеристик кодов сигнала …...……...7

2 Витая пара и основные ее характеристики……. ……..……17

3 Разработка схемы для исследования непреднамеренных деструктивных воздействий на витую пару ……..……..…26

4 Формирование кодов сигнала в линии связи …….…….29

5 Основные характеристики и функции приборов AFG 3102 и TDS 1002B…….…….……32

6 Методика проведения экспериментальных исследований непреднамеренных деструктивных воздействий на витую пару …...……..41

7 Разработка рекомендация по проведению лабораторного практикума по исследованию непреднамеренных деструктивных воздействий на витую пару……. …….…..56

8 Результаты экспериментальных исследований витой пары без воздействий и с воздействиями различных деструктивных факторов ……..58

Заключение……..…..66

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей пояснительной записке применяют следующие термины с соответствующими определениями:

формат кода: каждый бит кодового слова передается или записывается с помощью дискретных сигналов, например, импульсов. Способ представления исходного кода определенными сигналами определяется форматом кода. [5].

канал связи: Совокупность технических устройств (преобразователей) и среды распространения, обеспечивающих передачу сигналов на расстояние [7].

компьютерная сеть: совокупность узлов (компьютеров, терминалов, периферийных устройств), имеющих возможность информационного взаимодействия друг с другом с помощью специального коммуникационного оборудования и программного обеспечения [8].

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей пояснительной записке применяют следующие обозначения и сокращения:

АЧХ – амплитудно-частотная характеристика;

ЧПИ – код с чередующейся полярностью импульсов;

ЛВС – локальные вычислительные сети;

NRZ – non return to zero, без возврата к нулю;

NRZI – Non-Return to Zero Inverted, код без возврата к нулю с инверсией;

RZ – Return to Zero, код с возвратом к нулю;

MLT-3 – код Multi Level Transmission – 3;

2B1Q – код 2 binary, 1 quaternary;

ВВЕДЕНИЕ

Широкое распространение витой пары как наиболее надежной и устойчивой физической среды передачи сигнала требует детального изучения ее основных свойств и характеристик. Существует ряд непреднамеренных деструктивных воздействий на витую пару, а также влияний самих характеристик витой пары, которые воздействуют на передаваемый сигнал. К их числу можно отнести влияние длины витой пары, а также влияние одной витой пары на другую при их совместном пробеге.

Целью дипломного проектирования является разработка лабораторного практикума по исследованию непреднамеренных деструктивных воздействий на витую пару, а также влияний, оказанных характеристиками самой витой пары на передаваемый сигнал.

Будущие специалисты в области обеспечения информационной безопасности автоматизированных и телекоммуникационных систем должны быть знакомы с непреднамеренно оказываемыми деструктивными воздействиями на витую пару и их характеристиками. Данный лабораторный практикум по дисциплине “Сети и системы передачи информации” позволит студентам на практике закрепить знания и получить практические навыки.

1 Анализ основных характеристик кодов сигнала

Для улучшения качества передачи дискретных сообщений в линиях связи, в частности, в ЛВС, используются различные способы преобразования двоичных сигналов (методы кодирования). В результате чего сигнал становится менее уязвимым к таким эффектам ухудшения качества передачи, как шум, помехи и замирание [1].

Канальное кодирование позволяет преобразовать дискретный сигнал в некий «улучшенный сигнал», который делает процесс детектирования менее подверженным ошибкам. Последнее достигается за счет использования канальных кодов, которые преобразуют последовательность данных в новую, «улучшенную последовательность», обладающую структурной избыточностью. Избыточность канальных кодов определяется количеством избыточных бит (разрядов), которые служат для определения и исправления ошибок в линии связи.

При передаче дискретной информации в линиях связи к канальным кодам и, соответственно, к сигналам передачи предъявляются определенные требования [2]:

− согласование преобразованного спектра сигнала с полосой пропускания канала передачи;

− сужение электрического спектра сигнала, в частности, устранение низкочастотных и высокочастотных составляющих сигнала, что существенно позволит увеличить эффективность (КПД) передачи;

− увеличение отношения сигнал/шум;

− обеспечение синхронизации между передатчиком иьприемником за счет выделения сигнала синхронизации, то есть код должен обладать способностью самосинхронизации с фазовым признаком;

− обеспечение отсутствия постоянной составляющей в спектре сигнала;

− обеспечение возможности обнаруживать и частично исправлять ошибки, возникающие при передаче, что существенно позволит повысить

производительность канала передачи;

− повышение скорости передачи данных;

− обеспечение низкой стоимости реализации, то есть процесс кодирования и декодирования должен быть достаточно простым, что позволит уменьшить стоимость оборудования.

Необходимые характеристики сигналов передачи получают за счет избыточности и своеобразной структуры кодов.

Определение требуемых характеристик сигнала осуществляется на основе оценки свойств канальных кодов. При этом, используются такие характеристики, как:

− коэффициент изменения тактовой частоты, $К_т$;

− избыточность кода, r;

− текущая цифровая сумма;

− диспаритетность кодовых слов, d;

− отношение сигнал/шум;

− размножение ошибок при декодировании;

− корректирующая способность кода.

При передаче данных в линии связи используют двухуровневые и многоуровневые канальные коды.

Самый простейший двухуровневый код – это код NRZ, представляющий собой обычный цифровой сигнал, имеющий два состояния (плюс 1, минус 1), которые непосредственно отражают значения битов [4].

Несомненным достоинством кода NRZ являются:

– очень простая схема кодирования и низкая стоимость при его реализации – исходный сигнал не надо ни кодировать на передающей стороне, ни декодировать на приемной стороне;

− минимальная среди других кодов требуемая при максимальной скорости передачи пропускная способность линии связи.

Недостатками кода NRZ является отсутствие свойства самосинхронизации и наличие низкочастотной постоянной составляющей

при передаче длинных последовательностей единиц или нулей [5].

Наиболее часто код NRZ используется для передачи информации в локальных сетях, в частности, наиболее известное применение данного метода кодирования – это стандарт RS-232 [3]. Пример кода NRZ приведен на рисунке 1.1.

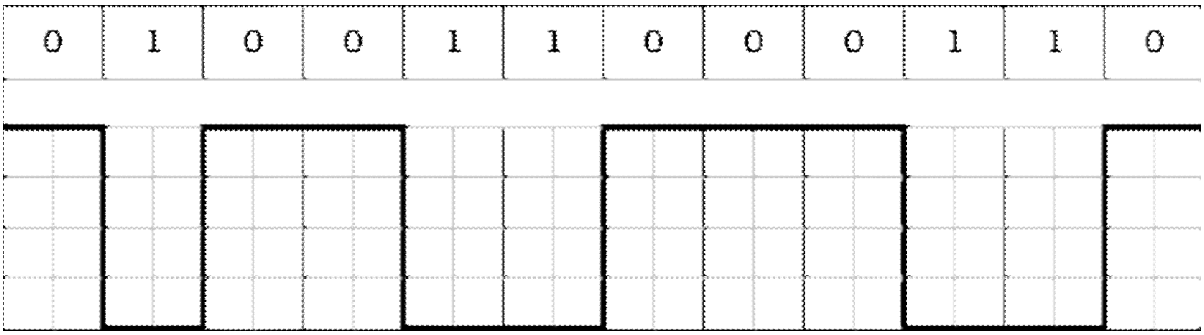

Рисунок 1.1 – Код NRZ

Плохую самосинхронизацию кода NRZ, так и наличие постоянной составляющей устраняет потенциальный код с инверсией при единице NRZI (Non-Return to Zero Inverted), который является модифицированным вариантом кода NRZ [5].

Код NRZI удобен в тех случаях, когда использование третьего уровня сигнала весьма нежелательно, например, в оптических кабелях, где устойчиво распознаются два состояния сигнала – свет и темнота. Данный метод кодирования нашел применение в технологиях Fast Ethernet (спецификация 100BaseFX) и FDDI. Пример кода NRZI представлен на рисунке 1.2.

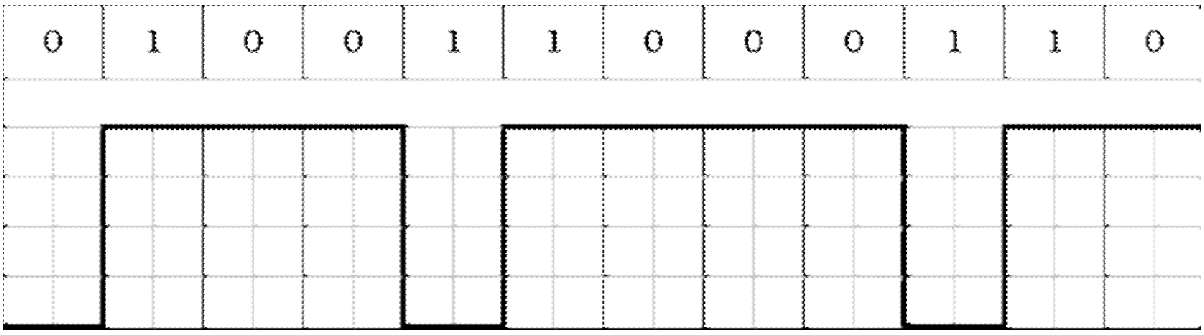

Рисунок 1.2 – Код NRZI

Проблема синхронизации между приемником и передатчиком успешно решается с помощью манчестерского кодирования [3].

Манчестерский код– это самосинхронизирующейся код. Данный метод кодирования позволяет легко выделить синхросигнал, что дает возможность передавать информацию сколь угодно большими пакетами без потерь из-за рассинхронизации [4].

Достоинством данного метода кодирования является отсутствие постоянной составляющей в сигнале при передаче длинной последовательности единиц или нулей. Проблема состоит лишь в том, что при данной схеме кодирования требуется канал с широкой полосой пропускания – для обеспечения скорости 10 Мбит/с требуется канал с шириной полосы пропускания не менее 10 МГц [3].

Манчестерский код имеет двойную избыточность, которая совместно со структурой кода (сигнала) позволяет обнаруживать однократные и некоторые двукратные ошибки, а, следовательно, обладает ошибкообнаруживающей способностью.

Манчестерское кодирование широко используется для передачи информации, как по электрическим, так и по оптоволоконным кабелям. Наибольшее распространение манчестерский код получил в локальных вычислительных сетях. В частности, он применяется в технологиях Ethernet и Token Ring, а также используется в качестве стандартного метода кодирования в ЛВС – стандарте IEEE 802.3 CSMA/CD. [3,4,5]. Пример манчестерского кода представлен на рисунке 1.3.

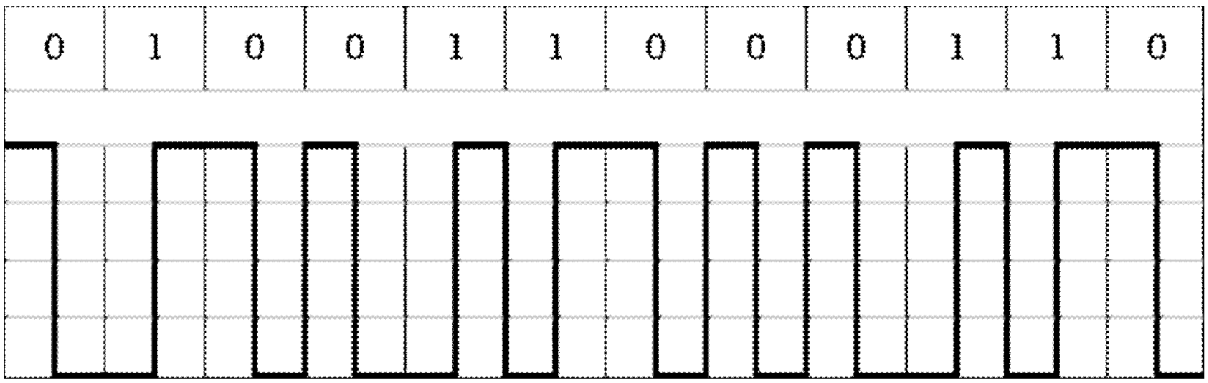

Рисунок 1.3 – Манчестерский код

Многоуровневые канальные коды предназначены для уменьшения интенсивности переходов и, следовательно, ширины требуемой полосы

пропускания. Особенностью данного класса кодов является использование более двух сигнальных уровней, среди которых наиболее широкое применение нашли трехуровневые коды, имеющие три состояния (плюс 1, 0, минус 1).

Самый простой трехуровневый код – это код RZ или, как его еще называют, биполярный импульсный код, обеспечивающий возврат к нулевому уровню после значащего уровня сигнала в первой половине передаваемого бита информации [4].

Наиболее часто код RZ используется в оптоволоконных сетях, где вместо положительных и отрицательных уровней сигнала используется три световых уровня: отсутствие света, "слабый» свет, «сильный» свет. Пример кода RZ приведен на рисунке 1.4.

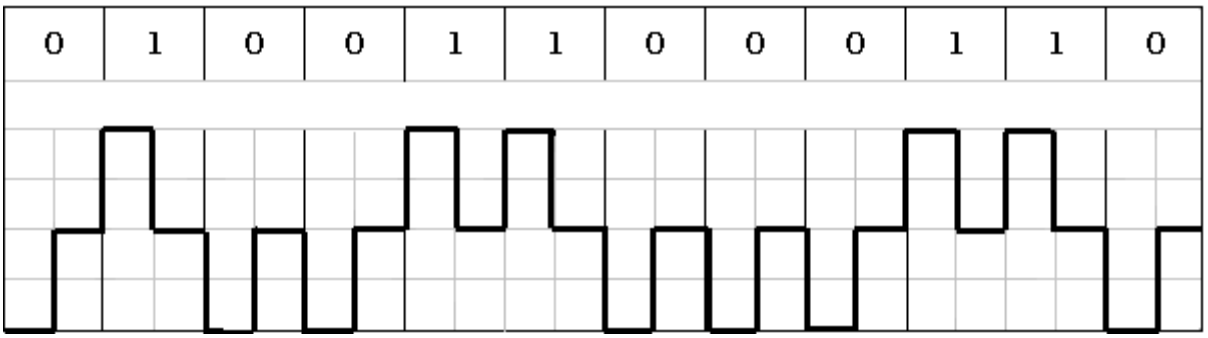

Рисунок 1.4 – Код RZ

Для улучшения кода код RZ предложен метод трехуровневого кодирования со скрэмблированием или код MLT-3 [6,8].

В коде MLT-3 используются три уровня сигналов: положительный (плюс V), отрицательный (минус V) и нулевой (0), которые остаются постоянными в течение каждого битового интервала, то есть информационные переходы фиксируются на границе битов. Структура данного кода позволяет обнаруживать все однократные ошибки, благодаря чередованию трех уровней осуществляется сужение требуемой полосы частот.

Основным недостатком кода является отсутствие самосинхронизации. Рассинхронизация между приемником и передатчиком возможна при передаче по линии связи длинной последовательности нулей.

Канальный код MLT–3 применяется в быстрых сетях Ethernet, работающих на скоростях порядка 100 Мбит/с, и FDDI – сетях, работающих с такими же скоростями на проводной (не оптоволоконной) среде [3]. В частности, код MLT–3 используется в спецификации FDDI для 100Base – TX и витой пары, а также в протоколе TP–PMД [6]. Код MLT-3 приведен на рисунке 1.5.

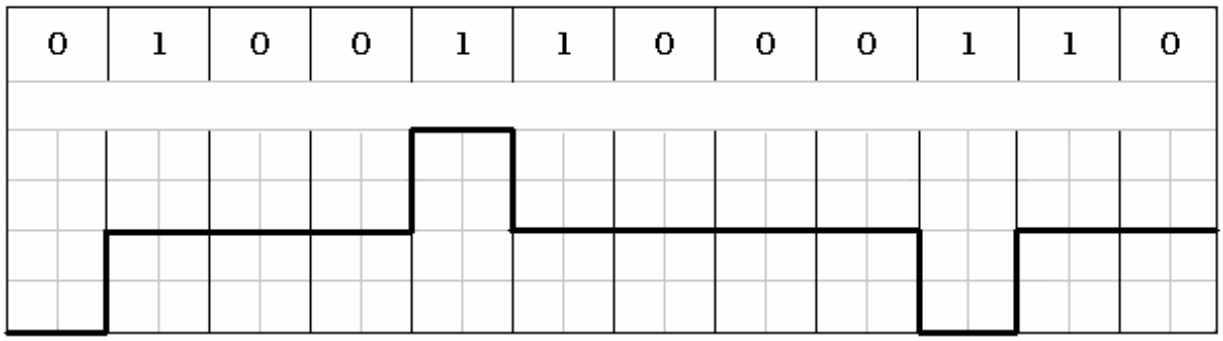

Рисунок 1.5 – Код MLT-3

Код ЧПИ - биполярный код, представляющий одну из разновидностей троичного кода: нулям соответствует отсутствие импульса, а единицам - попеременно чередующиеся прямоугольные импульсы отрицательной и положительной полярности. Так как постоянная составляющая импульсной последовательности равна нулю, то возможна передача по линиям, содержащим разделительные трансформаторы. Преимуществом данного кода является простота преобразования в двоичный код. Код ЧПИ приведен на рисунке 1.6.

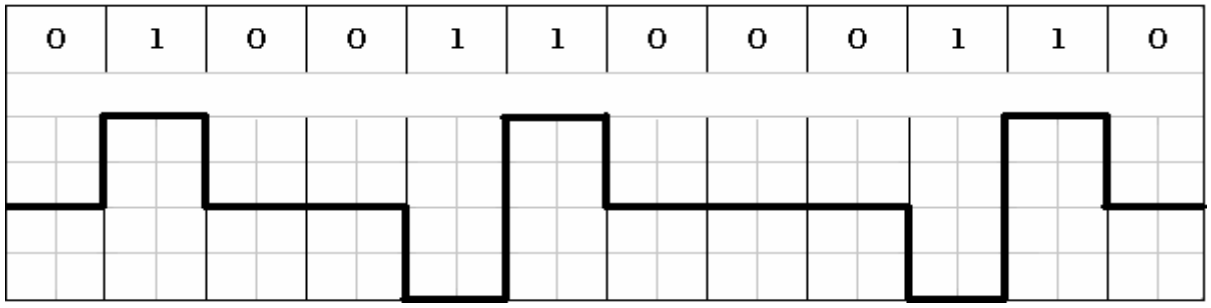

Рисунок 1.6 – Код ЧПИ

С целью повышения эффективности систем передачи данных используются и более сложные трехуровневые схемы кодирования, где группа двоичных символов заменяется группой троичных символов. Это

класс кодов $kBnTp$, где kB – число двоичных символов, а nTp – число троичных символов.

Использование методов кодирования данного типа позволяет решить такие задачи, как получение заданной помехоустойчивости воспроизведения сигналов, поддержание синхронизации между приемником и передатчиком, увеличение длины участка регенерации. Получить необходимые характеристики позволяет избыточность, которая вводится в передаваемую информацию. В процессе кодирования входной двоичный алфавит $B \in \{0,1\}$ с объемом $Q_{вх} = 2^k$ преобразуется в троичный алфавит $Tp \in \{0,1,2\}$ с объемом $Q_{вых} = 3^n$.

К данному типу кодов относятся такие классы кодов, как 4B3T, 8B6T, 3B2T, 7B2T, 6B4T, 8B6T, 10B7T [6].

Для передачи данных по линии связи используются также канальные коды, имеющие более трех уровней, в частности, код 2B1Q (2 binary, 1 quaternary).

Код 2B1Q нашел применение в модемах для выделенных физических линий и технологиях высокоскоростной цифровой абонентской линии (HDSL) или HDSL – модемах, код PAM5 используется в протоколе 1000 Base – TX Gigabit Ethernet, обеспечивающий передачу данных со скоростью 1000 Мбит/сек (1000 Мбит/сек = 1 Гбит/сек) при ширине спектра сигнала всего 125 МГц [8].

Достоинство метода 2B1Q: сигнальная скорость у этого метода в два раза ниже, чем у кода NRZ , а спектр сигнала в два раза уже. Следовательно, с помощью 2B1Q-кода можно по одной и той же линии передавать данные в два раза быстрее. Недостаток метода 2B1Q: реализация этого метода требует более мощного передатчика и более сложного приемника, который должен различать четыре уровня. Код 2B1Q представлен на рисунке 1.7

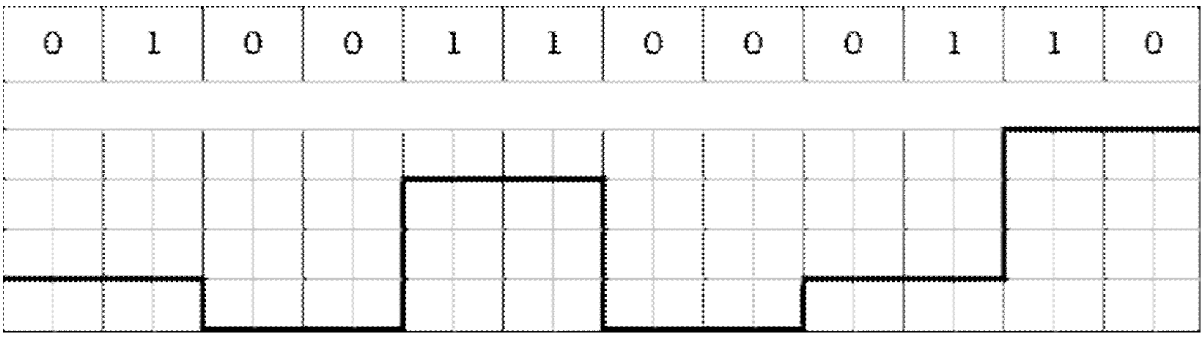

Рисунок 1.7 - Потенциальный код 2B1Q

Каждый из рассмотренных выше кодов имеет свои недостатки и преимущества. Поэтому выбор соответствующего метода кодирования необходимо осуществлять таким образом, чтобы сигнал передачи, полученный в результате преобразования двоичной последовательности, наилучшим образом соответствовал используемой физической среде передачи и предъявляемым к ней требованиям.

Кроме того, некоторые канальные коды благодаря своей избыточности обладают довольно высокой корректирующей способностью и, следовательно, могут применяться для повышения достоверности передачи информации по каналам связи в каскадных системах кодирования.

Для реализации лабораторного практикума, согласно техническому заданию на выпускную квалификационную работу, выбраны 7 кодов:

- NRZ;
- NRZI;
- Манчестерский код;
- код ЧПИ;
- MLT-3;
- 2B1Q;
- RZ.

Далее рассмотрены способы представления данных кодов.

Код NRZ естественным образом соответствует режиму работы логических схем. Единичный бит передается в пределах такта и уровень не меняется. Положительный перепад означает переход из 0 к 1 в исходном коде,

отрицательный — от 1 к 0. Отсутствие перепадов показывает, что значения предыдущего и последующего битов равны. Для декодирования кодов в формате БВН необходимы тактовые импульсы, так как в его спектре не содержится тактовая частота. Соответствующий коду формата NRZ сигнал содержит низкочастотные компоненты (при передаче длинных серий нулей или единиц перепады не возникают). Пример кода приведен на рисунке 1.1.

Код NRZI является модифицированным методом NRZ, где для представления 1 и 0 используются потенциалы двух уровней. В коде NRZI также используется 2 потенциала, но его текущее значение зависит от предыдущего. Если текущее значение бита “1”, то полученный потенциал должен быть инверсией от предыдущего, если значение бита “0” — такой же. То есть смена сигнала происходит при передаче единицы, а передача нуля не приводит к изменению напряжения**.** Пример кода приведен на рисунке 1.2.

При манчестерском кодировании каждый такт делится на две части. Информация кодируется перепадами потенциала в середине каждого такта. Единица кодируется перепадом от низкого уровня сигнала к высокому, а ноль — обратным перепадом. В начале каждого такта может происходить служебный перепад сигнала, если нужно представить несколько единиц или нулей подряд. Так как сигнал изменяется по крайней мере один раз за такт передачи одного бита данных, то манчестерский код обладает хорошими самосинхронизирующими свойствами. У манчестерского кода нет постоянной составляющей (меняется каждый такт), а основная гармоника в худшем случае (при передаче последовательности единиц или нулей) имеет частоту N Гц, а в лучшем случае (при передаче чередующихся единиц и нулей) — N/2 Гц, как и у NRZ. В среднем ширина спектра при манчестерском кодировании в два раза шире, чем при NRZ кодировании. Пример кода приведен на рисунке 1.3.

Код RZ – код с возвратом к нулю, основным отличием данного кода является то, что в середине каждого бита есть положительный или отрицательный переход, обозначающий каждый бит. Код *RZ* не отличается

высокой плотностью передачи данных — при тактовой частоте 10 МГц она равна всего 10 Мбит/с. К тому же, чтобы различать три уровня сигнала, на входе приемника необходимо обеспечить лучшее отношение сигнал/шум, чем при использовании двух уровней. В данном коде при передаче бита импульс напряжения соответствует импульсу с продолжительностью в половину продолжительности передачи одного бита данных. При передаче 1 цифровые данные представляются отрицательным напряжением в первой половине и нулевым напряжением во второй. При передаче 0 цифровые данные представляются положительным напряжением в первой половине и нулевым напряжением во второй.

MLT-3 основывается на циклическом переключении уровней минус U, 0, плюс U. Единице соответствует переход с одного уровня сигнала на следующий. Так же как и в методе NRZI при передаче «нуля» сигнал не меняется. В случае наиболее частого переключения уровней (длинная последовательность единиц) для завершения цикла необходимо четыре перехода. Это позволяет вчетверо снизить частоту несущей относительно тактовой частоты, что делает MLT-3 удобным методом при использовании медных проводов в качестве среды передачи. Пример кода приведен на рисунке 1.5.

Алгоритм перехода от двоичного сигнала к коду ЧПИ состоит в том, что символу 0 в обоих случаях соответствует пауза, а символу 1 в коде ЧПИ соответствуют импульсы положительной или отрицательной полярности. То есть, при передаче нуля передается потенциал, равный нулю, а при передаче единиц передается потенциал, поочередно равный (плюс V) и (минус V). Пример кода приведен на рисунке 1.6.

Код 2B1Q передает пару бит за один битовый интервал. Каждой возможной паре в соответствие ставится свой уровень из четырех возможных уровней потенциала. Паре 00 соответствует потенциал минус 2.5 В, 01 соответствует минус 0.833 В, 11 — плюс 0.833 В, 10 — плюс 2.5 В. Пример кода приведен на рисунке 1.7.

2 Витая пара и основные ее характеристики

2.1 Общие сведения

Витая пара — вид кабеля связи. Представляет собой одну или несколько пар изолированных проводников, скрученных между собой, покрытых пластиковой оболочкой.

Переплетение проводников производится с целью повышения степени связи между собой проводников одной пары (электромагнитные помехи одинаково влияют на оба провода пары) и последующего уменьшения электромагнитных помех от внешних источников, а также взаимных наводок при передаче дифференциальных сигналов.

Витая пара — один из компонентов современных структурированных кабельных систем. Используется в телекоммуникациях и в компьютерных сетях в качестве физической среды передачи сигнала во многих технологиях, таких как Ethernet, Arcnet, Token ring, USB. В настоящее время, благодаря своей дешевизне и лёгкости монтажа, является самым распространённым решением для построения проводных (кабельных) локальных сетей [16].

Витая пара — это два скрученных провода в изоляции. Скручивание делается для того, чтобы оба провода находились в одинаковых условиях, то есть воздействие на них внешних помех не отличалось. В одном кабеле может быть несколько пар, обычно 2 или 4, заключенных в общую диэлектрическую оболочку. Информационный сигнал содержится в разности напряжений между проводами одной пары.

2.2 Классификация по числу медных жил

Виды кабеля по числу медных жил:

— одножильный (монолитный) — каждый провод состоит из одной цельной проволоки, толщиной 0,3-0,6 мм или 20-26 AWG. Такие шнуры легко ломаются, поэтому пригодны только для прокладки внутри стенных панелей и монтажных коробов.

— многожильный — провода состоят из пучков тончайших жил. Такой шнур не ломается при сгибании и скручивании, и используется для

подвижных соединений между устройствами. Имеет более высокий уровень затухания сигнала, чем одножильный, поэтому его максимальная длина не должна превышать 100 м.

2.3 Классификация на основе стандарта ISO/IEC 11801:2002 rev.2

В стандарте ISO/IEC 11801:2002 rev.2 предусмотрены рекомендательные правила маркировки, в приложении (Annex E), носящее на сегодняшний день лишь рекомендательный характер.

В приложении предлагается отражать строение кабеля следующим обозначением: XX / XXX

Символы XX слева от косой черты используются для указания типа общего экрана. Могут использоваться либо оба разряда, либо один, при этом возможны следующие обозначения:

— F = foil screened = общий экран состоит из фольги;

— U = unscreened = общий экран отсутствует;

— SF = braid and foil screened = двойной общий экран, оплетка плюс фольга;

— S = braid screened = общий экран имеет вид оплетки.

Символы XXX справа, обозначают вид экрана (первый разряд X) и вид элемента кабеля (следующие два разряда XX). Возможны следующие обозначения:

— F = foil screened = индивидуальный экран пары состоит из фольги;

— U = unscreened = индивидуальный экран пары отсутствует.

Кабель всегда содержит символы TP = twisted pair. Это обозначение говорит о конструкции кабеля, а именно о парности. Существует несколько разновидностей витых пар:

— UTP (Unscreened Twisted Pair) — неэкранированная витая пара;

— FTP (Foiled Twisted Pair) — фольгированная витая пара с одним общим внешним экраном;

— SFTP (Shielded Foiled Twisted Pair) — фольгированная экранированная витая пара с двумя внешними экранами;

— STP (Shielded Twisted Pair) — защищенная витая пара. В таком кабеле каждая пара экранирована отдельным экраном;

— S/STP (Screened Shielded Twisted Pair) — защищенная экранированная витая пара, отличающаяся от STP наличием дополнительного общего внешнего экрана [17].

Возможность перехвата передаваемой информации – один из недостатков витой пары.

2.4 Классификация по рабочей частоте согласно стандарту EIA/TIA 568

Сегодня насчитывается 7 категорий этого типа кабеля и еще одна — восьмая, находится пока в разработке. В отдельных категориях минус 5, 6 и 7, выделяют подкатегории, поэтому общее их число равно 10. Кабели на основе витой пары по рабочей частоте делятся на категории, которые для удобства представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Классификация кабеля витая пара по частоте [5], [6]

Категория	Частота МГц	Комментарий	Применение
1	0,1	Не витые телефонные кабели. По ним можно передавать только речь.	В модемных Интернет-соединениях и телефонной связи. Для создания современных ЛВС непригоден.
2	1	Устаревший стандарт. Состоит из четырех проводников. Максимальная скорость обмена информацией — 4 Мбит/с.	В ЛВС типа Token Ring, Arcnet и телефонии. Для создания современных ЛВС непригоден.
3 Класс С	16	Девять витков проводов на 1 м длины. Максимальная скорость обмена информацией — 100 Мбит/с в сетях Fast Ethernet при максимальной длине линии — 100 м. Стандартизирован для ЛВС Ethernet.	Иногда — в сетях 10BASE-T и 100BASE-T4, но чаще — в проводной телефонной связи.
4	20	Состоит из четырех скруток проводов. Наивысшая скорость обмена информацией — 16 Mbit/s по одной паре.	В ЛВС 10BASE-T, 100 BASE-T4 и Token Ring. Сегодня не применяется.

Продолжение таблицы 1

Категория	Частота МГц	Комментарий	Применение
5 Класс D		Четыре скрутки, не менее 27 витков на 1 м. длины. Пересылает информацию до 100 Mbit/s при задействовании двух пар и 1000 Mbit/s — при всех четырех.	В ЛВС Fast и Gigabit Ethernet.
5e	100	Улучшенная категория класса D (тоньше и дешевле). Выпускается с четырьмя и двумя парами проводников.	Самый часто встречающийся класс кабеля для сетей Фаст Ethernet и Гигабитный Ethernet.
6 Класс E	200 или 250	Четыре скрутки (8 проводов), неэкранированный (U/UTP). Передает информацию до 10 Gbit/s по линии длиной до 55 м.	Витая пара 6 категории — второй по распространенности тип кабеля после категории 5e. Область применения та же.
6A Класс EA	500	4 скрутки (восемь проводов), экранирован (тип экранирования S/ФТП или F/ФТП). Пересылает информацию до 10 Гбит/с при максимальной длине линии до 100 м.	Локальные сети Фаст и Гигабитный Ethernet.
7 Класс F	600-700	8 проводов, экранирован (тип экранирования S/ФТП, реже F/ФТП). Передает данные со скоростью до 10 Гбит/с.	Локальные сети Фаст и Гигабитный Ethernet.
7A Класс FA	1000	8 проводов, экранирован (тип экранирования S/ФТП, реже F/ФТП). Передает данные со скоростью до 40 Гбит/с по линии длиной до 50 м и до 100 Гбит/с по — до 15 м.	Локальные сети Фаст и Гигабитный Ethernet.

Стандарт EIA/TIA 568 гласит, что полное волновое сопротивление у категорий 3, 4 и 5 составляет 100 Ом ±15% от 1 МГц до максимальной частоты. Волновое сопротивление STP составляет 150 Ом ±15%.

Согласно стандарту максимальная рабочая емкость каждого кабеля категории 4 и 5 составляет не больше 17 нФ при частоте 1 кГц и температуре 20°C [4].

2.5 Маркировка кабелей витой пары

Единого стандарта маркировки витой пары не существует — каждый производитель указывает на ней то, что считает нужным.

В начале, обычно, указан код производителя и марка. Далее — максимальная температура, при которой возможна эксплуатация. Следом

идут тип экранирования, количество пар, диаметр одного проводника, категория, сертификаты соответствия, длина и год выпуска.

В качестве примера рассмотрена маркировка кабеля UTP, которая приведена на рисунке 2.1:

— Оболочка серого цвета, соответственно, кабель предназначен для эксплуатации в помещениях.

— Цифробуквенное обозначение, которое начинается на «HTO-KEY E191267» — это шифр производителя.

— 75°C — температурный максимум.

— UTP — данный кабель неэкранированный.

— 4PR — 4 пары проводников.

— 24 AWG — диаметр сечения одного провода (также может быть указан в миллиметрах).

— ELT Verified — проверен и соответствует стандарту категории.

— CAT5E — категория 5e.

— EIA/TIA-568-B.2 — соответствует одноименному стандарту.

— Последние цифры — общая длина кабеля в футах и метрах.

— Дата производства не указана.

Рисунок 2.1 - Пример маркировки кабеля UTP

Порядок обозначений может быть различным, но на любом кабеле всегда указана его категория, тип экранирования и количество пар.

2.6 Характеристики кабеля витая пара

Основными характеристиками витой пары являются скорость распространения сигнала, волновое сопротивление и затухание.

Затухание (attenuation) —величина, которая характеризует потерю мощности. Коэффициент затуханияизмеряется в децибелах на единицу длину и вычисляется как отношение мощности на выходе к мощности, полученной на входе.

Затухание заключается скин-эффектом и потерями в диэлектрике. Длину кабеля определят затухание сигнала. Для увеличения длины канала связи следует использовать более качественные кабели с защитой от помех и наводок. Буферы со специальной коррекцией способствуют уменьшению коэффициента затухания, их чаще всего и используют. Также для меньшего затухания используют более качественные кабели с защитой от наводок и поех.

Предыскажения вносятся для того, чтобы сделать АЧХ более ровной. При этом нелинейные искажения сигнала уменьшаются. В усилительный тракт передатчика включается корректор — нелинейное устройство, передаточные характеристики которого подбираются так, чтобы амплитудная характеристика объединенного устройства корректор-усилитель стала линейной, а амплитудно-фазовая характеристика — равномерной.

Это необходимо потому что в линиях передачи с ровной АЧХ отсутствует межсимвольная интерференция, что повышает качество передачи. Чем выше подъем АЧХ, тем большие затухания компенсируются и больше максимальная длина линии.

Существуют корректоры трех типов. АЧХ постоянного амплитудного корректора не меняется. Такие корректоры используются в сетях с фиксированной длиной среды передачи. Переменный амплитудный корректор, наоборот, имеет несколько предустановленных настроек, которые можно изменять в соответствии с длиной канала связи. Наиболее удобные в использовании — адаптивные корректоры, которые автоматически определяют уровень потерь в среде передачи и подбирают оптимальные параметры корректирующих импульсов. Адаптивные корректоры обычно разрабатываются под конкретные среды передачи, поэтому при выборе устройства необходимо удостовериться, что оно рассчитано именно на тот тип линии передачи и те параметры, которые используются в сети.

При коррекции сильных затуханий нельзя забывать о системном шуме. Дело в том, что сигналы с компенсацией потерь 40 дБ становятся очень

чувствительными к шуму. Действительно, если отношение сигнал/шум поддерживается на уровне 10—15 дБ, то шумы в линии передачи не должны превышать 50—55 дБ, иначе сигнал потеряется [18].

Скорость распространения сигнала (NVP). NVP (Nominal Velocity of Propagation) — скорость распространения сигнала в линии, которая выражается как отношение скорости распространения сигнала к скорости света [18].

Переходное затухание (NEXT). NEXT (Near End CrossTalk) — переходное затухание, или перекрестные наводки на ближнем конце. Оно характеризует влияние соседних витых пар друг на друга и рассматривается только при двухсторонней передаче информации. Данный эффект проиллюстрирован на рисунке 2.2 [18].

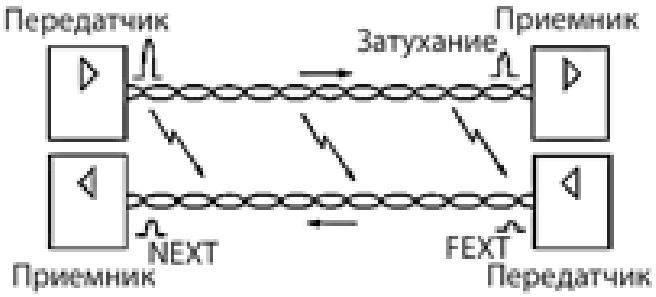

Рисунок 2.2 - Перекрестные помехи в кабеле

Сигнал, передаваемый по верхней витой паре, наводит помеху на нижнюю. При одностороннем обмене в расчет принимается параметр FEXT (Far End CrossTalk), характеризующий взаимодействие пар на дальнем конце. Для ослабления наводок применяется фольгирование [18].

Pair-to-Pair Skew. Временная задержка распространения сигнала между двумя парами в кабеле (Pair-to-Pair Skew). Она появляется из-за того, что пары не идеально одинаковы, одна из них обязательно длиннее другой, поэтому сигнал проходит по ней больший путь. Типичное значение задержки составляет порядка 25 нс/100 м, но может доходить и до 45 нс/100 м. Этот параметр учитывается при скоростях передачи 100 Мбит/с и выше [18].

Intra-Pair Skew. Временная задержка распространения сигнала внутри одной пары (Intra-Pair Skew). Она возникает в случае, если длины проводников в паре не совпадают, как показано на рисунке 2.3 [18].

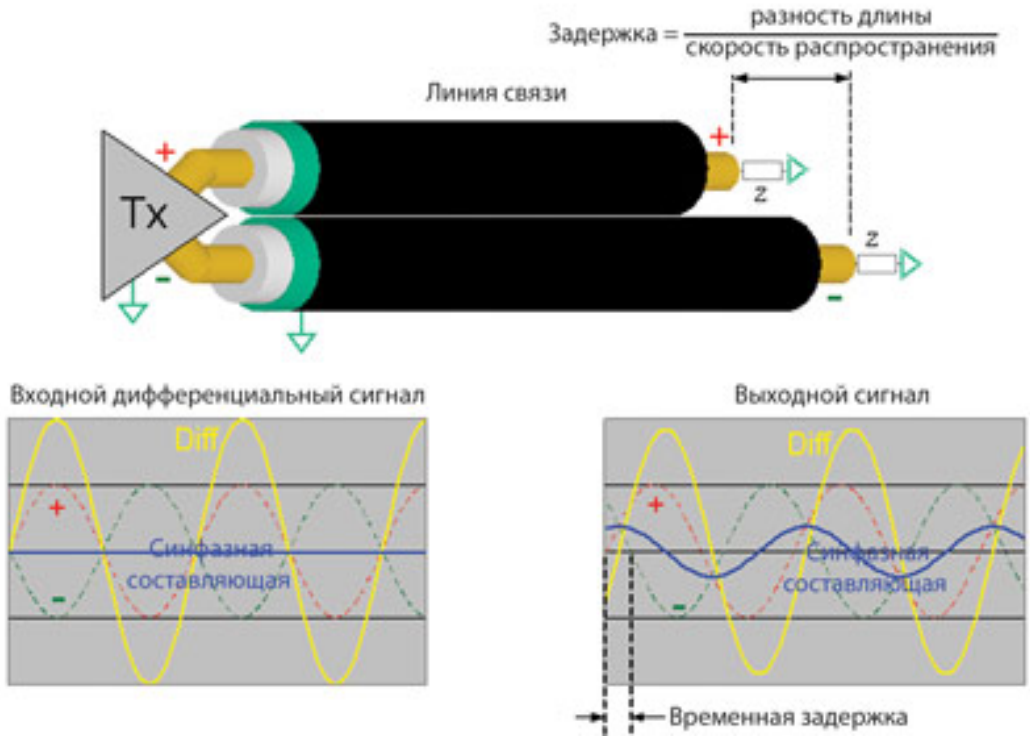

Рисунок 2.3 - Появление синфазной составляющей на выходе проводов с разной длиной

Особенности временной задержки между проводниками в паре. В несвязанных парах, например в двойном коаксиальном кабеле, временная задержка постоянна и не зависит от частоты сигнала. Однако в случае STP и твинаксиального кабеля это не соблюдается, что проиллюстрировано на рисунке 2.4 [18].

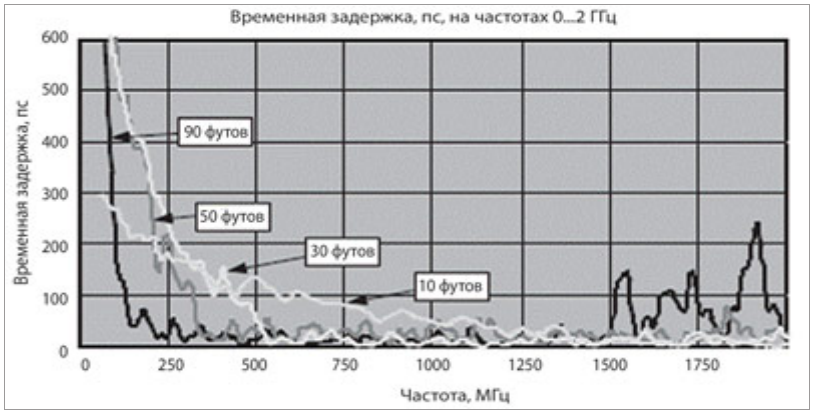

Рисунок 2.4 - Задержка сигнала между двумя проводами твинаксиального кабеля

Зависимость временной задержки от длины кабеля. Временная задержка пропорциональна длине кабеля. Это утверждение верно только на очень низких частотах, когда длина волны сравнима с длиной кабеля. На рисунке 2.4 видно, что в диапазоне 300...1500 МГц наибольшая временная задержка наблюдается в самом коротком кабеле [18].

3 Разработка схемы для исследования непреднамеренных деструктивных воздействий на витую пару

Для учебного стенда были разработаны две схемы проведения исследований кодов сигнала в линии связи: с воздействием дестабилизирующих факторов и без воздействия дестабилизирующих факторов.

В схеме без воздействия дестабилизирующих факторов применяются компьютер, с установленной на него программой ARB Express Application Ver. 2.4, генератор сигналов произвольной формы AFG3102 и цифровой запоминающий осциллограф TDS 1002B.

На компьютере с установленной на него программой ARB Express Application Ver. 2.4 полученные последовательности формируются в виде различных кодов. Далее закодированная последовательность с помощью flash накопителя передается на генератор сигналов произвольной формы AFG3102. Также с генератора могут задаваться такие параметры, как частота и амплитуда сигнала.

К генератору AFG 3102 кабелем подключен цифровой запоминающий осциллограф TDS1002B, на котором можно посмотреть временную и спектральную функцию, по результатам которых делаются выводы. Схема проведения исследований без деструктивных воздействий на витую пару приведена на рисунке 3.1.

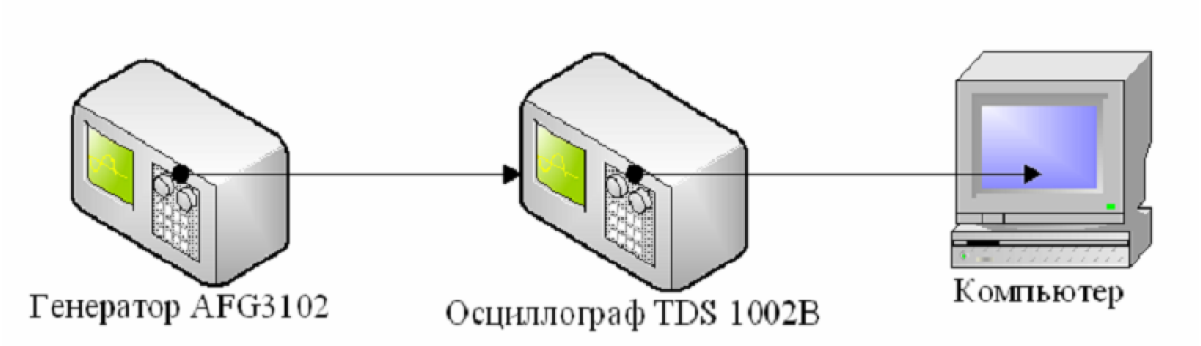

Рисунок 3.1 – Схема исследований без деструктивных воздействий

Схема проведения исследований с воздействием дестабилизирующих факторов приведена на рисунке 3.2. В ее состав входят генератор AFG3102,

два осциллографа TDS 1002B и компьютер, а также витая пара.

Для проведения исследований с воздействием дестабилизирующих факторов используется:

– неэкранированная витая пара категории 5е длиной 3, 5, 300 м;

– экранированная витая пара категории длиной 5 м.

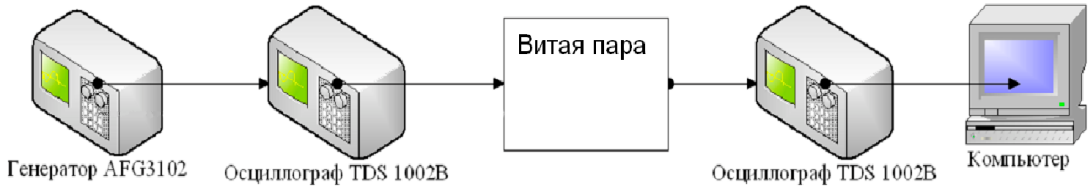

Рисунок 3.2 - Схема исследований с деструктивными воздействиями

На компьютере с установленной на него программой ARB Express Application Ver. 2.4 полученные последовательности формируются в виде различных кодов. Далее закодированная последовательность с помощью flash накопителя передается на генератор сигналов произвольной формы AFG3102. Также с генератора могут задаваться такие параметры, как частота и амплитуда сигнала.

Генератор сигналов произвольной формы AFG3102 с помощью разработанной платы подключен к исследуемым витым парам. Также к данной плате подключены два цифровых запоминающих осциллографа TDS 1002B, на которых можно посмотреть временную и спектральную функцию, оценить влияние длины витых пар и воздействие витых пар друг на друга при совместном пробеге.

Для выполнения требований технического задания на ВКР было принято решение разработать плату, позволяющую осуществить подключение исследуемых витых пар разной длины, экранированных и не экранированных; генератора сигналов произвольной формы AFG3102 для осуществления передачи закодированных последовательностей; цифровых запоминающих осциллографов TDS 1002B, позволяющих оценить изменение спектральных и временных функций на входе и выходе витых пар.

Изображение разработанной платы приведено на рисунке 3.3.

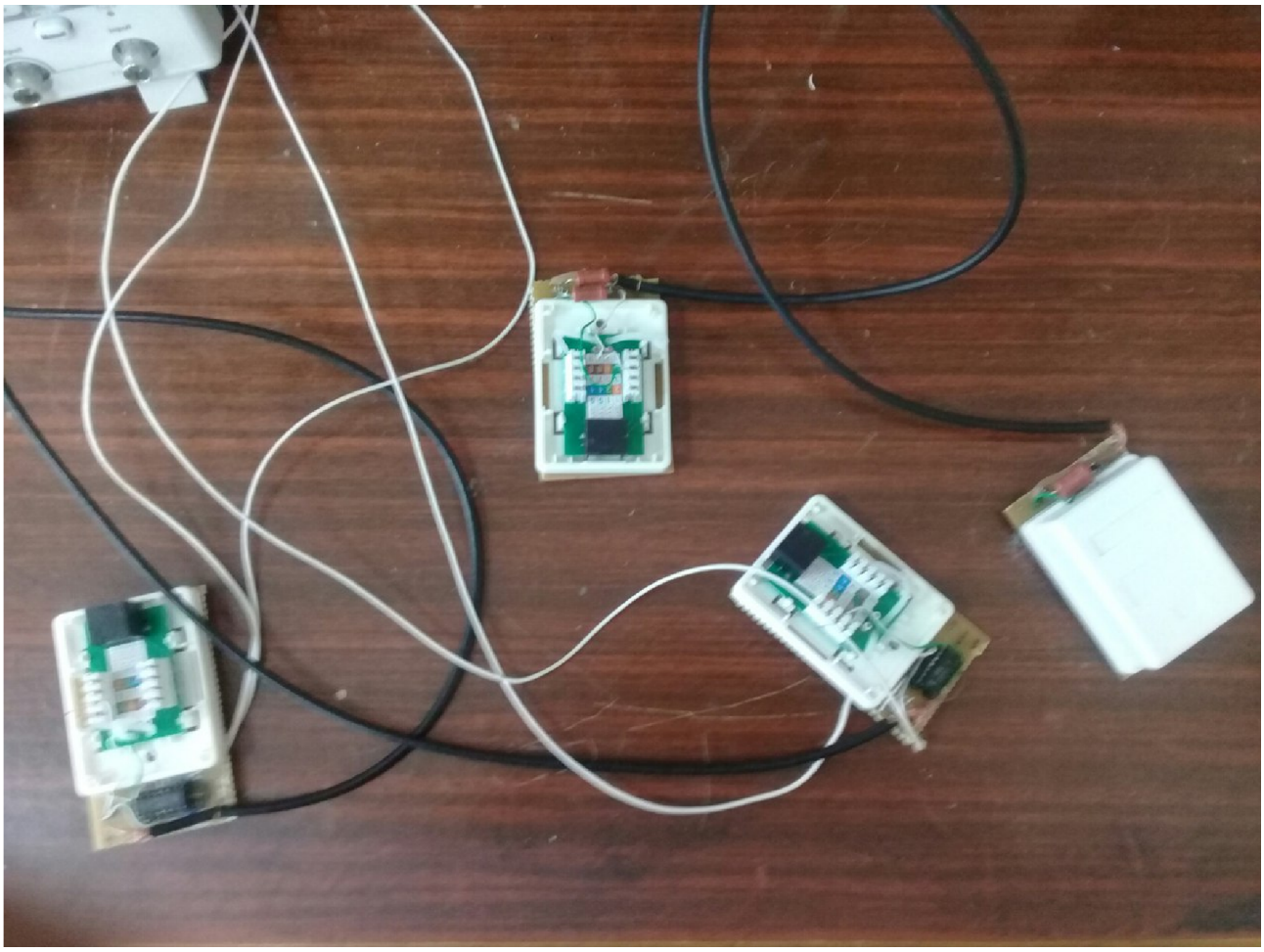

Рисунок 3.3 – Платы для пропускания закодированного сигнала через витую пару

4 Формирование кодов сигнала в линии связи

Для проведения данного лабораторного практикума разработано 6 вариантов: последовательности единицы и нулей, которые студент получает для проведения исследований в соответствии со своим вариантом.

Каждая последовательность представляется в виде 7 кодов:

– NRZ;

– RZ

– NRZI;

– манчестерский код;

– код с чередующейся полярностью импульсов;

– MLT-3;

– 2B1Q.

Для первого варианта выбрана последовательность 01101100011100001111. Далее эта последовательность представляется в виде семи кодов.

Примеры кодов, сформированных для первого варианта в программе ARB Express Applications Ver. 2.4, приведены на рисунках 4.1-4.7.

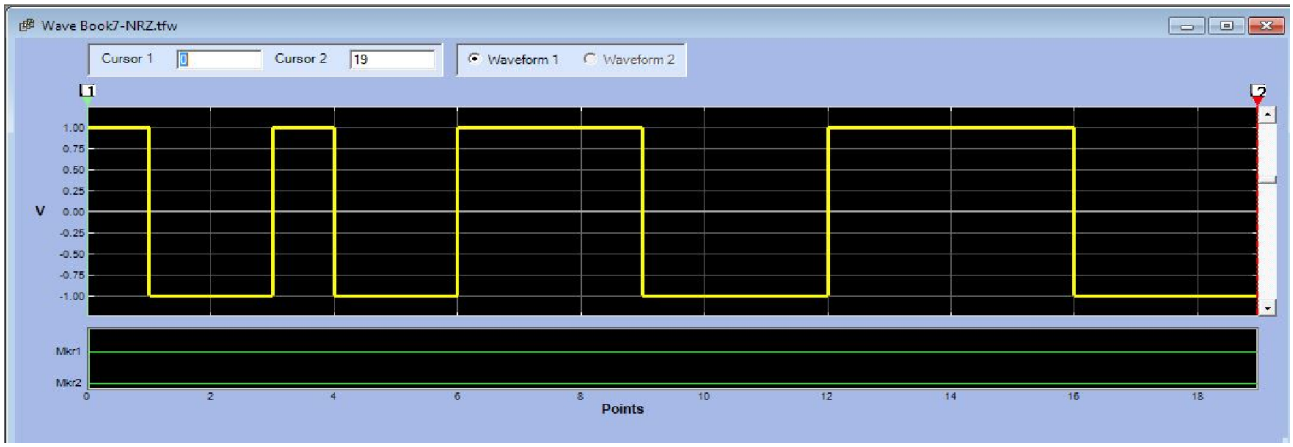

Рисунок 4.1 – Код NRZ

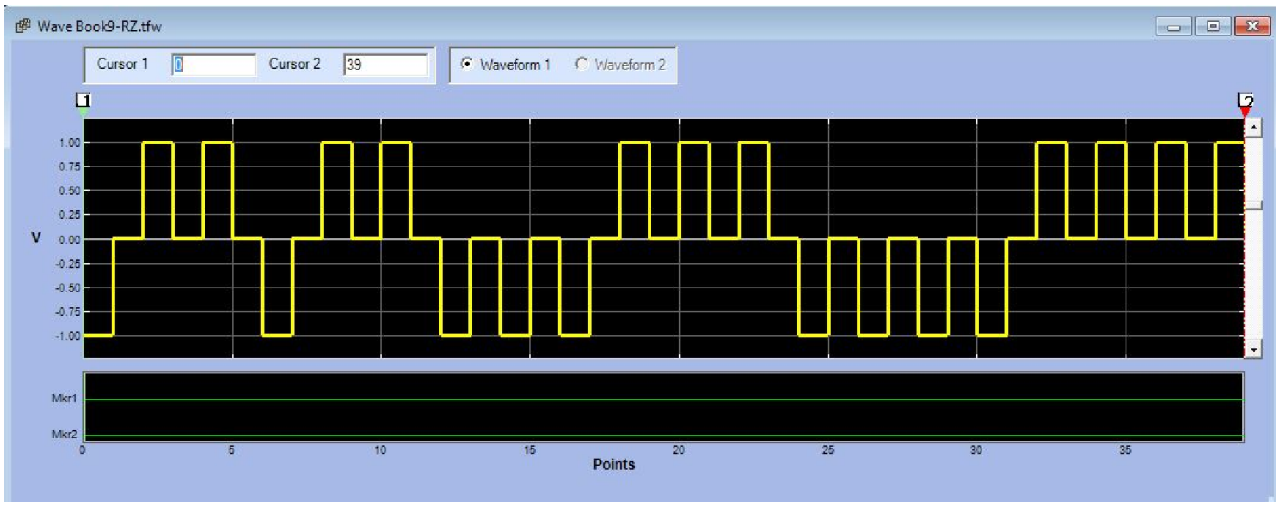

Рисунок 4.2 – Код RZ

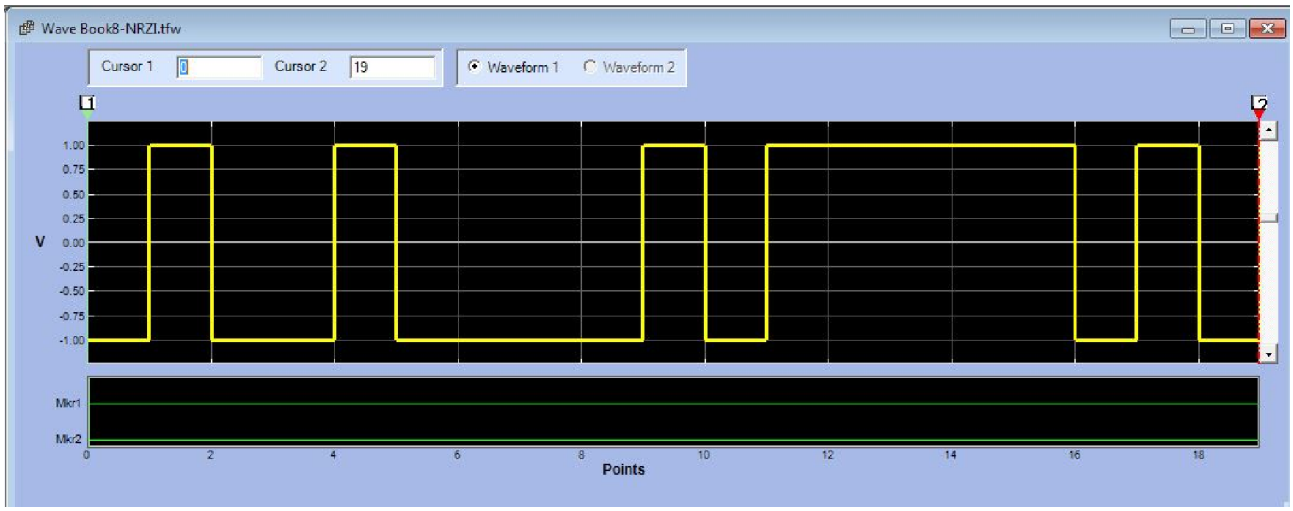

Рисунок 4.3 – Код NRZI

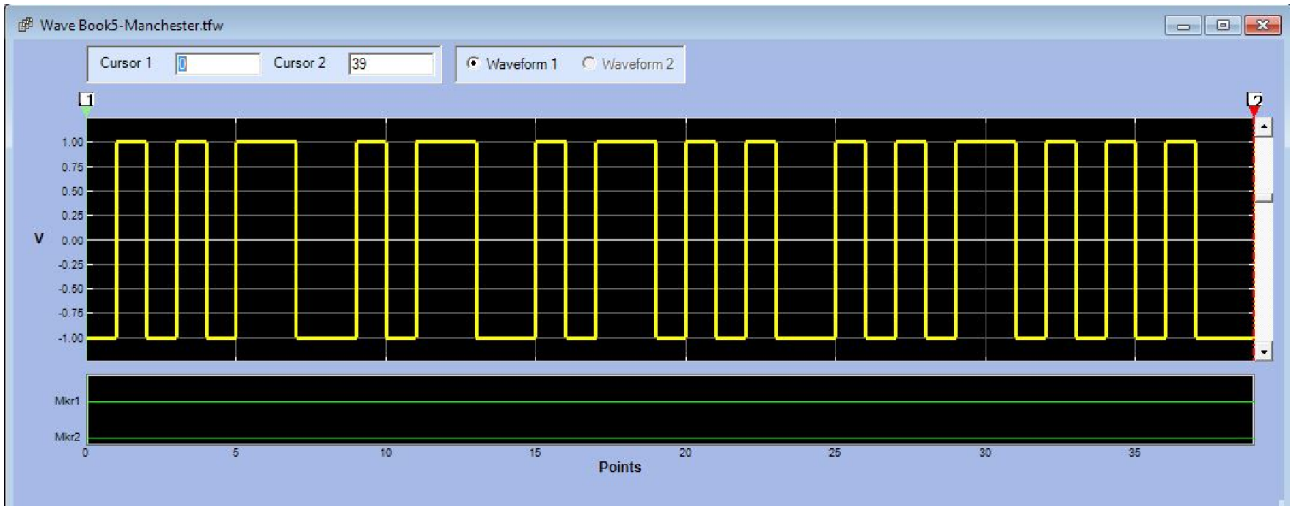

Рисунок 4.4 – Манчестерский код

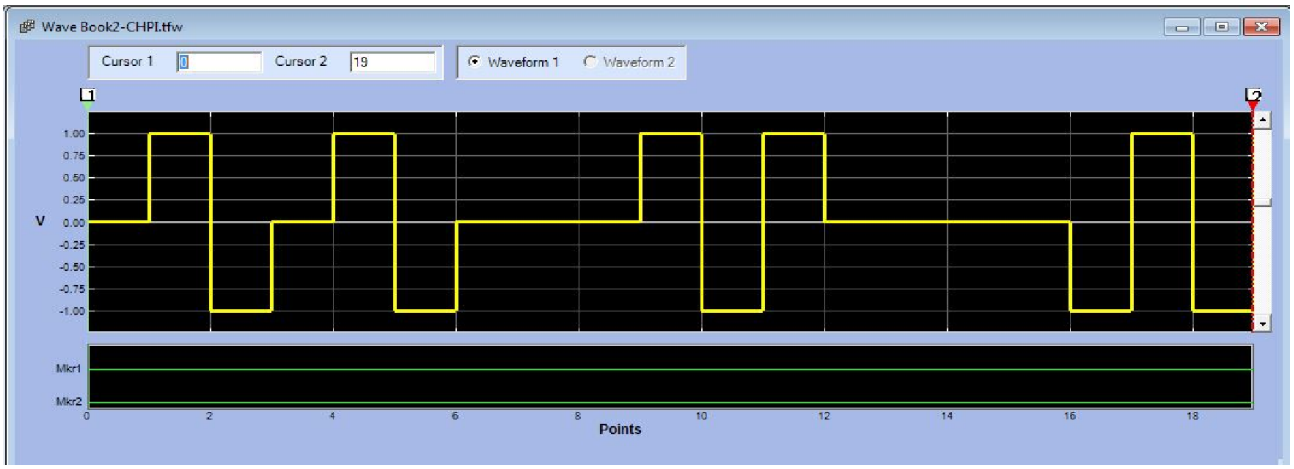

Рисунок 4.5 – Код ЧПИ

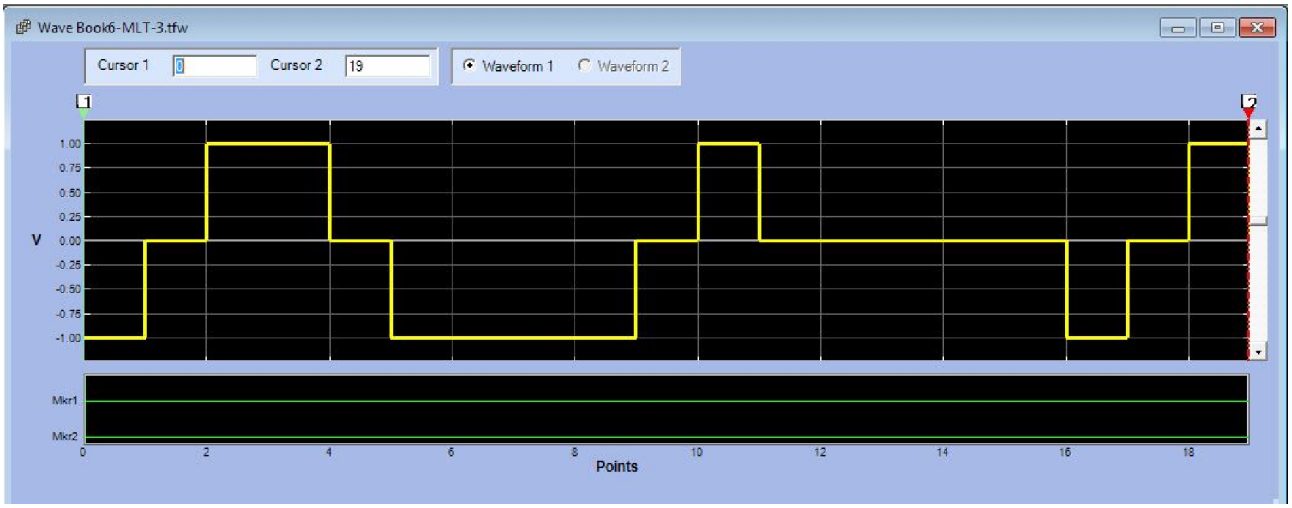

Рисунок 4.6 – Код MLT-3

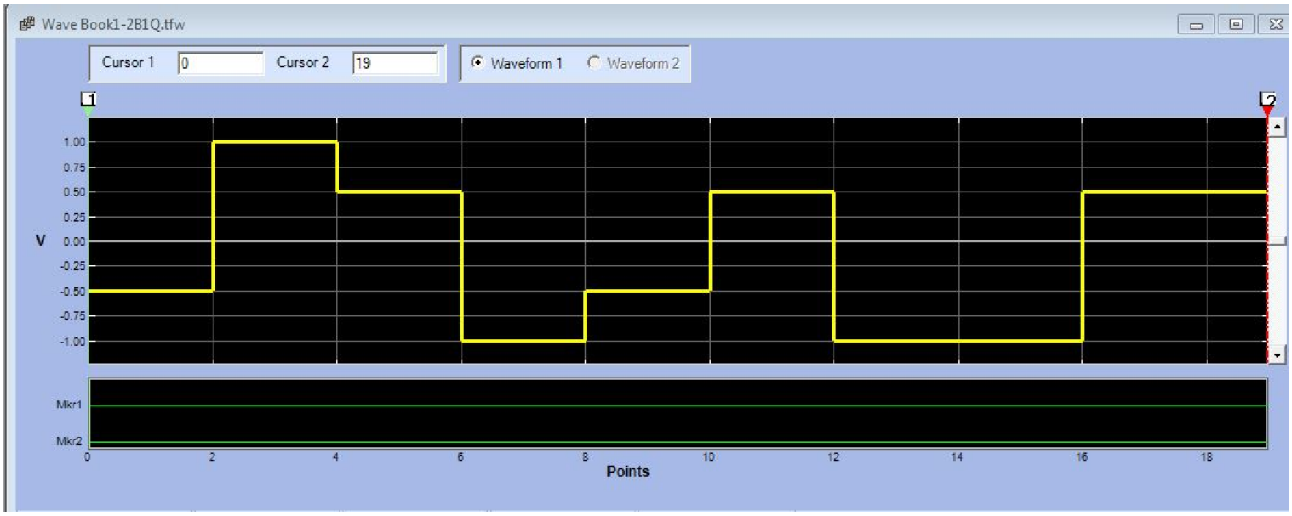

Рисунок 4.7 – Код 2B1Q

После того, как все коды сформированы, они передаются на генератор произвольных сигналов AFG 3102 для дальнейших исследований.

5 Основные характеристики и функции приборов AFG 3102 и TDS 1002B

5.1 Изучение технической документации на генератор сигналов произвольной формы AFG3002 и цифровой запоминающий осциллограф TDS 1002B

В этом разделе представлены технические характеристики генератора сигналов произвольной формы AFG3002 и цифрового запоминающего осциллографа TDS 1002B. Технические характеристики генератора сигналов произвольной формы AFG3002 действительны при соблюдении трех условий:

− генератор сигналов произвольной формы должен быть откалиброван или настроен при температуре окружающего воздуха от плюс 20°C до плюс 30°C;

− генератор сигналов произвольной формы должен проработать непрерывно в течение 20 (двадцати) минут в указанном диапазоне температур;

− прибор должен эксплуатироваться в условиях, когда температура окружающего воздуха, высота над уровнем моря и относительная влажность находятся в пределах, описанных в данных технических характеристиках.

В генераторе встроены три функции:

− генератор функций от 10 МГц до 240 МГц;

− генератор импульсов от 5 МГц до 120 МГц;

− 14-битовый генератор сигналов произвольной формы.

В генераторе предусмотрены цветной или монохромный жидкокристаллический дисплей, изолированная шина заземления, синхронная работа, интерфейс USB-памяти, программное обеспечение ArbExpress, контекстно-зависимая справочная система.

Генератор обеспечивает формирование следующих форм сигнала: синус, прямоугольная, пилообразная, произвольная, функция Sin(x)/x,функция Гаусса, функция Лоренца, нарастающая экспонента,

спадающая экспонента, функция гаверсинуса.

Аппарат обеспечивает частоту от 1 мГц до 50 МГц, амплитуду от 20 мВ до 10 В, продолжительность сигнала от 2 до 131072, частоту дискретизации 250 Мвыб/с. Полное выходное сопротивление составляет 50 Ом.

Генератор работает при температуре от 0 °С до плюс 50 °С, хранится при температуре От минус 30 °С до плюс 70 °С. Высота над уровнем моря не должна превышать 3000 м.

Цифровой запоминающий осциллограф TDS 1002 предназначен для обеспечения точного сбора данных в режиме реального времени во всей полосе частот, для проведения анализа, выявления проблем в цепях, просматривая их частотный спектр.

Функциональные возможности TDS-1002B:

− возможность по синхронизации (запуск по импульсу заданной длительности, видеосинхронизации с выделением строки);

− двойная временная развертка;

− функция быстрого преобразования Фурье (БПФ);

− меню автоустановки с выбором типа сигнала;

− функция “мастер щупов” для проверки согласования импеданса и коэффициента деления пробников;

− контекстно-зависимая подсказка на экране;

− запоминание осциллограмм и установок;

− пользовательский интерфейс на одном из 10 выбранных пользователем языках;

− представление сигнала в режимах среднего и пикового значений.

Ширина полосы частот цифрового запоминающего осциллографа TDS 1002B составляет 60 МГц. Разрядность на каждый дискретный канал равна 8 битам (кроме установки на 2 мВ/дел), диапазон значений от 2 до 5 мВ/дел, длина выборки равна 2500 выборок на каждый канал.

5.2 Получение навыков работы с генератором сигналов произвольной формы AFG3102 и цифровым запоминающим осциллографом TDS 1002B

Чтобы ознакомиться с основными возможностями приборов, необходимо выполнить следующие действия:

1. Включить генератор сигналов произвольной формы.

2. Соединить выход канала 1 (К1) генератора произвольных функций и вход осциллографа с помощью кабеля с BNC разъемами.

3. Выбрать форму сигнала.

4. Включить выход сигнала.

5. Наблюдать сигнал, отображаемый на экране осциллографа.

6. Для выбора параметра сигнала воспользоваться кнопками быстрого доступа на передней панели.

7. Выбрать параметр частота в качестве параметра, который необходимо изменить.

8. С помощью цифровых клавиш изменить значение частоты.

9. Изменить параметры сигнала, используя универсальный манипулятор и клавиши со стрелками.

При включении прибора AFG3102 восстанавливаются значения настроек по умолчанию. Можно задать, чтобы при включении прибора для настроек устанавливались значения, которые были при последнем выключении прибора. Для изменения настроек, устанавливающихся при включении, используется меню сервис:

− Нажмите на передней панели кнопку “Сервис”.

− Нажмите экранную кнопку “Система”.

− Чтобы выбрать, какие настройки будут устанавливаться при включении питания, нажмите экранную кнопку включение питания. При выборе “Последний”, будут загружаться такие же настройки, как при последнем выключении.

Генератор сигналов произвольной формы при включении питания производит ряд проверок оборудования. Кроме того, с помощью меню

“Сервис” можно выполнить диагностику и автокалибровку в ручном режиме. Диагностика – самотетстирование, позволяющее убедиться, что прибор работает должным образом. Автокалибровка – главным образом проверяется точность по постоянному току с помощью внутренних программ калибровки.

Коммуникационный интерфейс генератора сигналов произвольной формы позволяет соединяться или выполнять дистанционное управление вашим прибором. Можно использовать интерфейс USB, Ethernet или GPIB.

Для настройки USB-интерфейса не требуются кнопки передней панели или экранного меню. Передняя панель прибора AFG 3102 приведена на рисунке 5.1. Для подсоединения прибора к ПК используется USB-кабель.

Рисунок 5.1 – Передняя панель прибора AFG3102

В приборе предусмотрены кнопки быстрого доступа. Они позволяют выбрать параметр настройки и ввести цифровое значение, используя элементы управления передней панели. Пользуясь кнопками быстрого доступа, можно выбрать параметр кривой, не обращаясь к экранному меню.

Кнопки быстрого доступа расположены на передней панели прибора под кнопками группы “Режим работы”. Кнопки быстрого доступа приведены на рисунке 5.2.

Рисунок 5.2 – Кнопки быстрого доступа

Если один раз нажать кнопку быстрого доступа “Амплитуда/верх”, становится активным параметр амплитуда. Если еще раз нажать ее, становится активным параметр верхний уровень. Таким же образом можно выбрать параметры для кнопок “Частота/Период”, “Смещений/Нижний”, “Коэф. заполн/Длит.” или “Пер. фронт/зад. фронт”.

В приборе предусмотрены 12 стандартных форм сигнала – синус, прямоугольная, пилообразная, импульсная, функция Sin(x)/x, шум, DC, функция Гаусса, функция Лоренца, нарастающая экспонента, уменьшение по экспоненциальному закону и гаверсинус. Кроме того, прибор имеет возможность отображать заданные пользователем произвольные формы сигналов. Можно создавать, редактировать и сохранять свои собственные формы сигналов.

Для того, чтобы вызвать или сохранить сигнал произвольной формы, нужно нажать на кнопку на передней панели “Правка”. Чтобы вызвать сигнал произвольной формы, нужно выбрать “Читать из…”. При этом отображается страница “Читать форму сигнала”.

Для того, чтобы создать сигнал произвольной формы, нужно нажать на передней панели кнопку “Произвольн.”. Далее следует нажать экранную кнопку “Произвольн. формы сигнала”. При этом на экране отобразится меню сигнала произвольной формы и можно просмотреть список файлов сигналов во внутренней памяти или в USB-памяти.

На приборе TDS-1002b установлено программное обеспечение OpenChoice®PC Communications. Оно обеспечивает простоту регистрации

сигналов, сохранения и анализа результатов измерений. Осциллограммы и данные осциллограмм просто переносятся с экрана в автономное приложение на рабочем столе или непосредственно в Microsoft Word либо в Excel. Помимо OpenChoice, дополнительные возможности, включая расширенные средства анализа, дистанционное управление осциллографом и анализ осциллограмм в реальном времени, предоставляет программное обеспечение National Instruments SignalExpress Tektronix Edition. Если применение компьютера нежелательно, можно распечатать снимок непосредственно с осциллографа на любом принтере, совместимом с PictBridge, подключенном к USB-порту устройства. На устройстве предусмотрена передняя, боковая и задняя панель. Передняя, боковая и задняя панель приведены на рисунках 5.3-5.4.

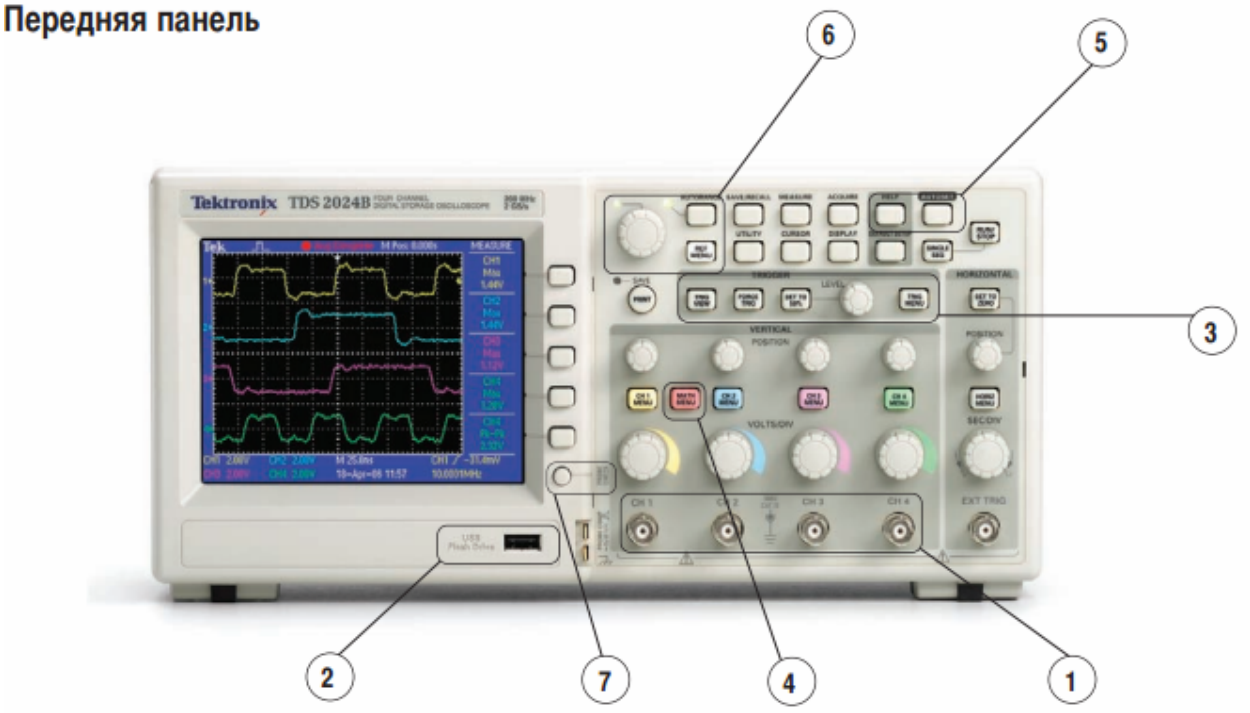

Рисунок 5.3 – Передняя панель прибора TDS 1002B

1 - цифровая обработка в реальном масштабе времени – быстрая отладка и определение характеристик различных сигналов одновременно по четырем каналам благодаря уникальной технологии цифровой регистрации в реальном масштабе времени (DRT), разработанной в корпорации Tektronix.

Эта технология дискретизации позволяет регистрировать

высокочастотные данные, например выбросы и аномалии фронта, которые пропускаются другими осциллографами такого класса.

2 - основной порт USB – обычно используется для подсоединения запоминающего устройства USB, предназначенного для хранения настроек осциллографа, снимков экрана и данных осциллограммы для дальнейшего использования. Кроме того, основной порт USB используется при обновлении микропрограммного обеспечения прибора.

3 - усовершенствованные способы синхронизации – быстрый захват нужного события осуществляется с помощью усовершенствованных способов синхронизации, включая синхронизацию по длительности импульса и синхронизацию по видеосигналу с выбором строки.

4 - простые и точные встроенные средства анализа – быстрое преобразование Фурье (БПФ) и математические функции сложения, вычитания и умножения имеются на всех моделях. Функция БПФ позволяет выводить на экран спектры в частотной области, быстро проводить анализ гармонических искажений и другие виды анализа в частотном представлении.

5 - простота настройки и эксплуатации – настройка упрощена благодаря «разумной» функции автоустановки, которая определяет тип осциллограммы, настраивает органы управления так, чтобы получить на экране приемлемый снимок входного сигнала и позволяет выбрать способ представления осциллограммы на экране (например, один период или несколько периодов).

6 - удобный пользовательский интерфейс – наиболее часто используемые функции вынесены на панель для прямого доступа (например, кнопка одиночного запуска, кнопка печати и кнопка настройки по умолчанию). Специальная кнопка опорного сигнала позволяет быстро вывести на экран сохраненную осциллограмму для сравнения. Функция автоматического диапазона автоматически масштабирует каждую осциллограмму при перемещении пробника от одной измерительной точки к

другой.

7 - мастер проверки пробника – выполняет быструю проверку калибровки и правильности работы пробника.

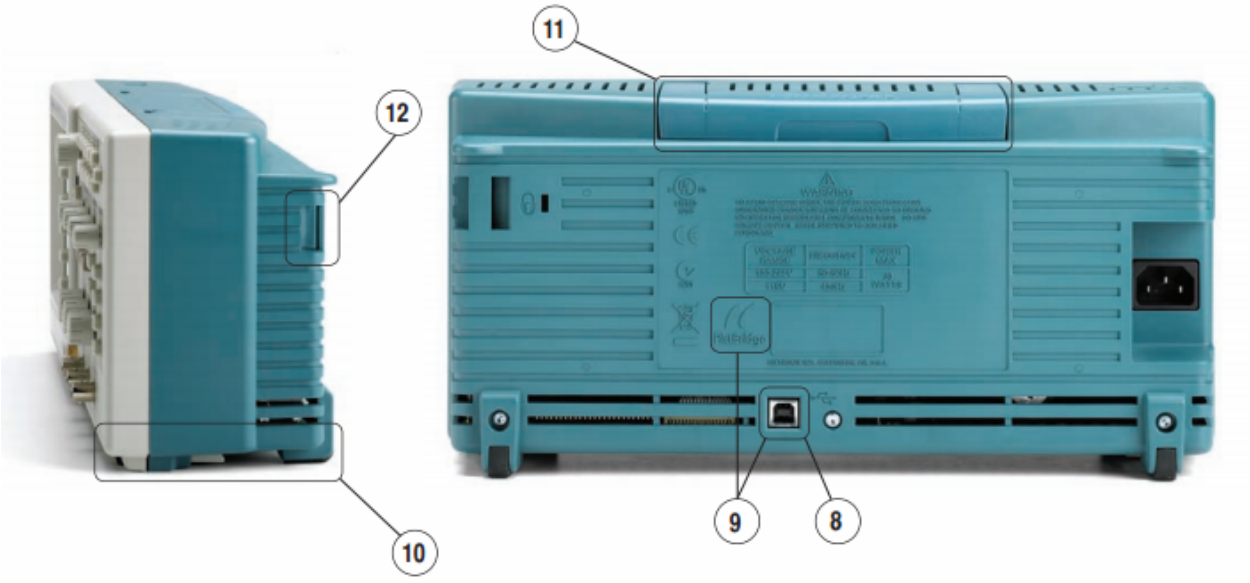

Рисунок 5.4 – Боковая и задняя панель аппарата TDS 1002B

8 - подключение к компьютеру с помощью порта устройств USB Port Combined и программного обеспечения OpenChoice® и NI SignalExpress® TE – упрощен обмен информацией с другими измерительными приборами, периферийными устройствами или системами по шинам USB или GPIB (дополнительная возможность). Порт устройств USB обеспечивает полный программный контроль над автоматическими измерениями, удаленное отображение и архивацию. Программа обмена данными OpenChoice и программа обеспечения интерактивных измерений NI SignalExpress TE предназначены для облегчения интеграции прибора с персональным компьютером без программирования и позволяют передавать данные осциллограмм, снимки экрана и настройки для передней панели с осциллографа на персональный компьютер. Обе программы обеспечивают передачу данных в автономное приложение на рабочем столе, в Microsoft Word или Microsoft Excel. Программное обеспечение NI SignalExpress TE предоставляет дополнительные возможности, включая усовершенствованные средства анализа, удаленное управление

осциллографом и анализ осциллограмм в реальном масштабе времени.

9 - непосредственная печать через порт устройств USB и принтер стандарта PictBridge® – снимки экрана распечатываются непосредственно с осциллографа на любом принтере, совместимом с PictBridge, подключенном через порт устройства USB. На каждом снимке можно указать дату, время, модель прибора и серийный номер прибора (если эта функция поддерживается принтером).

10 - Компактный прибор глубиной всего 124,2 мм – позволяет освободить дефицитное место на рабочем столе.

11 - встроенная ручка – для удобства переноски этого легкого (2,0 кг) портативного прибора в полевых условиях, в другое помещение или на другой этаж здания.

12 - встроенная проушина и замок Kensington Lock – служат для крепления осциллографа на месте в случае необходимости. Прорезь под замок Kensington или тросик (для защиты от краж).

В приборе предусмотрены различные режимы сбора данных.

Режим обнаружения пиков – регистрация высокочастотных сигналов и случайных выбросов. Регистрируются выбросы длительностью всего 12 нс (типичное значение) при использовании оборудования для сбора данных на всех настройках горизонтальной развертки от 5 мкс/дел до 50 с/дел.

Выборка – только выборка данных.

Усреднение – выбирается число усредняемых осциллограмм: 4, 16, 64, 128.

Одиночный запуск – кнопка одиночного запуска используется для запуска одиночного цикла регистрации данных.

6 Методика проведения экспериментальных исследований непреднамеренных деструктивных воздействий на витую пару

Студент получает номер варианта у преподавателя, согласно которому выбирает последовательность. Данную последовательность студент должен сам представить в виде семи кодов:

- NRZ;
- RZ;
- NRZI;
- Манчестерский;
- ЧПИ;
- MLT-3;
- 2B1Q.

Представление последовательностей в формате данных кодов описано в первом разделе.

После правильного выполнения данного задания, студент получает подготовленные файлы кодов его варианта в программе ARB Express Applications Ver. 2.4, примеры которых приведены в четвертом разделе.

Сначала собирается схема без воздействия дестабилизирующих факторов. К BNC разъему Output первого канала генератора подключается кабель от BNC разъема первого канала цифрового запоминающего осциллографа TDS 1002B. Расположение BNC разъемов приведено на рисунках 6.1-6.2.

После этого необходимо включить приборы AFG 3102 и TDS 1002B. Расположение кнопок включение приведено на рисунках 6.3-6.4.

После включения приборов, необходимо включить передачу по первому каналу на генераторе AFG 3102. Для этого необходимо нажать на кнопку “On”. После нажатия, кнопка “On” должна загореться. Расположение кнопки “On” приведено на рисунке 6.5.

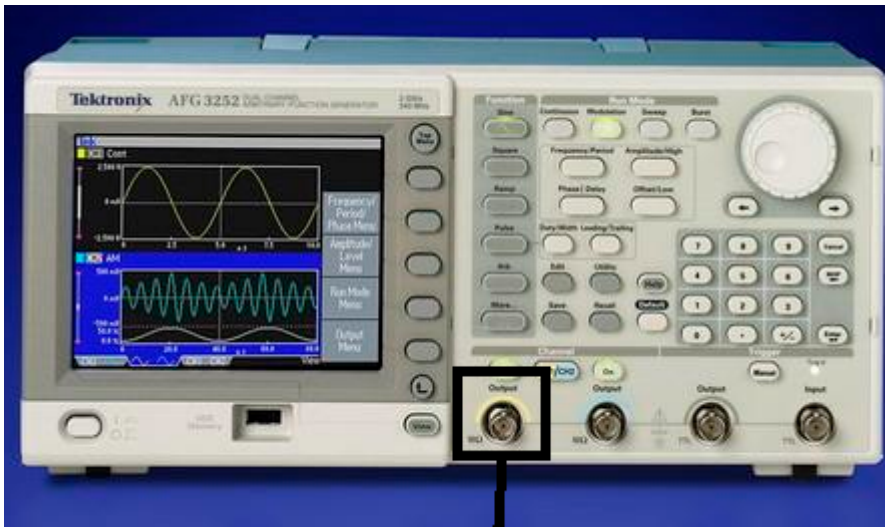

Рисунок 6.1 – BNC разъем на генераторе AFG 3102

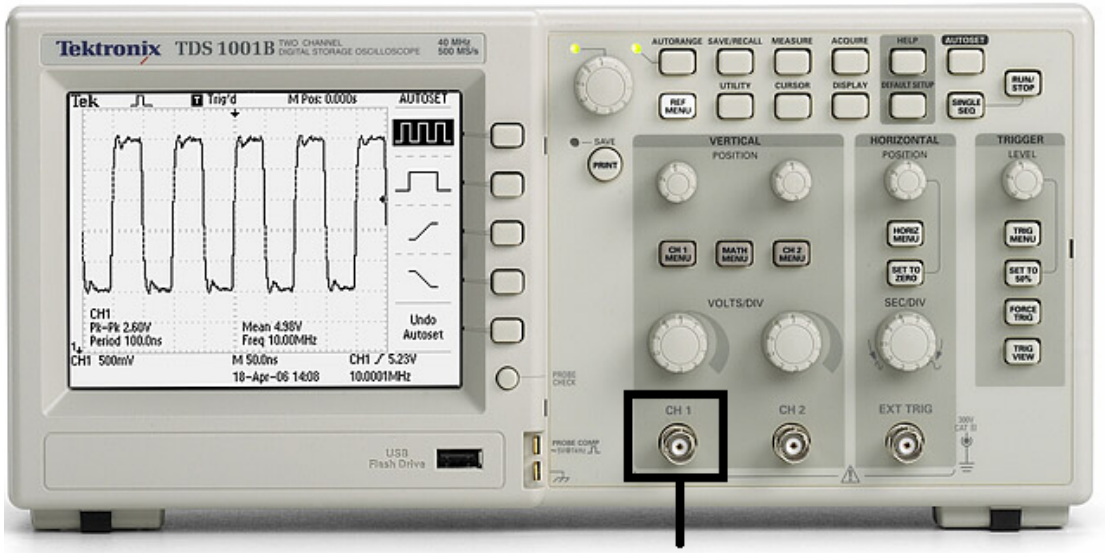

Рисунок 6.2 – BNC разъем на осциллографе TDS 1002B

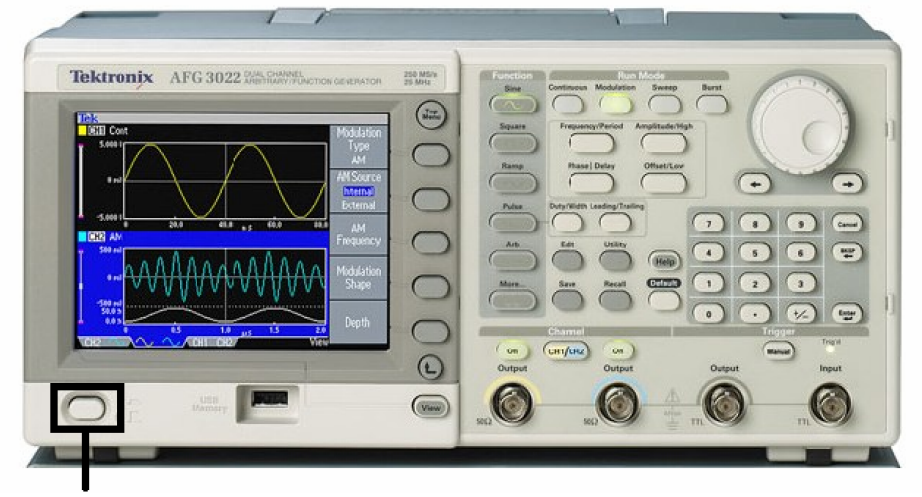

Рисунок 6.3 – Расположения кнопки включения на генераторе AFG 3102

Рисунок 6.4 – Расположения кнопки включения на осциллографе TDS 1002B

Рисунок 6.5 – Расположение кнопки On

Получив Flash-носитель у преподавателя, его необходимо подключить к USB-порту генератора AFG 3102. Расположение USB-порта на генераторе AFG 3102 приведено на рисунке 6.6. Далее следует нажать кнопку “Правка”. Расположение кнопки “Правка” приведено на рисунке 6.7. На экране появится меню, в котором нужно выбрать пункт “Читать из…”. Для этого необходимо нажать на кнопку, соответствующую пункту “Читать из…”. Расположение кнопки приведено на рисунке 6.8. В следующем меню необходимо выбрать пункт “память USB”. Для этого необходимо нажать на кнопку, соответствующую пункту “память USB”. Расположение кнопки приведено на рисунке 6.9. После этого нужно выбрать регулятором каталог с нужным вариантом. Расположение регулятора приведено на рисунке 6.10. После этого необходимо выбрать пункт “Сменить каталог. Для этого

необходимо нажать на кнопку, соответствующую пункту “Сменить каталог”. Расположение кнопки приведено на рисунке 6.11. Выбрав каталог нужного варианта, выбрать каталог “без воздействия”. После этого регулятором необходимо выбрать файл кода и нажать на кнопку “Чтение”. Расположение кнопки “Чтение” приведено на рисунке 6.12. Для отображения данного файла, необходимо выбрать произвольный тип сигнала. Для этого необходимо нажать на кнопку “Произвольн.”. Расположение кнопки “Произвольн.” приведено на рисунке 6.13. Далее следует провести исследования без воздействия дестабилизирующих факторов со всеми семью кодами.

Рисунок 6.6 – Расположение USB-порта у генератора AFG 3102

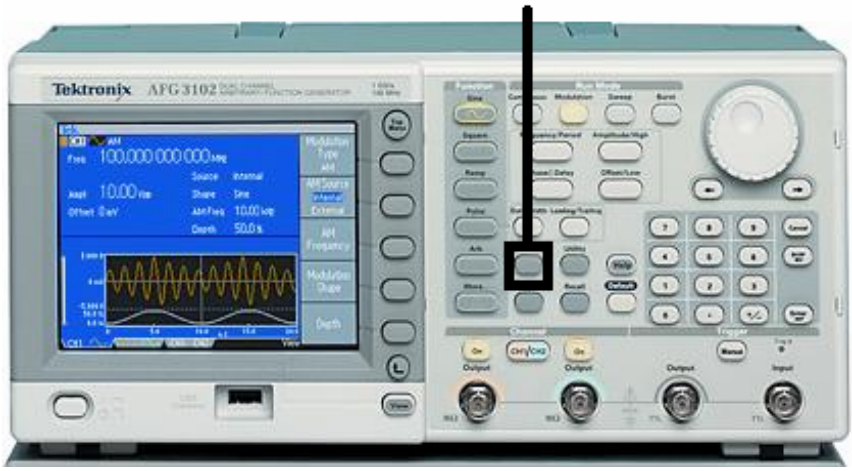

Рисунок 6.7 – Расположение кнопки “Правка”

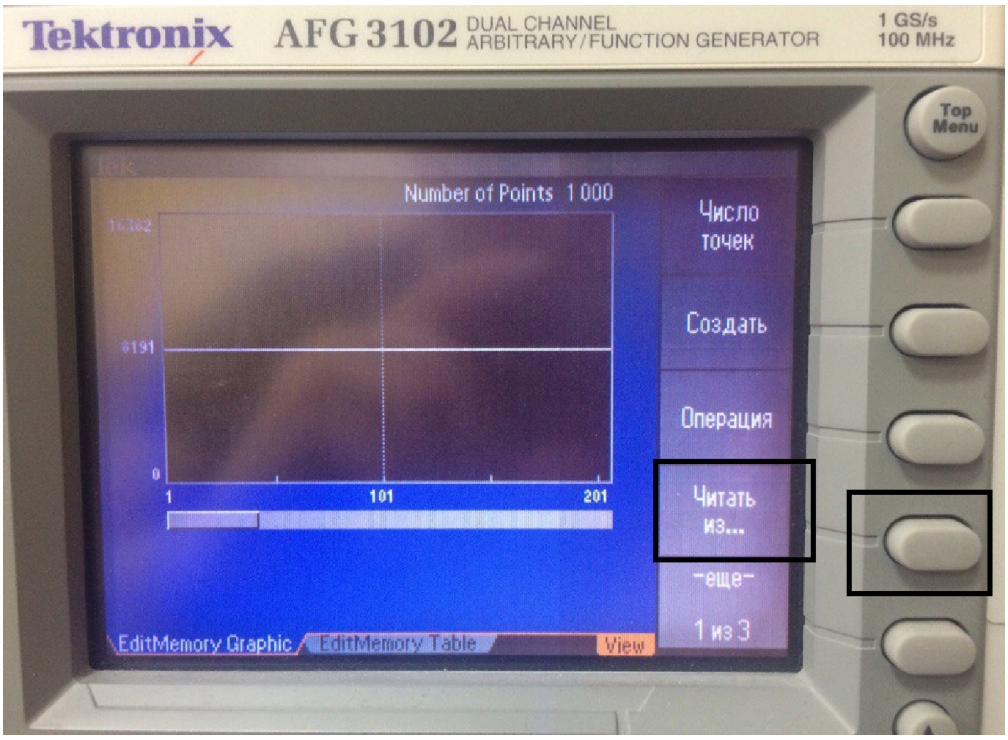

Рисунок 6.8 – Расположение кнопки “Читать из…”

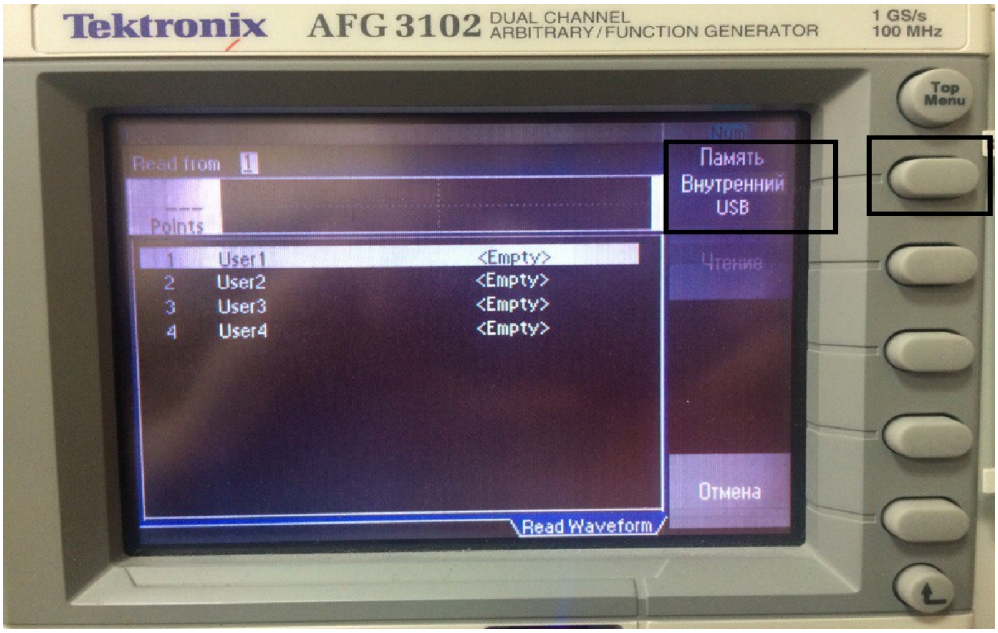

Рисунок 6.9 – Расположение кнопки “память USB”

Рисунок 6.10 – Расположение регулятора на генераторе AFG 3102

Рисунок 6.11 – Расположение кнопки “Сменить каталог”

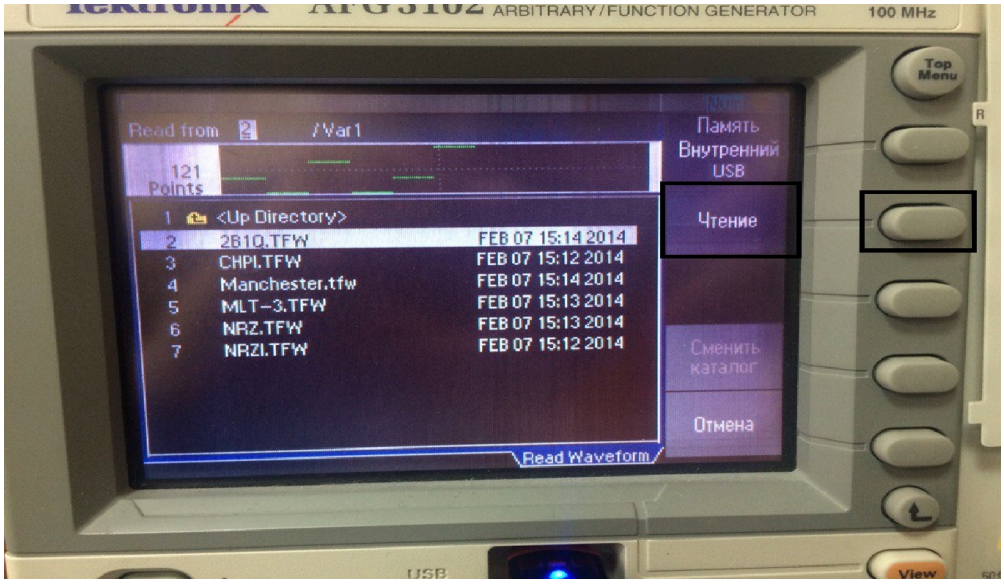

Рисунок 6.12 – Расположение кнопки “Чтение”

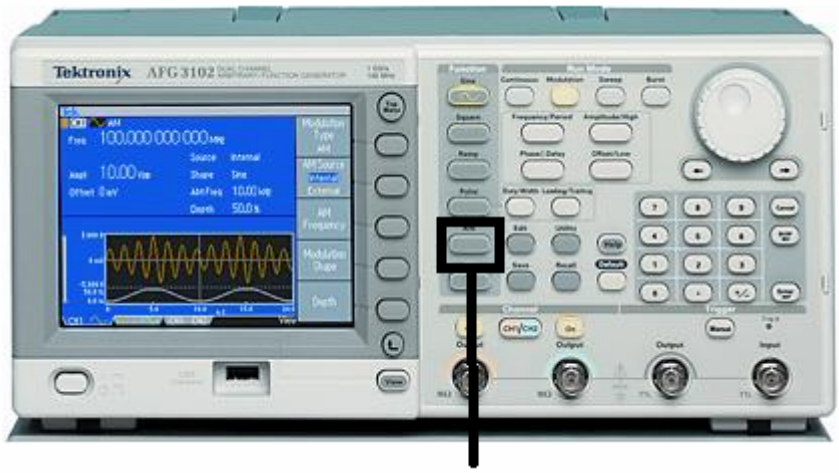

Рисунок 6.13 – Расположение кнопки “Произвольн.”

После этого, на осциллографе TDS 1002B нужно получить временную функцию. Для этого нужно нажать кнопку “Автоустановка”. Расположение данной кнопки приведено на рисунке 6.14.

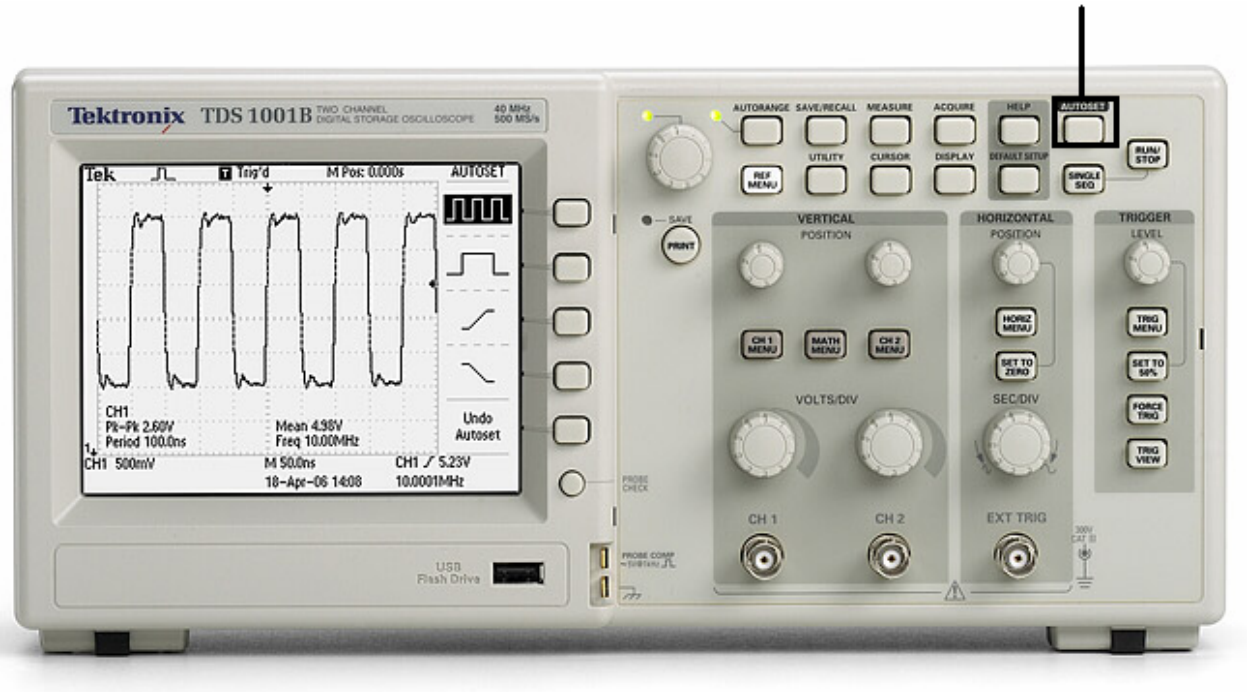

Рисунок 6.14 – Расположение кнопки “Автоустановка”

Сохранить изображение можно непосредственно с осциллографа. Для сохранения с осциллографа, необходимо вставить Flash - носитель в USB-порт и нажать на кнопку Print, расположенную на передней панели осциллографа. Расположение кнопки “Print” приведено на рисунке 6.15, расположение USB-порта приведено на рисунке 6.16.

Чтобы получить спектральную функцию, нажмите кнопку Math

(математика), расположенной на передней панели осциллографа. Расположение кнопки “Math” (математика) приведено на рисунке 6.17.

Для удобства отображения на осциллографе предусмотрены регуляторы отображения по оси X и по оси Y. Расположение данных регуляторов приведено по оси X на рисунке 6.18, по оси Y на рисунке 6.19.

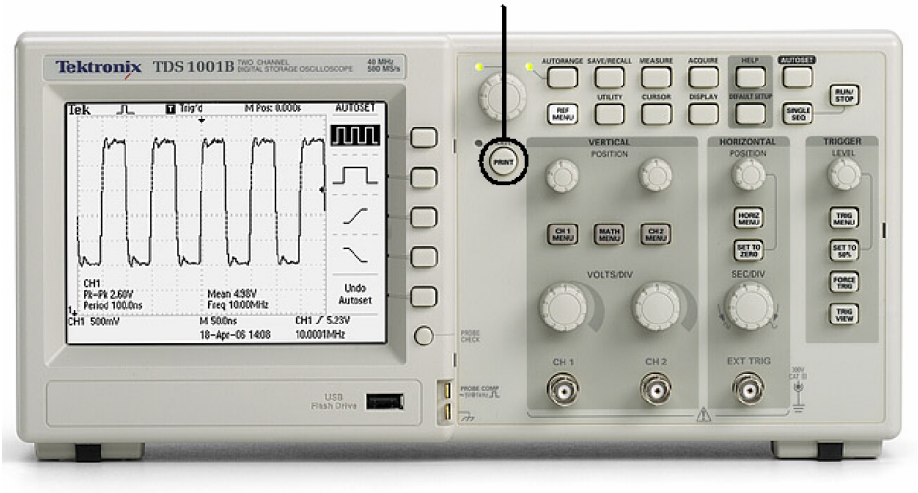

Рисунок 6.15 – Расположение кнопки “Print”

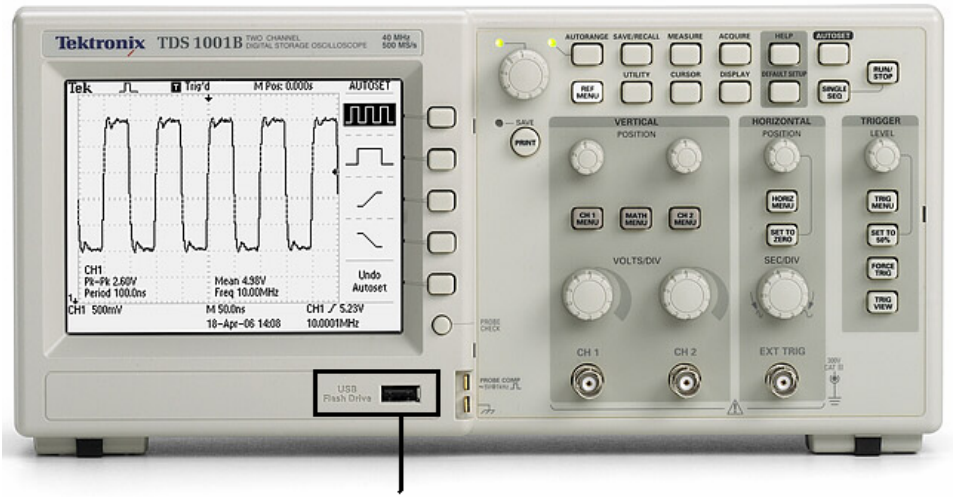

Рисунок 6.16 – Расположение USB порта

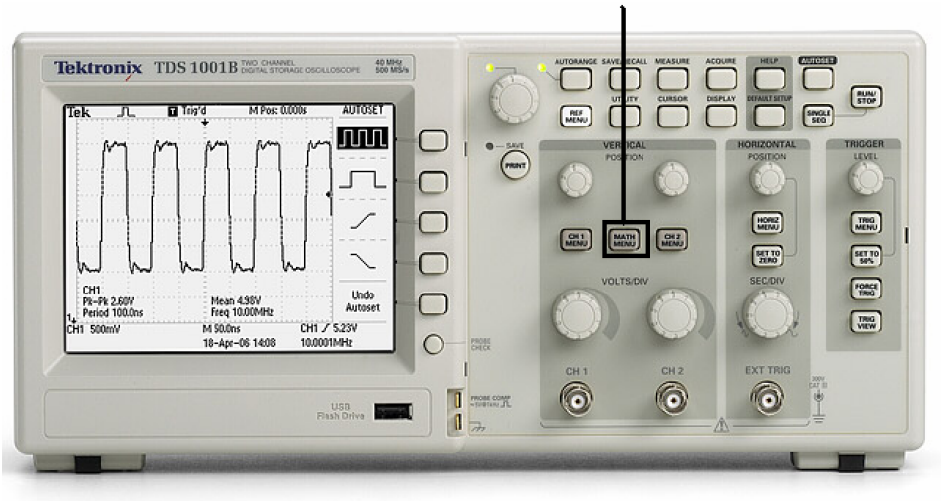

Рисунок 6.17 – Расположение кнопки “Math” (математика)

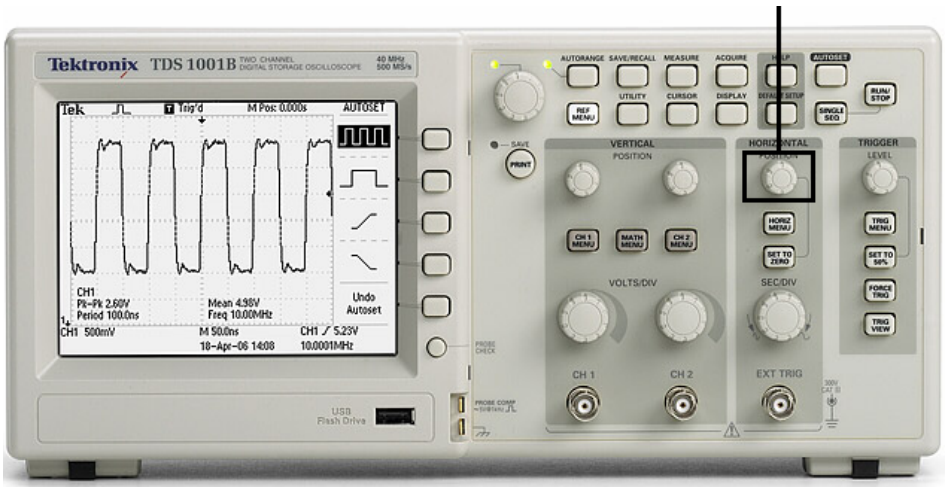

Рисунок 6.18 – Расположение регуляторов по оси X

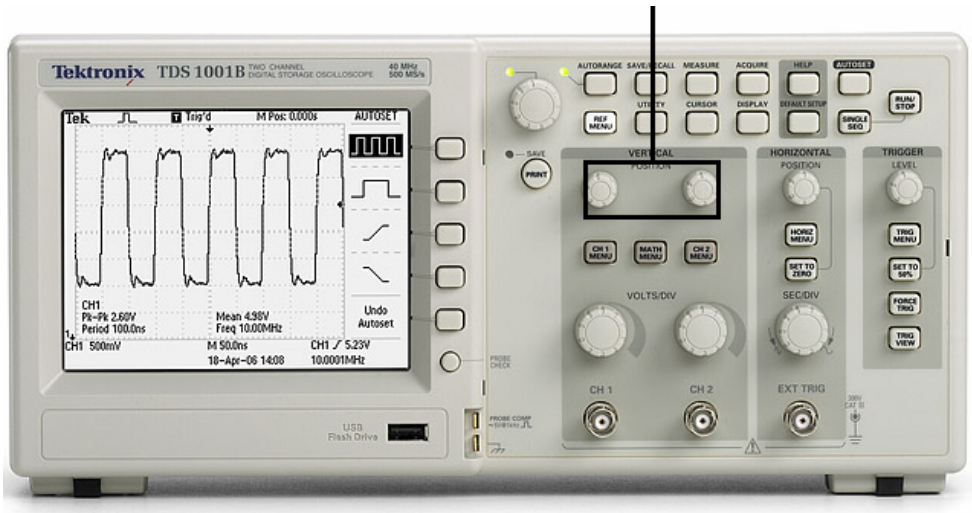

Рисунок 6.19 – Расположение регуляторов по оси Y

Регулятором по оси X нужно выставить изображение спектра таким образом, чтобы был виден первый провал. Пример расположения рисунка на осциллографе приведен на рисунке 6.20.

После этого в меню Окно следует выбрать Хеннинга. Расположение кнопки, отвечающей за настройку данного меню, приведено на рисунке 6.21.

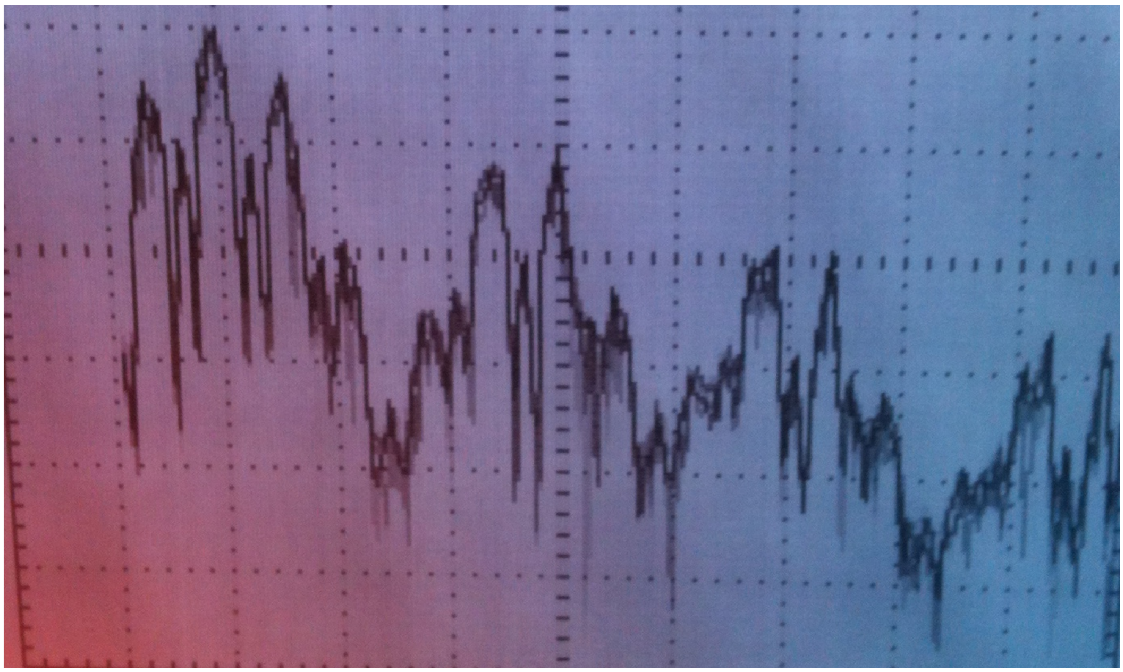

Рисунок 6.20 – Расположение рисунка спектра на осциллографе

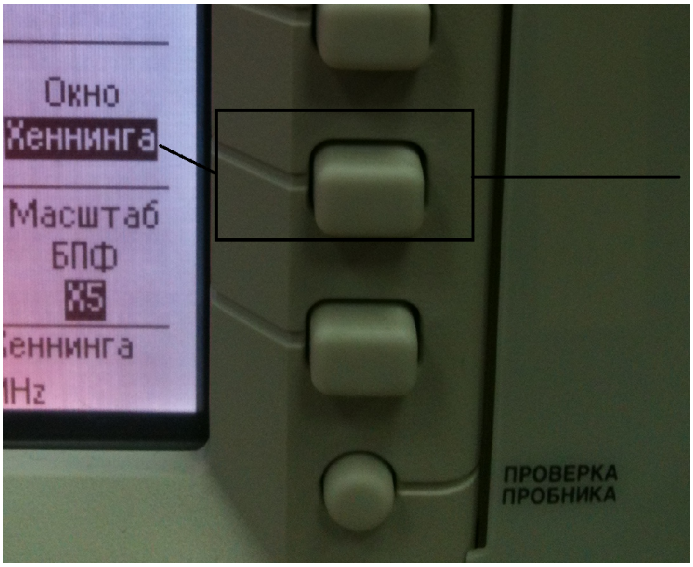

Рисунок 6.21 – Расположение кнопки, отвечающей за настройку меню Окно

Также следует выставить наиболее удобный для изучения масштаб БПФ, в данном случае это X5. Для этого необходимо нажать на кнопку, отвечающую за изменение масштаба БПФ. Расположение кнопки приведено на рисунке 6.22. После этого регулятором расположения по оси X нужно

подвинуть функцию до первого провала. Масштаб станет X2. После этого нужно еще раз нажать на кнопку, отвечающую за изменение масштаба БПФ и регулятором расположения по оси X нужно подвинуть функцию до первого провала.

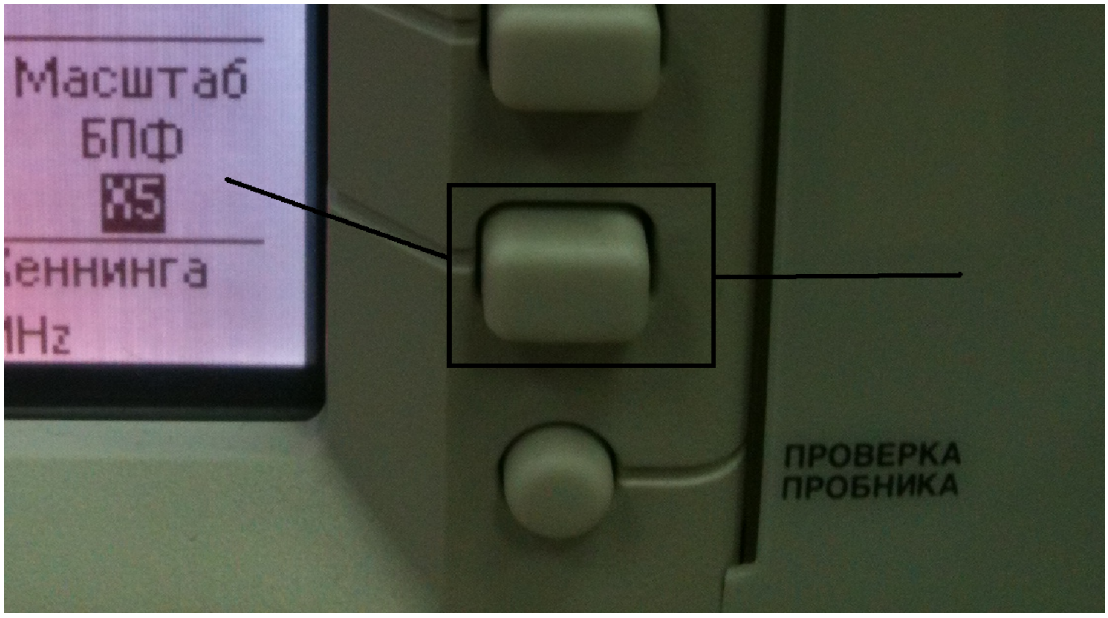

Рисунок 6.22 – Расположение кнопки, отвечающей за настройку меню Масштаб БПФ

Также для удобства изучения задается масштаб отображения спектра. Он выставляется при помощи регулятора. Расположение регулятора приведено на рисунке 6.23. Нужно выставить масштаб 10 МГц. Место отображения масштаба на осциллографе приведено на рисунке 6.24. При изменение масштаба, необходимо регулятором по оси X двигать изображение так, чтобы первый провал спектра оставался в поле зрения.

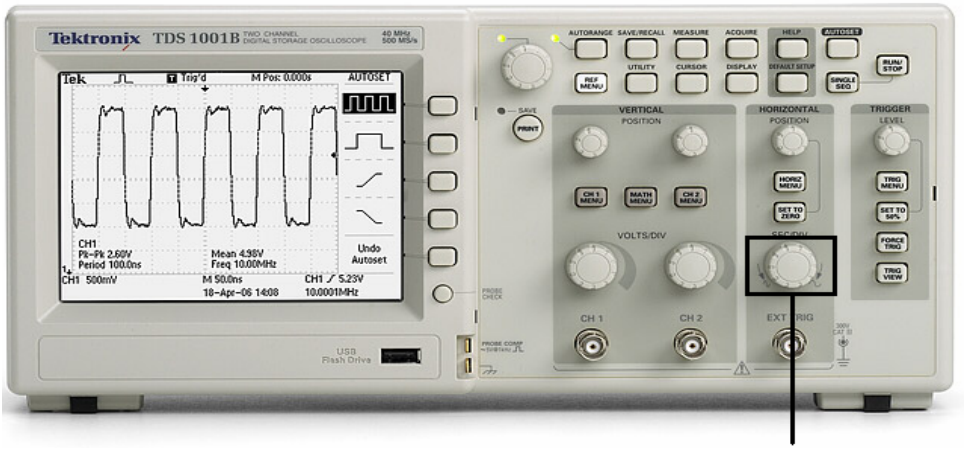

Рисунок 6.23 – Расположение регулятора масштаба

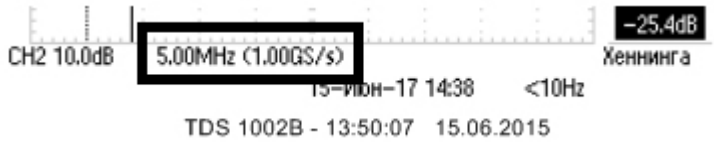

Рисунок 6.24 – Отображение масштаба на осциллографе

Для проведения измерений на каком-то из участков спектра, нужно нажать кнопку “Курсор”. Расположение кнопки “Курсор” приведено на рисунке 6.25 в появившемся меню “Тип” выбрать “Частота”, в "Источник” выбрать “Матем.”. Расположение этих меню приведено на рисунке 6.26. Далее при помощи регулятора курсор устанавливается на нужную позицию и справа на мониторе осциллографа можно посмотреть значение частоты. Расположение данного регулятора приведено на рисунке 6.27. Расположение значений частот приведено на рисунке 6.28. Для выбора первого курсора нужно нажать на кнопку ”Курсор 1”. Расположение кнопки “Курсор 1” приведено на рисунке 6.28. Далее подвести его к первому провалу, после чего выбрать второй курсор, нажав на кнопку “Курсор 2”, подвести ко второму провалу и замерить ширину спектра. Расположение кнопки “Курсор 2” приведено на рисунке 6.28.

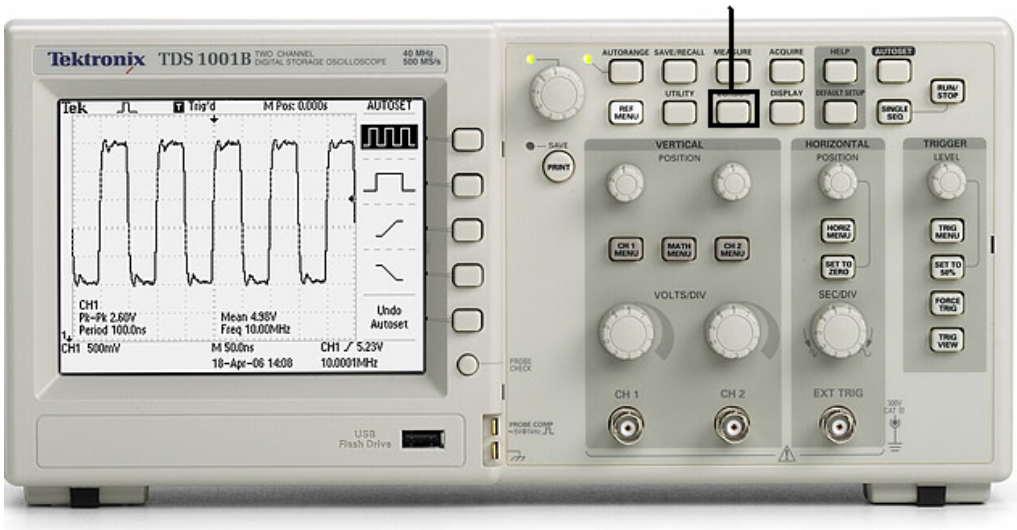

Рисунок 6.25 – Расположение кнопки Курсор

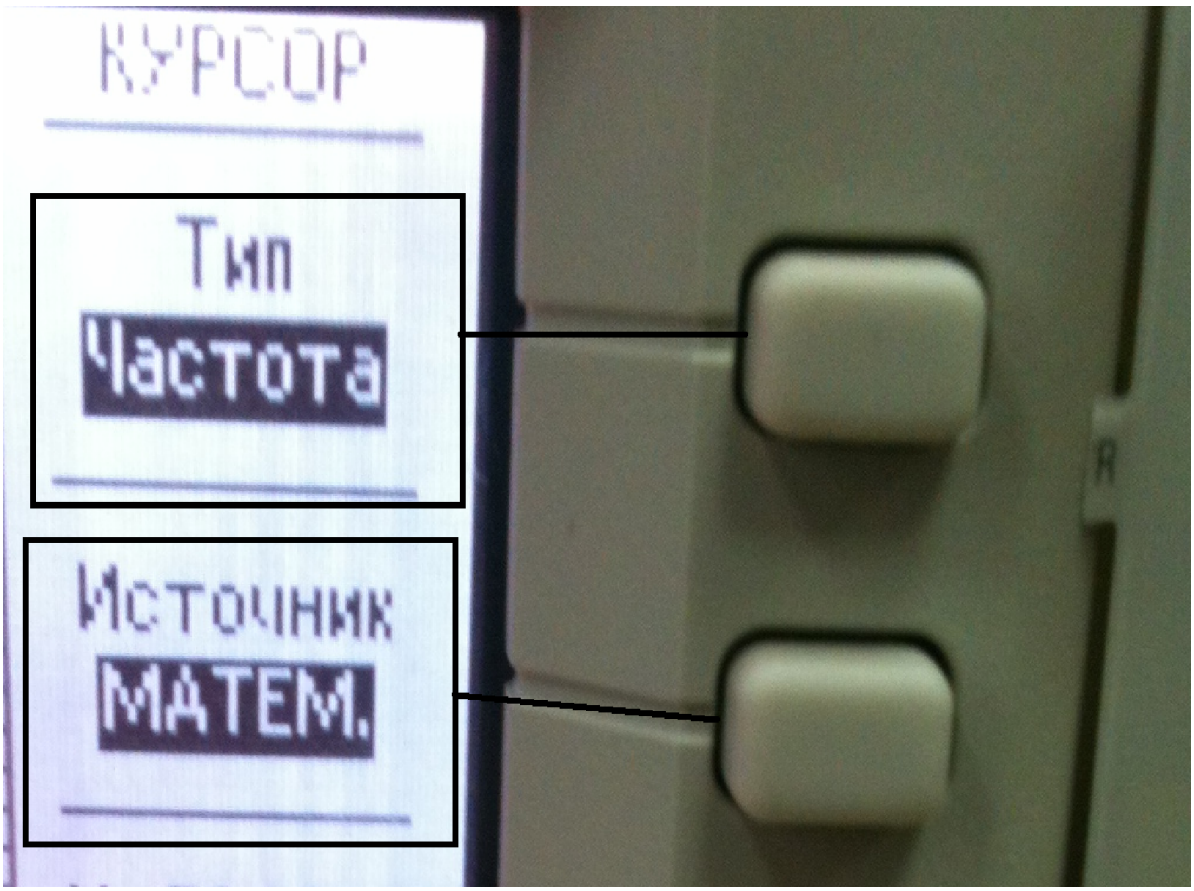

Рисунок 6.26 – Расположение меню Тип и Источник

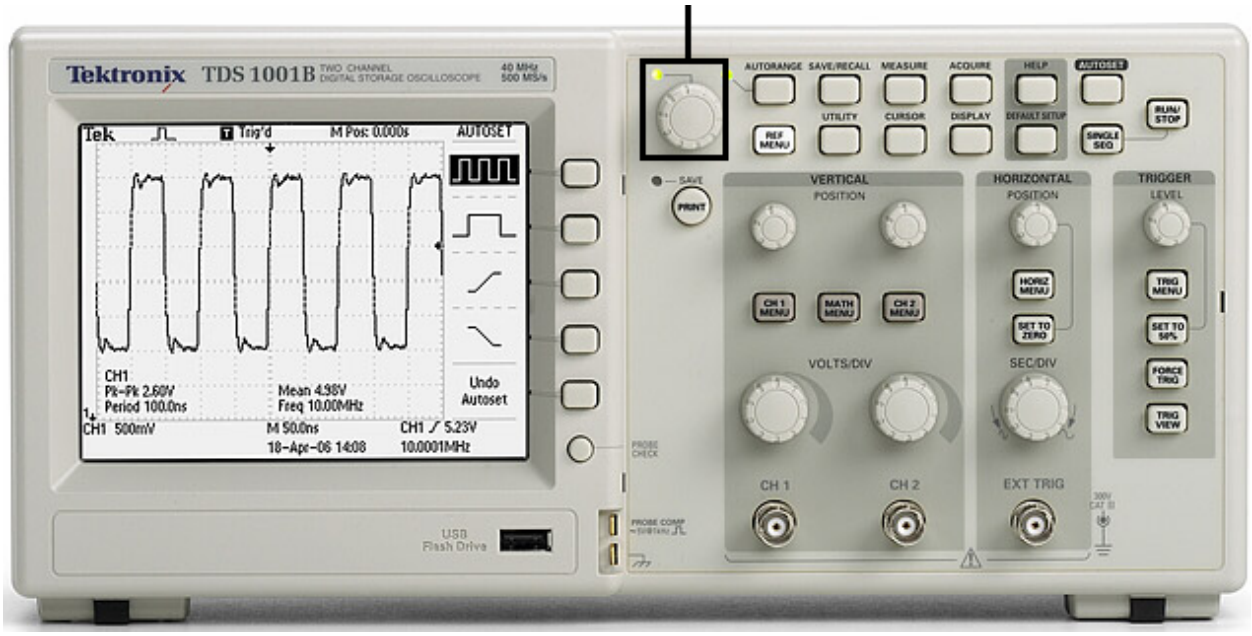

Рисунок 6.27 – Расположение регулятора курсора

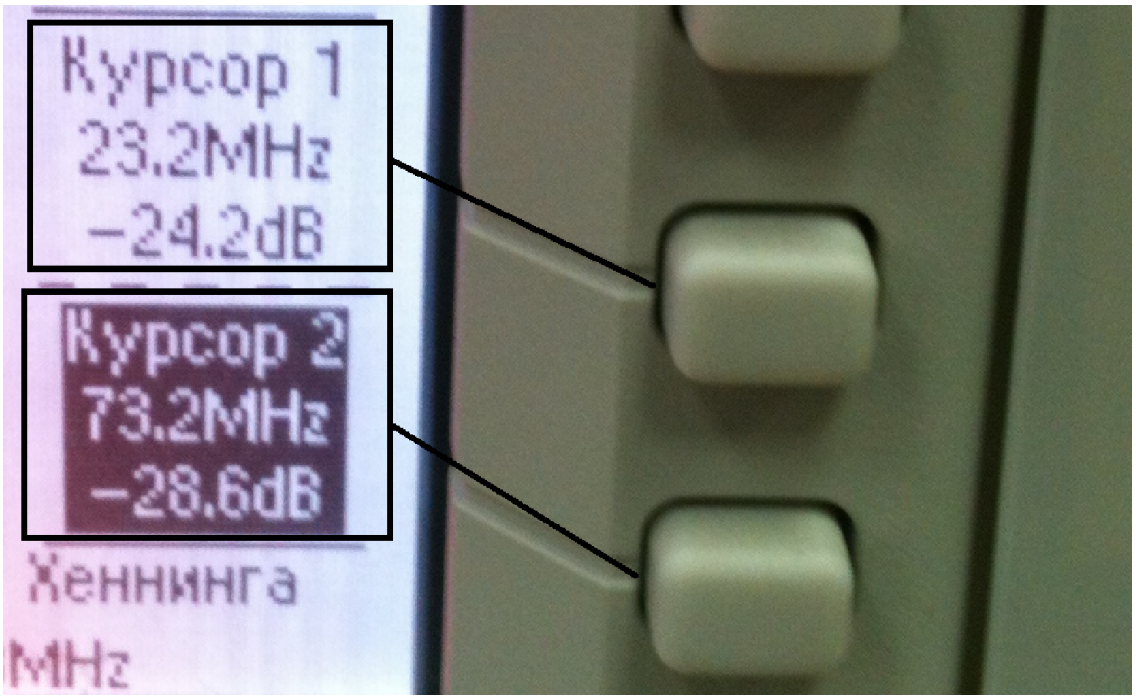

Рисунок 6.28 – Расположение значений частоты

Для сохранения изображения спектральной функции также нужно использовать кнопку Print.

Таким образом следует провести исследования семи кодов, сохранив рисунки временной и спектральной функции с показаниями частоты для отчета и выводов.

После того, как все семь кодов рассмотрены в линии без воздействия дестабилизирующих факторов, собирается схема с воздействием дестабилизирующих факторов. Для этого необходимо с помощью разработанной платы соединить генератор AFG 3102 и одну или две витых пары, к которым в свою очередь подключаются два осциллографа TDS 1002B на входе и выходе.

Для исследования непреднамеренных деструктивных воздействий используются несколько витых пар разной длины, экранированные и неэкранированные. Для первого эксперимента студент получает две неэкранированные витые пары длиной 300 м категории 5e и длинной 5 м той же категории. В данном эксперименте учащийся получает навыки по исследованию воздействия длины витой пары на передаваемый сигнал. Во втором эксперименте студент подключает к разработанной плате

одновременно две витые пары (неэкранированную 3 м и неэкранированную 5 м, неэкранированную 5 м и экранированную 5 м) для изучения влияния, оказанного одной витой парой на другую при их совместном пробеге.

На генераторе AFG 3102 нужно выбрать каталог своего варианта, после чего провести исследования с семью видами кодов. Выбор каталогов производится так же, как было описано выше при исследовании кодов без воздействия дестабилизирующих факторов.

Для каждого эксперимента с помощью осциллографа TDS 1002B необходимо получить временную и спектральную функции после прохождения сигнала по витым парам. Получение данных функций и их сохранение на Flash-носителе описаны на рисунках 6.14 и 6.17.

Полученные результаты необходимо сохранить. Далее следует сравнить результаты, полученные со схемы без воздействия дестабилизирующих факторов и со схемы с воздействием дестабилизирующих факторов. Необходимо сделать выводы, как воздействует длина витой пары, а также наличие или отсутствие экрана в витой паре на передаваемый сигнал.

7 Разработка рекомендация по проведению лабораторного практикума по исследованию непреднамеренных деструктивных воздействий на витую пару

7.1 Цель работы.

Ознакомление с основными характеристиками и функциями генератора сигналов произвольной формы AFG 3102 и цифрового запоминающего осциллографа TDS 1002B, теоретическое ознакомление с линейными кодами, исследование форматов кода и их спектров и воздействия непреднамеренных деструктивных факторов на сигнал.

7.2 Задание на лабораторную работу.

7.2.1 Ознакомиться с описанием оборудования учебного стенда и с методикой проведения лабораторной работы.

7.2.2 Ознакомиться с теоретическим описанием линейных кодов.

7.2.3 Представить последовательность в виде семи заданных кодов и рассчитать для них заданные параметры в соответствии с таблицей вариантов 7.1.

7.2.4 Провести исследования семи кодов с использованием аппаратуры AFG 3102 и TDS 1002B параметры в соответствии с таблицей вариантов 7.1.

7.3 Методические указания к выполнению лабораторной работы.

7.3.1 Для выполнения пункта 7.2.1 задания на лабораторную работы использовать раздел 5 «Основные характеристики и функции приборов AFG 3102 и TDS 1002B» и раздел 3 «Разработка схемы для исследования непреднамеренных деструктивных воздействий на витую пару».

7.3.2 Для выполнения пункта 7.2.2 задания на лабораторную работы использовать раздел 1 «Анализ основных характеристик кодов сигнала».

7.3.3 Для выполнения пункта 7.2.3 задания на лабораторную работу использовать раздел 1 «Анализ основных характеристик кодов сигнала» и раздел 4 «Формирование кодов сигнала в линии связи».

7.3.4 Для выполнения пункта 7.2.4 задания на лабораторную работу использовать раздел 1 «Анализ основных характеристик кодов сигнала» и

раздел 3 «Разработка схемы для исследования непреднамеренных деструктивных воздействий на витую пару» и раздел 4 «Формирование кодов сигнала в линии связи».

7.4 Содержание отчета.

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- название и цель работы;

- задание к лабораторной работе;

- описание лабораторной установки (схемы подключения оборудования);

- результаты экспериментальных измерений полученные в ходе выполнения лабораторной работы;

- выводы, которые должны оценивать особенности каждого линейного кода.

Отчет оформляется на листах формата А4 (210х297 мм).

Таблица 7.1 — Варианты задания

Вариант	Последовательность
1	01101100011100001111
2	01100111000111000110
3	01110001010110011001
4	01111000011001110001
5	01111101100000011001
6	01010101010101010101

8 Результаты экспериментальных исследований витой пары без воздействий и с воздействиями различных деструктивных факторов

Для примера выполнения работы был выполнен один из вариантов задания.

Для этого с Flash-носителя загружаются заранее представленные в формате различных кодов последовательности. Далее необходимо получить временную и спектральную функцию этих последовательностей. Примеры временных и спектральных функций для сигналов без деструктивных воздействий на частоте 10 МГц приведены на рисунках 8.1-8.12.

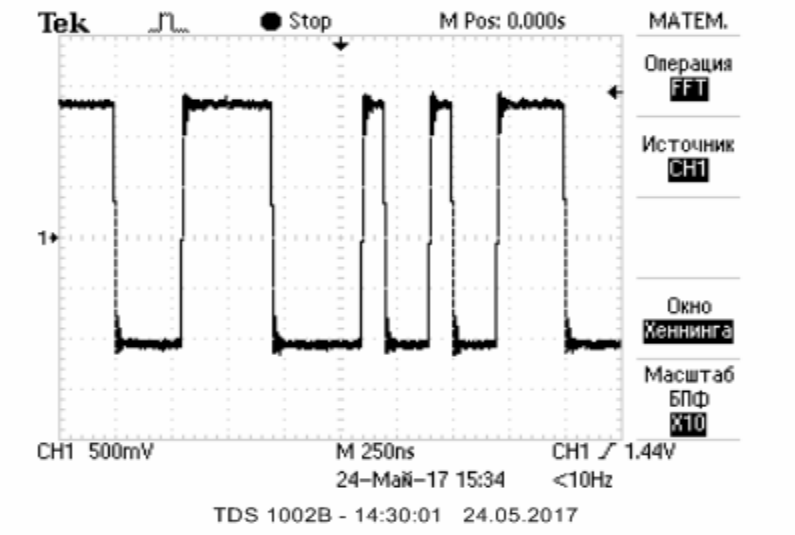

Рисунок 8.1 – Временная функция в формате кода NRZ

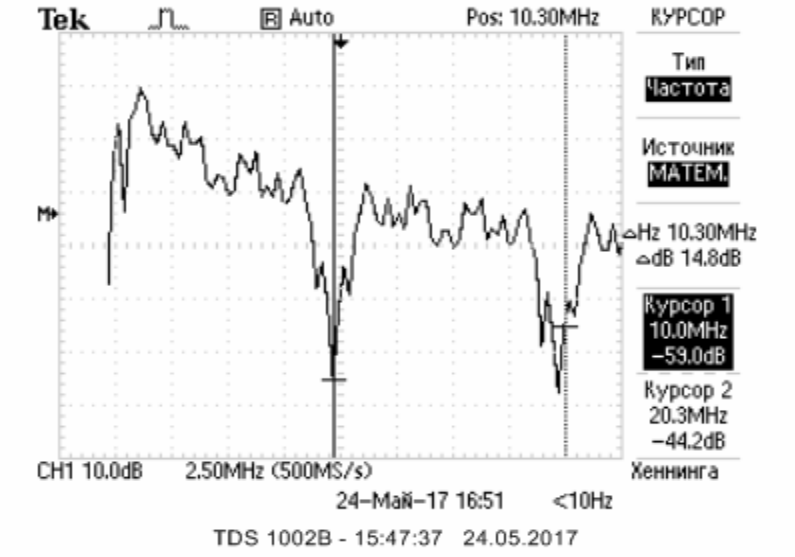

Рисунок 8.2 – Спектральная функция в формате кода NRZ

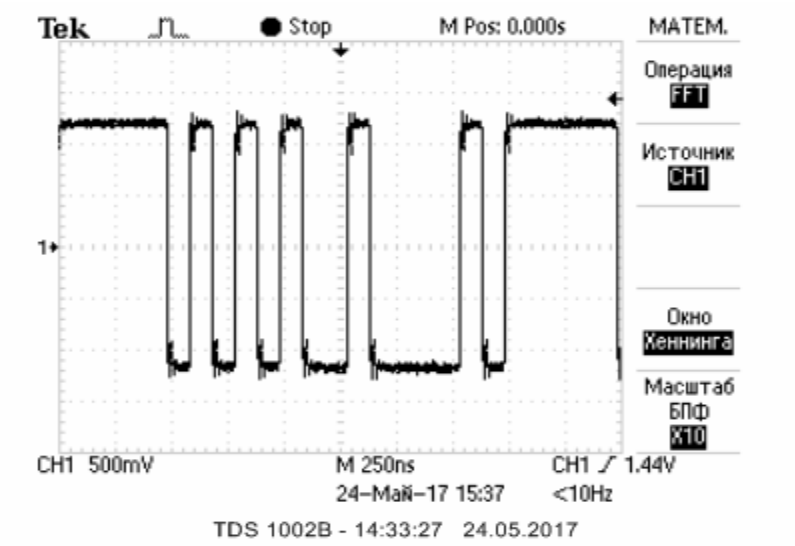

Рисунок 8.3 – Временная функция в формате кода NRZI

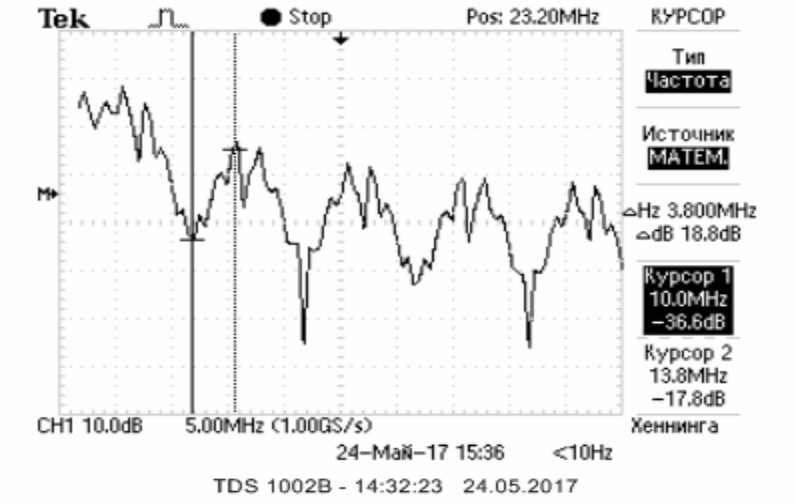

Рисунок 8.4 – Спектральная функция в формате кода NRZI

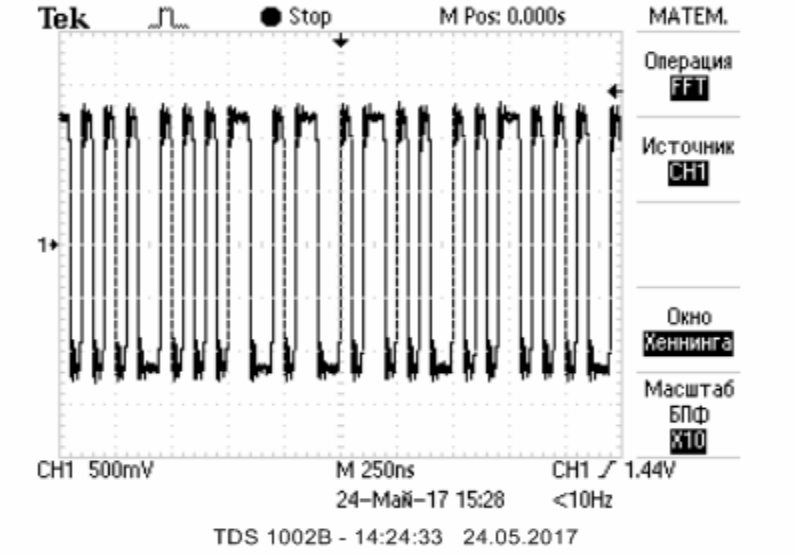

Рисунок 8.5– Временная функция в формате манчестерского кода

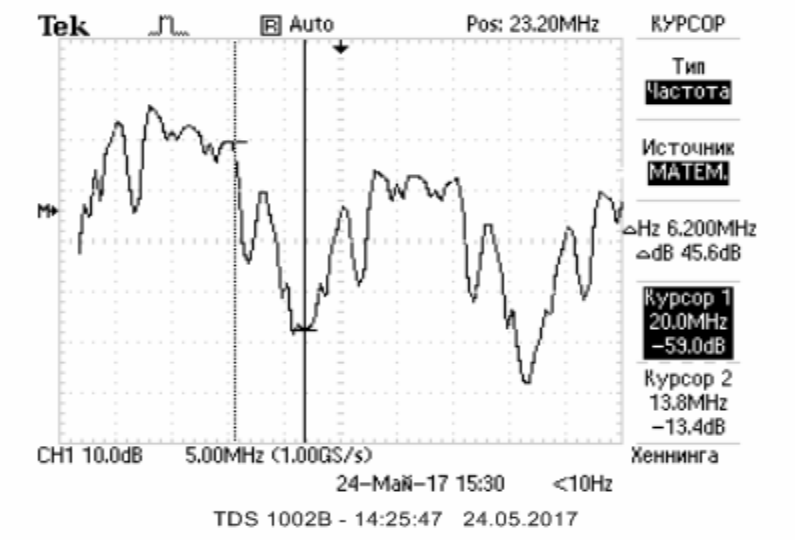

Рисунок 8.6 – Спектральная функция в формате манчестерского кода

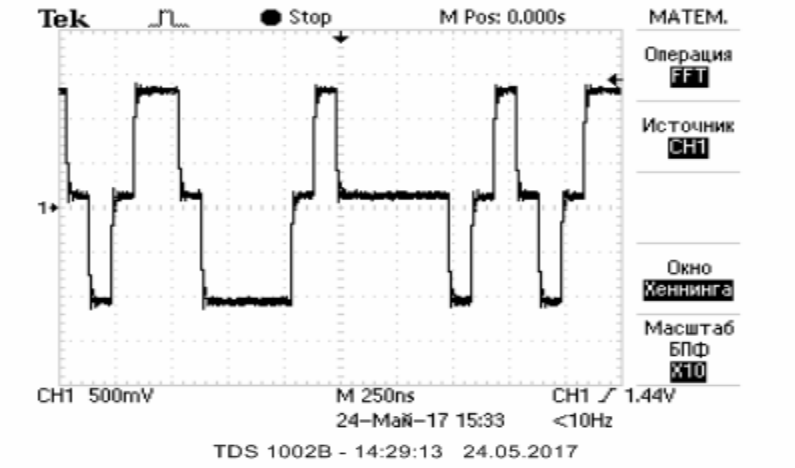

Рисунок 8.7 – Временная функция в формате кода MLT-3

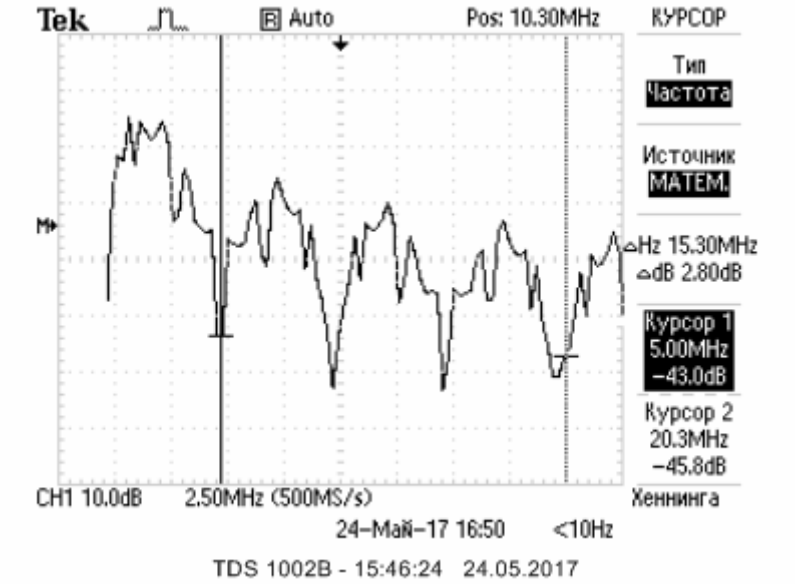

Рисунок 8.8 – Спектральная функция в формате кода MLT-3

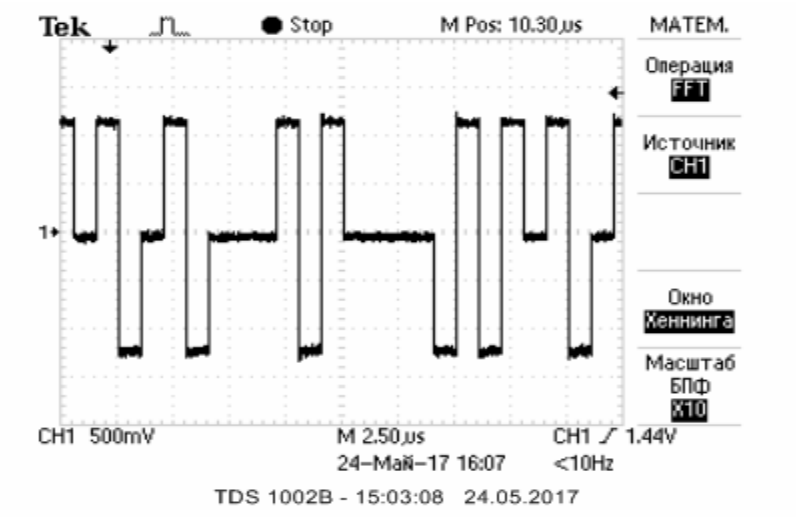

Рисунок 8.9 – Временная функция в формате кода ЧПИ

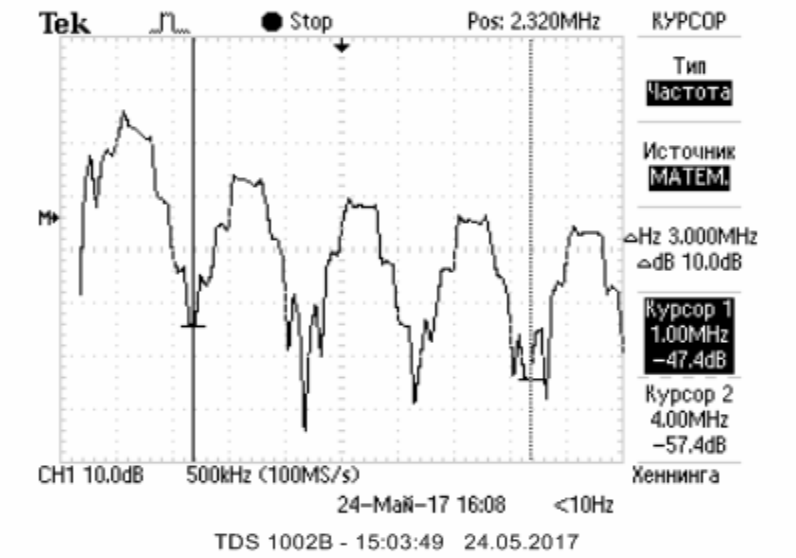

Рисунок 8.10 – Спектральная функция в формате кода ЧПИ

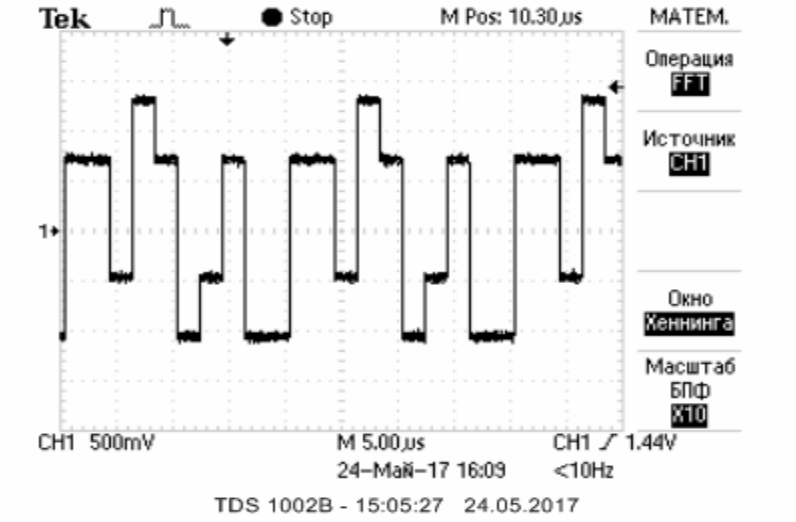

Рисунок 8.11 – Временная функция в формате кода 2B1Q

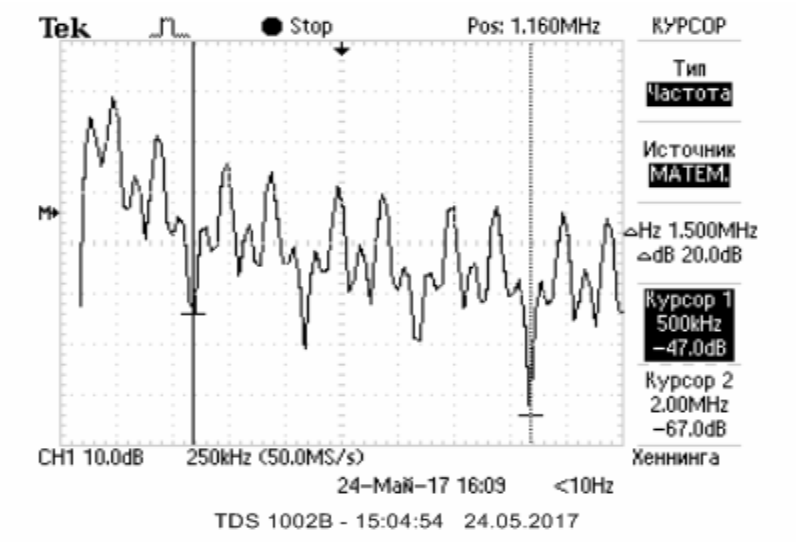

Рисунок 8.12 – Спектральная функция в формате кода 2B1Q

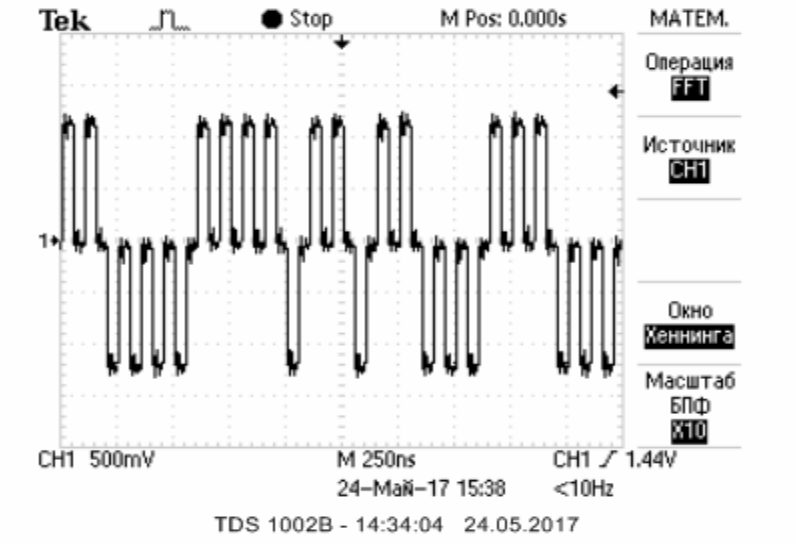

Рисунок 8.11 – Временная функция в формате кода RZ

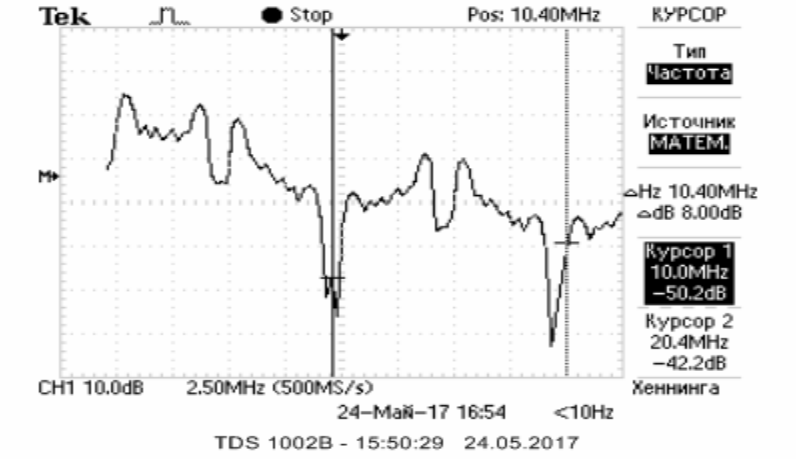

Рисунок 8.12 – Спектральная функция в формате кода RZ

Далее на примере манчестерского кода на частоте 10 МГц были получены временные и спектральные функции сигналов,

подверженныхвоздействию длины витой пары на передаваемый сигнал и влияние шума при совместном пробеге, находящегося в одной из витых пар. Изображения получившихся результатов приведены на рисунках 8.13-8.20.

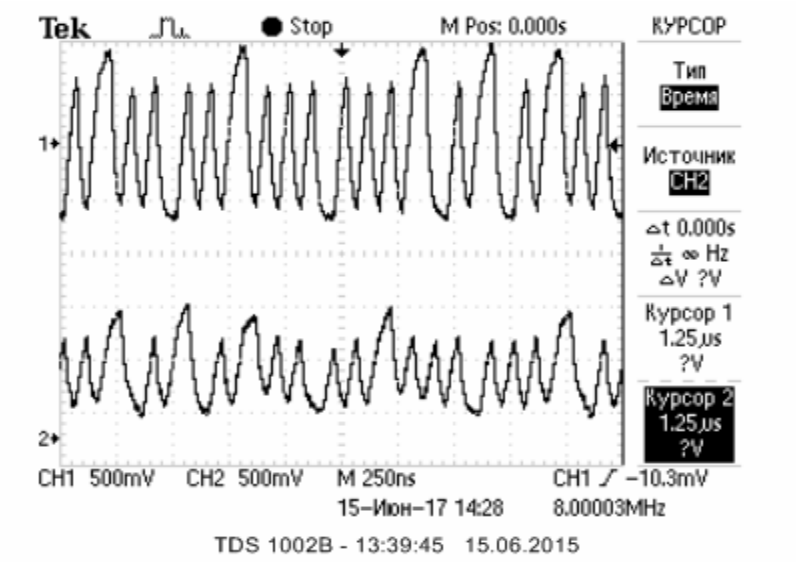

Рисунок 8.13 – Временная функция для витой пары длиной 300 м

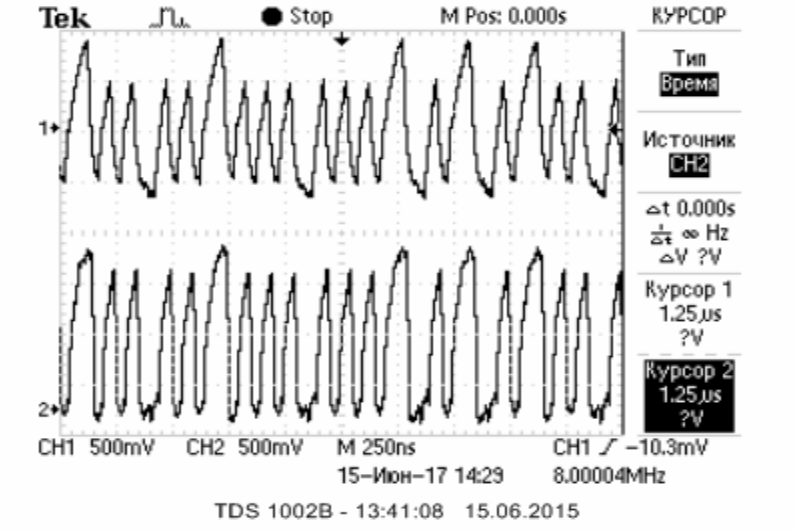

Рисунок 8.14 – Временная функция для витой пары длиной 5 м

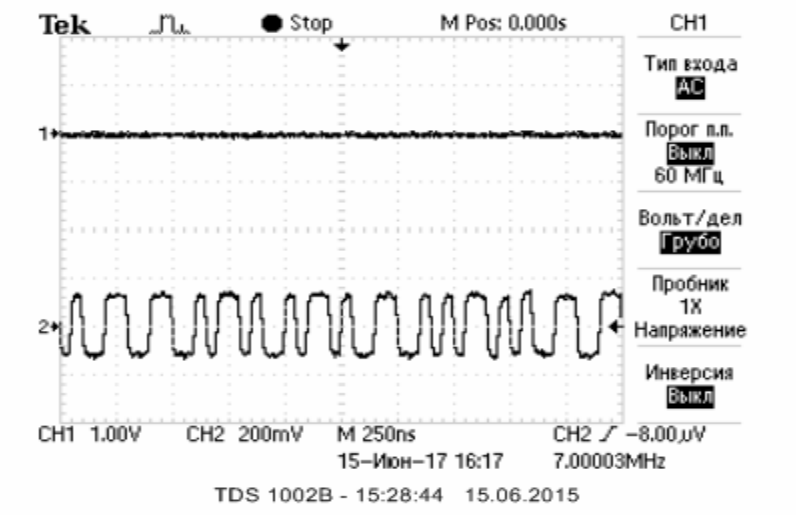

Рисунок 8.15 – Временная функция воздействия неэкранированной витой пары на неэкранированную витую пару при совместном пробеге в 3 м без шума

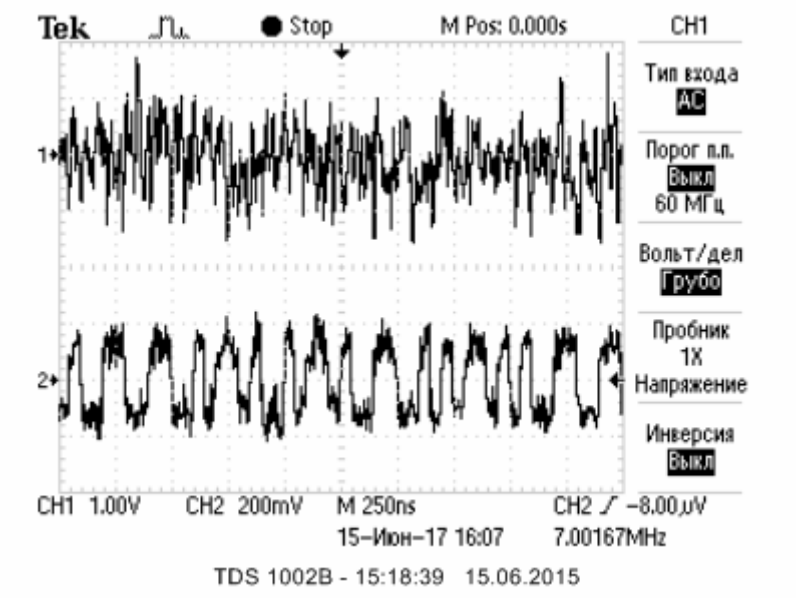

Рисунок 8.16 – Временная функция воздействия неэкранированной витой пары на неэкранированную витую пару при совместном пробеге в 3 м с шумом

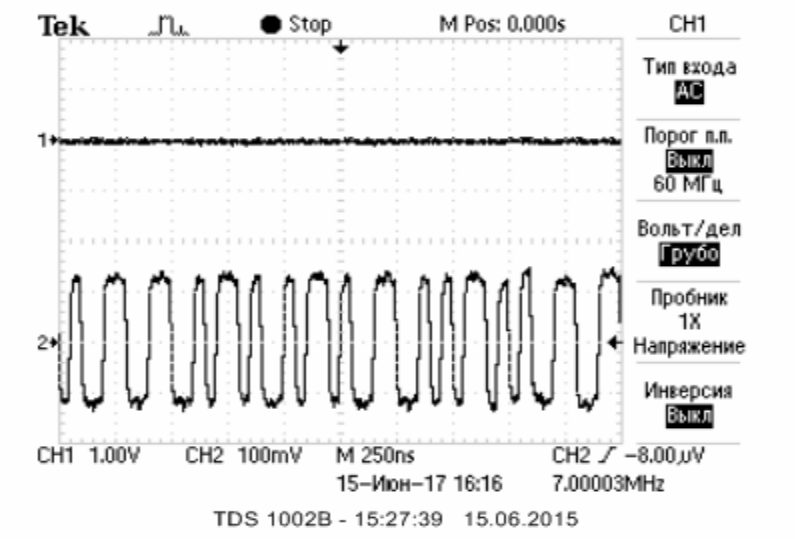

Рисунок 8.17 – Временная функция воздействия экранированной витой пары на неэкранированную витую пару при совместном пробеге в 3 м без шума

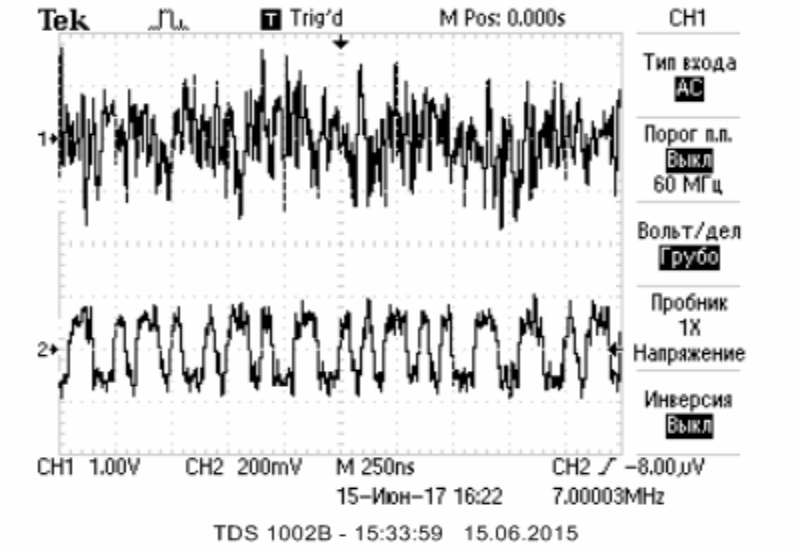

Рисунок 8.18 – Временная функция воздействия экранированной витой пары на неэкранированную витую пару при совместном пробеге в 3 м с шумом

Из данных рисунков видно, как влияет длина витой пары на передаваемый сигнал. В витой паре длиной 300 м можно наблюдать затухание сигнала на выходе, в то время как в витой паре длиной 5 м затухание практически не заметно. Также из данных рисунков можно сделать вывод, что при совместном пробеге двух неэкранированных витых пар сигнал искажается хоть и незначительно, но сильнее, чем при совместном пробеге экранированной и неэкранированной витых пар.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы был проведен анализ литературы по методам кодирования сигналов, рассмотрены основные характеристики различных форматов кода и их применение, рассмотрены основные понятия и характеристики витой пары, разработана схема проведения лабораторного практикума с использованием приборов AFG3102 и TDS1002B, а также методики экспериментальных исследований и рекомендации по проведению лабораторных работ по дисциплине “Сети и системы передачи информации”. Описан технологический процесс по проведению исследований витой пары с воздействием и без воздействия дестабилизирующих факторов, а также с влиянием характеристик витой пары на передаваемый сигнал.

Таким образом, задание на дипломное проектирование выполнено полностью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.

1. Бернард Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с., ил. – Парал. тит. англ.

2. Савельев Б.А. Повышение достоверности передачи и хранения информации в компьютерных сетях: Учебное пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 1999. – 80 с., ил.

3. Дж. Ирвин, Д. Харль. Передача данных в сетях: инженерный подход. Пер. с англ. – СПб.: БХВ – Петербург, 2003. – 448 с., ил.

4. Новиков Ю.В., Карпенко Д.Г. Аппаратура локальных сетей: функции, выбор, разработка. / Под общей редакцией Ю.В. Новикова. – М.: Издательство ЭКОМ, 1998.–288 с.,ил.

5. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб.: Питер, 2001. – 672 с., ил.

6. Вильям Столлингс. Компьютерные системы передачи данных, 6-е издание. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 928 с., ил. – Парал. тит. англ.

7. Бобрышева Г.В. Оценка корректирующих свойств канальных кодов типа (n,k). // Вычислительные системы и технологии обработки информации: Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 2 (28). – Пенза: Информационно – издательский центр ПГУ, 2003. – 164 с., ил.

8. Гук М. Аппаратные средства локальных сетей. Энциклопедия. – СПб.: Издательство «Питер», 2000. – 576 с.

9. Свободная энциклопедия wikipedia «Витая пара» [электронный ресурс]:https://ru.wikipedia.org/wiki/Витая_пара

10. Рустехнологии «ЧТО ТАКОЕ SFTP И ЧТО ТАКОЕ КАБЕЛЬ FTP?» электронный ресурс: http://rostech.info/chto-takoe-sftp-i-chto-takoe-kabel-ftpss

11. Время электроники «Передача сигналов по витой паре» [электронный ресурс]: http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/2191/doc/44307/