

Общество с ограниченной ответственностью «ЭНЕРГИЯЛАБ»



Лабораторный комплекс «Теория электрической связи»

*Методические указания к
лабораторному практикуму*

Воронеж 2012

Содержание

1. Общее техническое описание лабораторной установки	4
1.1 Описание конструкции передней панели основного базового блока. Генераторный и измерительный модуль и модуль питания	8
1.2 Описание передней панели сменного блока «Модуль «Дискретизация сигналов»	11
1.3 Описание передней панели сменного блока «Модулятор демодулятор»	13
1.4 Описание передней панели сменного блока «Преобразование сигнала в нелинейных цепях»	15
1.5 Описание передней панели сменного блока «Частотный модем»	17
1.6. Описание передней панели сменного блока «Исследование LC и RC автогенераторов»	18
1.7. Описание передней панели сменного блока «Линейные и нелинейные звенья»	20
1.8. Описание передней панели сменного блока «Модуль «ЦАП и АЦП»	21
1.9. Описание передней панели сменного блока «Помехоустойчивое кодирование»	23
2. Порядок выполнения лабораторных работ	27
2.1 Лабораторная работа №1 « Исследование спектрального состава гармонических и импульсных сигналов»	27
2.2. Лабораторная работа №2. «Исследование процессов дискретизации и восстановления непрерывных сигналов»	29
2.3 Лабораторная работа №3. «Исследование амплитудного модулятора»	32
2.4 Лабораторная работа №4. «Исследование частотного модулятора»	35
2.5 Лабораторная работа №5. «Исследование помехоустойчивости	

систем связи с амплитудной и частотной модуляцией»	38
2.6 Лабораторная работа №6. «Исследование преобразования формы и спектра сигналов нелинейными цепями»	43
2.7 Лабораторная работа №7. «Исследование работы смесителя на двузатворном полевом транзисторе и амплитудного детектора»	46
2.8 Лабораторная работа №8. «Исследование принципов работы частотного модема»	51
2.9 Лабораторная работа №9. «Исследование LC автогенератора»	53
2.10 Лабораторная работа №10. «Исследование RC- автогенератора с мостом Вина»	56
2.11 Лабораторная работа №11. «Исследование линейных избирательных цепей»	58
2.12 Лабораторная работа №12. «Исследование нелинейных цепей»	64
2.13 Лабораторная работа №13. «Исследование аналогоцифрового преобразования»	68
2.14 Лабораторная работа №14. «Исследование цифроаналогового преобразования»	71
2.15 Лабораторная работа №15. «Исследование принципов работы кодера и декодера циклического кода»	73
2.16 Лабораторная работа №16. «Исследование помехоустойчивости циклического кода»	76

1. Общее техническое описание лабораторной установки

Отличительной особенностью лабораторной установки является использование современной элементной базы, технологии поверхностного монтажа и интеграции на одной двухсторонней плате электрической схемы и передней панели сменного блока, что позволило снизить длину проводных соединений и, как следствие, значительно уменьшить уровень паразитных наводок и помех.

Лабораторная установка формирует одно рабочее место для бригады из двух-трех студентов и обеспечивает проведение серии экспериментов учебного лабораторного практикума дисциплин «Теория электрической связи», «Основы радиоэлектроники», «Прикладная электроника» и смежных дисциплин.

- Лабораторная установка конструктивно выполнена в идеологии единой модульной конструкции, состоящей из одного базового блока, содержащего все необходимые измерительные приборы, источники питания, источников сигналов и т.д., а также набора дополнительных (сменных) блоков, содержащих все необходимые для выполнения цикла лабораторных работ элементы и устройства.

Блок «Модуль питания» состоит:

- Регулируемого от 0 до 10В источника положительного напряжения с цифровой индикацией текущего величины напряжения и защитой от короткого замыкания;
- Регулируемого от 0 до -10В источника отрицательного напряжения с цифровой индикацией текущего величины напряжения и защитой от короткого замыкания;
- Стабилизированного источника питания сменных блоков (+5В, +12В, -12В) с защитой от короткого замыкания;

Основной блок «Лабораторный блок «Теория электрической связи» состоит из:

- ВЧ генератора сигнала с амплитудной модуляцией с несущей частотой около 100кГц и частотой модуляции 1кГц. Уровень несущей и глубина модуляции регулируются в пределах не менее $0\div 1,5В$ и $0\div 1В$ соответственно;
- Генератор шума (ГШ) с регулировкой уровня сигнала (квазибелый шум в полосе частот не менее 10 кГц – 100 кГц) ;
- Функциональный генератор с микропроцессорным управлением генерирующий следующие виды сигналов: синус, меандр, треугольник, прямая пила, обратная пила, сумма первой и второй гармоники, сумма первой и третьей гармоники. Диапазон частот $1 Гц\div 120 кГц$. Точность установки частоты – 1 Гц. Шаг установки частоты (переменный): 1Гц, 10 Гц, 100 Гц, 1 кГц. Предусмотрена плавная регулировка уровня выходного сигнала в пределах не менее 0-10В и ступенчатая (0dB и -20dB). Имеется выход с открытым коллектором (ОК) для подключения периферийных устройств;
- Двухканальный многофункциональный USB осциллограф;
- Блок синхронизации, генерирующий импульсные сигналы тактовой ($T=450\mu\text{с}$), цикловой синхронизации (17T) и $\delta(t)$ -сигнал прямоугольной формы с длительностью $t=5\mu\text{с}$ и амплитудой не менее 5В.

Сменные блоки лабораторных работ:

- Сменный блок «Дискретизация сигналов» содержит – дискретизатор, синтезатор частот дискретизации (3, 6, 12, 16, 24 и 48кГц) и ФНЧ высокого порядка на операционных усилителях. Особенностью блока является выбор частот дискретизации, полученных от одного кварцевого генератора, что облегчает наблюдение на осциллографе дискретизированных сигналов.

- Сменный блок «Модулятор демодулятор» обеспечивает возможность получения и детектирования сигналов с амплитудной и угловой модуляцией и манипуляцией, а также исследовать помехоустойчивость разных видов модуляции.
- Сменный блок «Преобразование сигналов в нелинейных цепях» позволяет подробно изучать такие преобразования в радиотехнике, как изменение формы и спектра сигналов нелинейной безинерционной цепью, нелинейное резонансное усиление, умножение частоты, преобразование частоты, амплитудную модуляцию и детектирование АМ сигналов.
- Сменный блок «Частотный модем» содержит частотный модулятор на генераторе управляемым напряжением (ГУН) на полевых транзисторах и частотный детектор (ЧД) повышенной линейности.
- Сменный блок «Исследование LC и RC автогенераторов» содержит LC и RC автогенераторы с общей схемой прерывателя цепей обратной связи для изучения переходных процессов.
- Сменный блок «Линейные и нелинейные звенья» содержит линейные цепи (ФНЧ с частотами среза 3 и 6 кГц; ПФ с центральной частотой 6 кГц и $\Delta f=0.5$ кГц) и нелинейные безинерционные цепи.
- Сменный блок «Модуль ЦАП и АЦП» содержит восьмиразрядный линейный аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) с открытым и закрытым входом и индикацией состояния выходных данных, цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) с однополярным и двухполярным стандартом сигнала выхода, фильтра нижних частот (ФНЧ) с переключаемой полосой среза (постоянной времени), а также восьмиразрядным полем ввода данных с индикацией текущего состояния.
- Сменный блок «Помехоустойчивое кодирование» предназначен для изучения принципов работы кодера и декодера, исследования процесса

обнаружения и исправления ошибок в зависимости от отношения сигнал/шум на входе демодулятора. Блок содержит наборное поле передаваемого сообщения, кодера сообщения, наборного поля моделирования побитной ошибки сообщения, частотного модулятора, линейного сумматора для ввода шумовой компоненты, частотного демодулятора, декодера сообщения с исправлением одиночной ошибки, встроенного тактового генератора и индикатора принятого сообщения.

Реализация лабораторной установки в виде модульной конструкции позволяет минимизировать число электрических соединений. Модульная конструкция содержит готовые функционально-законченные модули- схемы электрических узлов, где уже осуществлены все необходимые коммутации внутри установки, что значительно экономит лабораторное учебное время.

Порядок сборки и включения установки

- Собрать лабораторную установку, следуя инструкции по сборке;
- после распаковки установку выдержать 24 часа в комнатных условиях;
- провести внешний осмотр установки и убедиться в отсутствии механических повреждений корпуса и шнура питания;
- контакт защитного заземления подключен к центральному электроду разъема электропитания стандарта «EURO»;
- подсоединить шнур питания к установке;
- шнур питания подключить к однофазной сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц и заземленным центральным электродом по стандарту «EURO».

Запрещается эксплуатировать установку при снятом кожухе.

Внимание! Все операции по коммутации необходимо осуществлять только при отключенном электропитании!

1.1 Описание конструкции передней панели основного базового блока.

Генераторный и измерительный модуль и модуль питания.

Лабораторная установка выполнена в виде модульной конструкции, объединяющий основной блок и набор сменных блоков. Всего в комплект поставки входят восемь функционально- законченных блоков, реализующий необходимый лабораторный базис.

Расположение функциональных панелей основного блока представлены на рис. 1.1

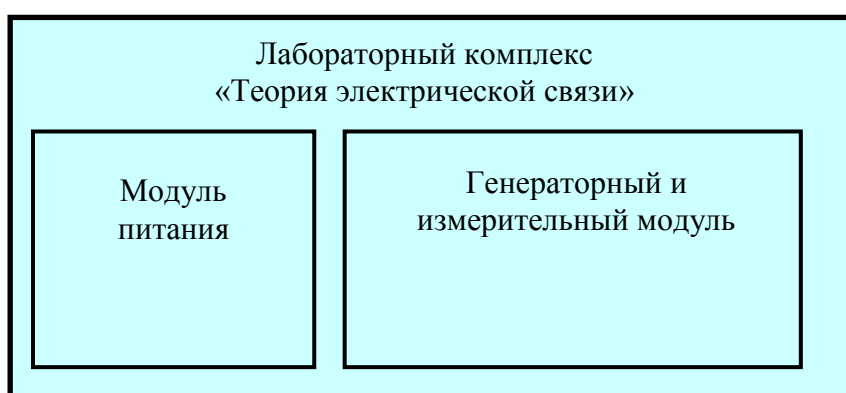


Рис. 1. 1. Расположение функциональных панелей основного блока.

В левой части панели основного блока располагается панель Модуля питания (рис. 1.2), а в правой части - панель Генераторного и измерительного модуля (рис. 1.3)



Рис. 1.2. Вид панели «Модуль питания» базового блока. Здесь цифрами красного цвета обозначены:

1. Цифровой вольтметр контроля напряжения положительного канала источника питания;
2. Регулятор установки напряжения положительного канала источника питания;
3. Контакты выхода положительного канала источника питания;
4. Контакты общей цепи основного блока (земля);
5. Цифровой вольтметр контроля напряжения отрицательного канала источника питания;
6. Регулятор установки напряжения отрицательного канала источника питания;
7. Контакты выхода отрицательного канала источника напряжения;
8. Сетевой предохранитель (1А);
9. Сетевой разъем EURO питания лабораторной установки;
10. Выключатель питания лабораторной установки;

11. Разъемы подключения шлейфов питания сменных блоков.

(Внимание! Шлейфы питания устанавливать ключом вниз!)



Рис. 1.3. Вид панели Генераторного и измерительного модуля. Здесь цифрами красного цвета обозначены:

1. Коаксиальный контакт выхода высокочастотного (ВЧ) генератора амплитудно-модулированного сигнала частотой около 100 кГц;
2. Регулятор уровня сигнала высокочастотного генератора;
3. Регулятор глубины амплитудной модуляции сигнала высокочастотного генератора;
4. Индикатор микропроцессорного функционального генератора;
5. Кнопка уменьшения текущей частоты функционального генератора;
6. Кнопка увеличения текущей частоты функционального генератора;
7. Кнопка выбора шага сетки частот функционального генератора;
8. Кнопка выбора вида сигнала функционального генератора (синус, меандр, треугольник, прямая пила, обратная пила, сумма первой и второй гармоники, сумма первой и третьей гармоники);
9. Регулятор уровня сигнала функционального генератора;

10. Коаксиальный контакт выхода функционального генератора;
11. Коаксиальный контакт выхода аттенюатора (-20 dB) сигнала функционального генератора;
12. Коаксиальный контакт выхода ключевого каскада с открытым коллектором функционального генератора;
13. Регулятор уровня сигнала генератора квазирозового шума;
14. Коаксиальный контакт выхода генератора шума;
15. Коаксиальный контакт первого входа цифрового USB осциллографа;
16. Коаксиальный контакт второго входа цифрового USB осциллографа.
17. Коаксиальный контакт внешней синхронизации цифрового USB осциллографа.
18. Разъем USB выхода цифрового осциллографа (подключается к компьютеру).
19. Коаксиальный контакт сигнала синхронизации (δ - функция) прямоугольной формы положительной полярности и длительностью 5 мкс.
20. Коаксиальный контакт сигнала цикловой синхронизации прямоугольной формы положительной полярности и длительностью $17 \cdot 5 = 85$ мкс.
21. Коаксиальный контакт сигнала тактовой синхронизации прямоугольной формы положительной полярности и длительностью 450 мкс.

1.2 Описание передней панели сменного блока «Модуль «Дискретизация сигналов».

Сменный блок предназначен для изучения особенностей дискретизации сигналов (теорема Котельникова) и состоит из узлов:

- Микропроцессорного генератора сигналов дискретизации (3 кГц, 5 кГц, 12 кГц, 24 кГц, 32 кГц, 48 кГц).

- Дискретизатор и схема выборки-хранения отсчетов непрерывного сигнала;
- Линейки из трех активных фильтров нижних частот высокого порядка с полосой пропускания (по уровню -3dB) 3 кГц, 6 кГц и 12 кГц.

Вид передней панели блока и расположение органов управления показаны на рис. 1.4

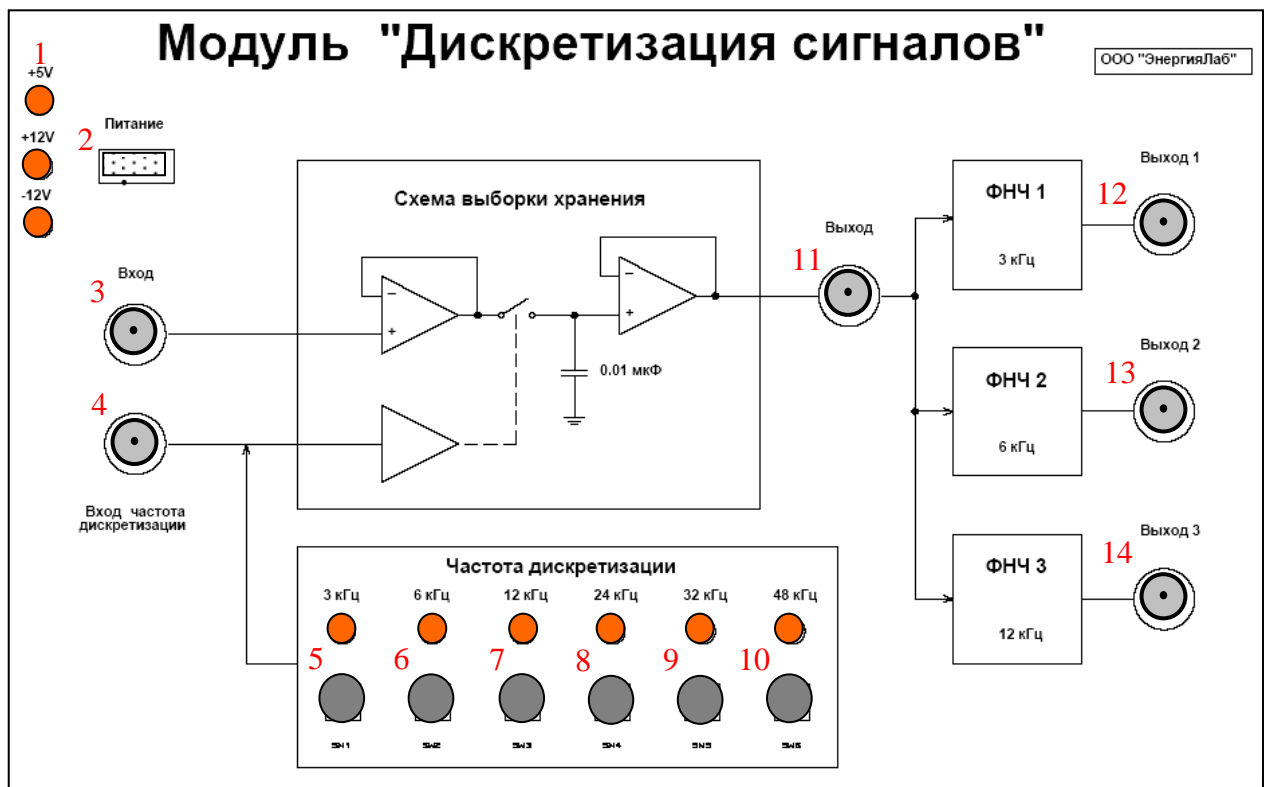


Рис. 1.4. Вид панели сменного блока «Модуль дискретизации сигналов». Здесь цифрами красного цвета обозначены:

1. Индикаторы контроля питающих напряжений сменного блока.
2. Разъем подачи питающих напряжений на сменный блок.
3. Коаксиальный контакт входа сигнала, подлежащего дискретизации.
4. Коаксиальный контакт контроля выхода генератора сигналов дискретизации.
5. Кнопка и контрольный индикатор установки частоты 3 кГц сигнала дискретизации.

6. Кнопка и контрольный индикатор установки частоты 6 кГц сигнала дискретизации.

7. Кнопка и контрольный индикатор установки частоты 12 кГц сигнала дискретизации.

8. Кнопка и контрольный индикатор установки частоты 24 кГц сигнала дискретизации.

9. Кнопка и контрольный индикатор установки частоты 32 кГц сигнала дискретизации.

10. Кнопка и контрольный индикатор установки частоты 48 кГц сигнала дискретизации.

11. Коаксиальный контакт выхода схемы выборки-хранения уровней сигналов.

12. Коаксиальный контакт выхода фильтра нижней частоты (ФНЧ1) с полосой среза 3 кГц.

13. Коаксиальный контакт выхода фильтра нижней частоты (ФНЧ2) с полосой среза 6 кГц.

14. Коаксиальный контакт выхода фильтра нижней частоты (ФНЧ3) с полосой среза 12 кГц.

1.3 Описание передней панели сменного блока «Модулятор демодулятор»

Сменный блок предназначен для проведения исследования помехоустойчивости систем связи с амплитудной и частотной модуляцией. В состав сменного блока входят:

- Амплитудный модулятор на базе высокочастотного генератора гармонических сигналов;
- Частотный модулятор на базе управляемого по частоте генератора гармонических колебаний (генератора управляемого напряжением - ГУН);

- Устройств моделирования аддитивного воздействия шума в канале связи, реализованных в виде линейных суммирующих устройств сложения шумовой компоненты и модулированного сигнала.
- Детекторных устройств широкополосного амплитудного детектора и широкополосного линейного частотного детектора;
- Фильтров нижних частот, выделяющих низкочастотные информационные составляющие протестированных сигналов.

Вид передней панели сменного блока представлен на рис. 1.5

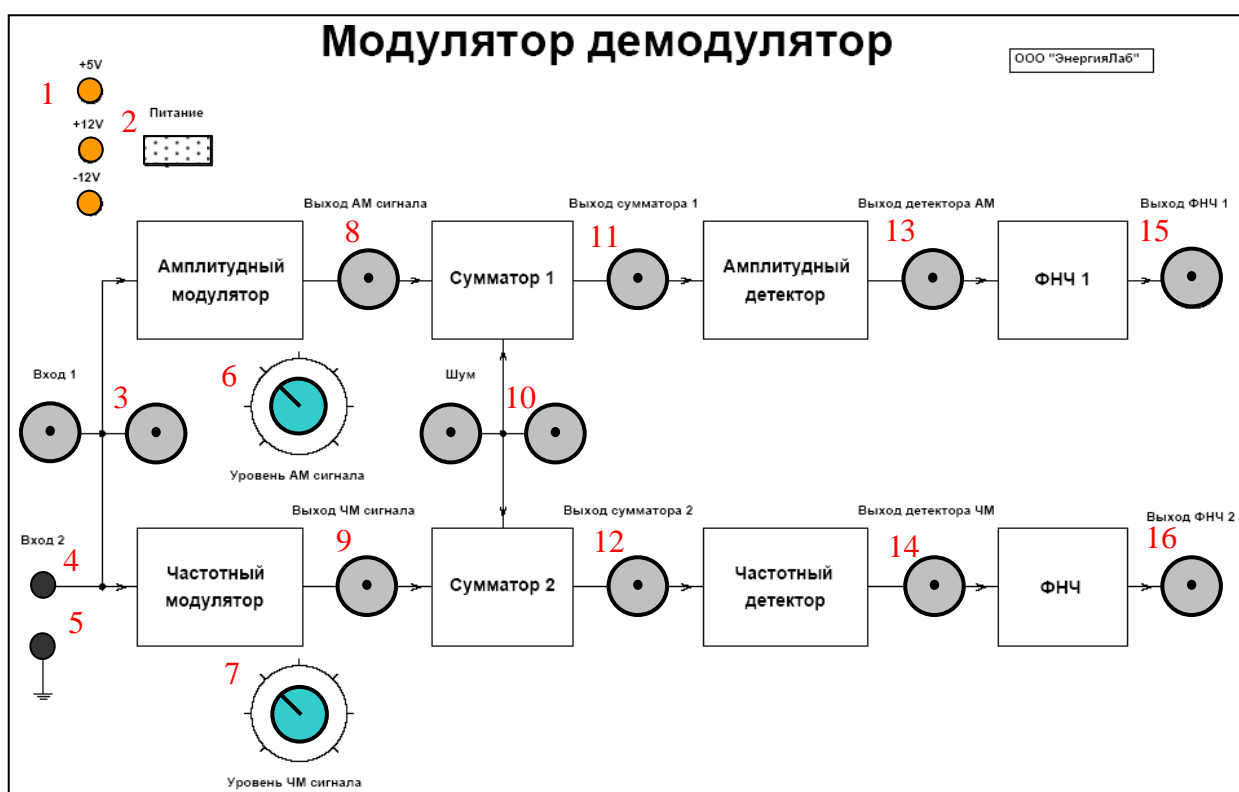


Рис. 1.5. Вид передней панели сменного блока «Модулятор демодулятор». Здесь цифрами красного цвета обозначены:

1. Индикаторы контроля питающих напряжений сменного блока;
2. Разъем подачи питающих напряжений на сменный блок;
3. Коаксиальный контакт входов частотного и амплитудного модуляторов для подачи низкочастотного сигнала;

4. Контакт входа входов частотного и амплитудного модуляторов для подачи постоянной составляющей (для исследования регулировочной характеристики);

5. Контакт общей цепи сменного блока (земля);

6. Регулятор уровня амплитудно-модулированного сигнала;

7. Регулятор уровня частотно-модулированного сигнала;

8. Коаксиальный контакт выхода амплитудного модулятора;

9. Коаксиальный контакт выхода частотного модулятора;

10. Коаксиальные контакты входа шума линейных сумматоров (подключаются к генератору шума);

11. Коаксиальный контакт выхода сумматора канала амплитудно-модулированного сигнала;

12. Коаксиальный контакт выхода сумматора канала частотно-модулированного сигнала;

13. Коаксиальный контакт выхода амплитудного детектора;

14. Коаксиальный контакт выхода частотного детектора;

15. Коаксиальный контакт выхода фильтра нижних частот сигнала амплитудного детектора;

16. Коаксиальный контакт выхода фильтра нижних частот сигнала частотного детектора.

1.4 Описание передней панели сменного блока «Преобразование сигнала в нелинейных цепях»

Сменный блок предназначен для исследования эффектов изменения формы и спектра сигналов нелинейной безинерционной цепью, нелинейное резонансное усиление, умножение частоты, преобразование частоты, амплитудную модуляцию и детектирование АМ сигналов. Сменный блок состоит из функциональных узлов:

- Усилительный каскад на двухзатворном полевом транзисторе с активной, реактивной и смешанной нагрузкой;

- Независимые источники смещения рабочих точек затворов с цифровыми индикаторами текущего напряжения смещения;
- Амплитудного детектора с активной и активно -емкостной нагрузкой.

Вид передней панели сменного блока представлен на рис. 1.6

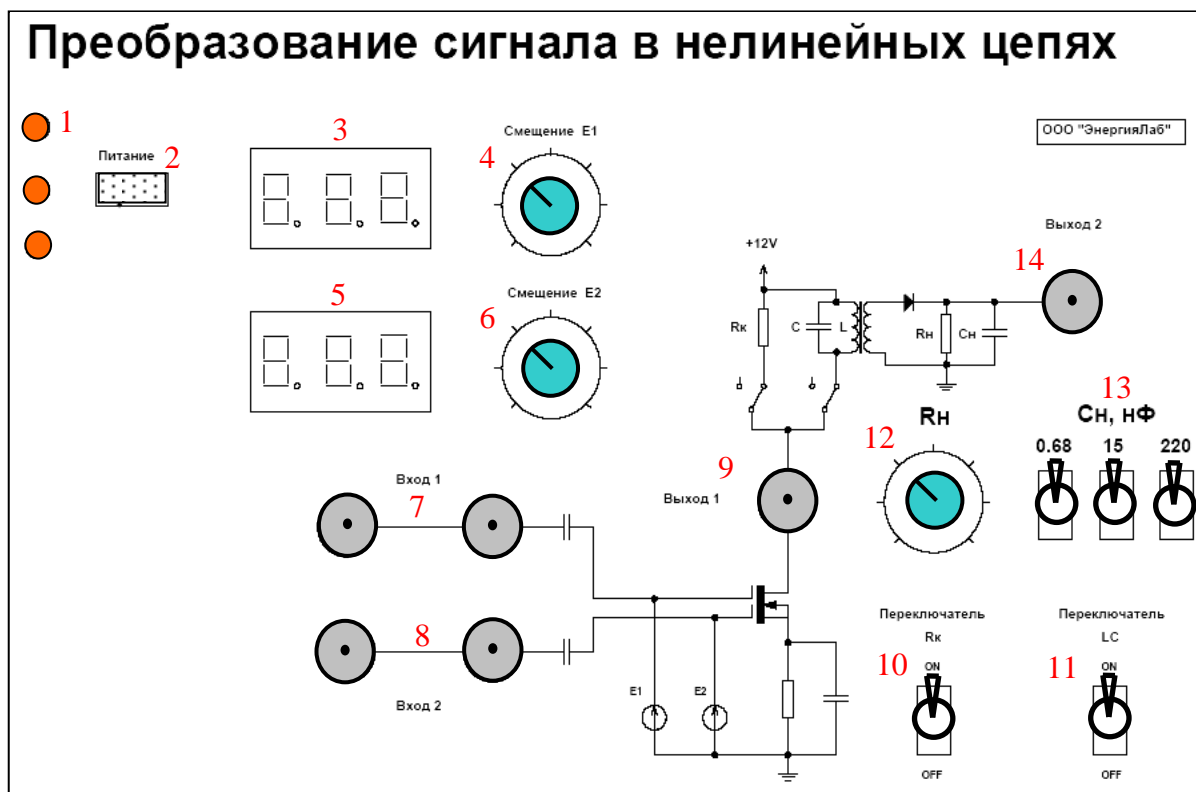


Рис. 1.6. Вид панели сменного блока «Преобразование сигнала в нелинейных цепях». Здесь цифрами красного цвета обозначены:

1. Индикаторы контроля питающих напряжений сменного блока;
2. Разъем подачи питающих напряжений на сменный блок;
3. Цифровой индикатор контроля напряжения смещения первого затвора транзистора;
4. Регулятор установки напряжения смещения первого затвора транзистора;
5. Цифровой индикатор контроля напряжения смещения второго затвора транзистора;
6. Регулятор установки смещения напряжения второго затвора транзистора

7. Коаксиальные входы сигналов первого затвора транзистора;
8. Коаксиальные входы сигналов второго затвора транзистора;
9. Коаксиальный контакт нагрузки транзисторного каскада;
10. Переключатель включения активной нагрузки транзисторного каскада;
11. Переключатель включения резонансной нагрузки транзисторного каскада;
12. Регулятор сопротивления нагрузки амплитудного детектора;
13. Переключатели емкостей нагрузки амплитудного детектора;
14. Коаксиальный контакт выхода нагрузки амплитудного детектора.

1.5 Описание передней панели сменного блока «Частотный модем»

Сменный блок предназначен для изучения особенностей частотной модуляции и демодуляции сигналов. В состав сменного блока входят функциональные блоки:

- Частотный модулятор на RC генераторе с полевыми транзисторами в фазобалансной цепи (Генератор Управляемый Напряжением);
- Частотный детектор повышенной линейности.

Вид передней панели сменного блока представлен на рис. 1.7

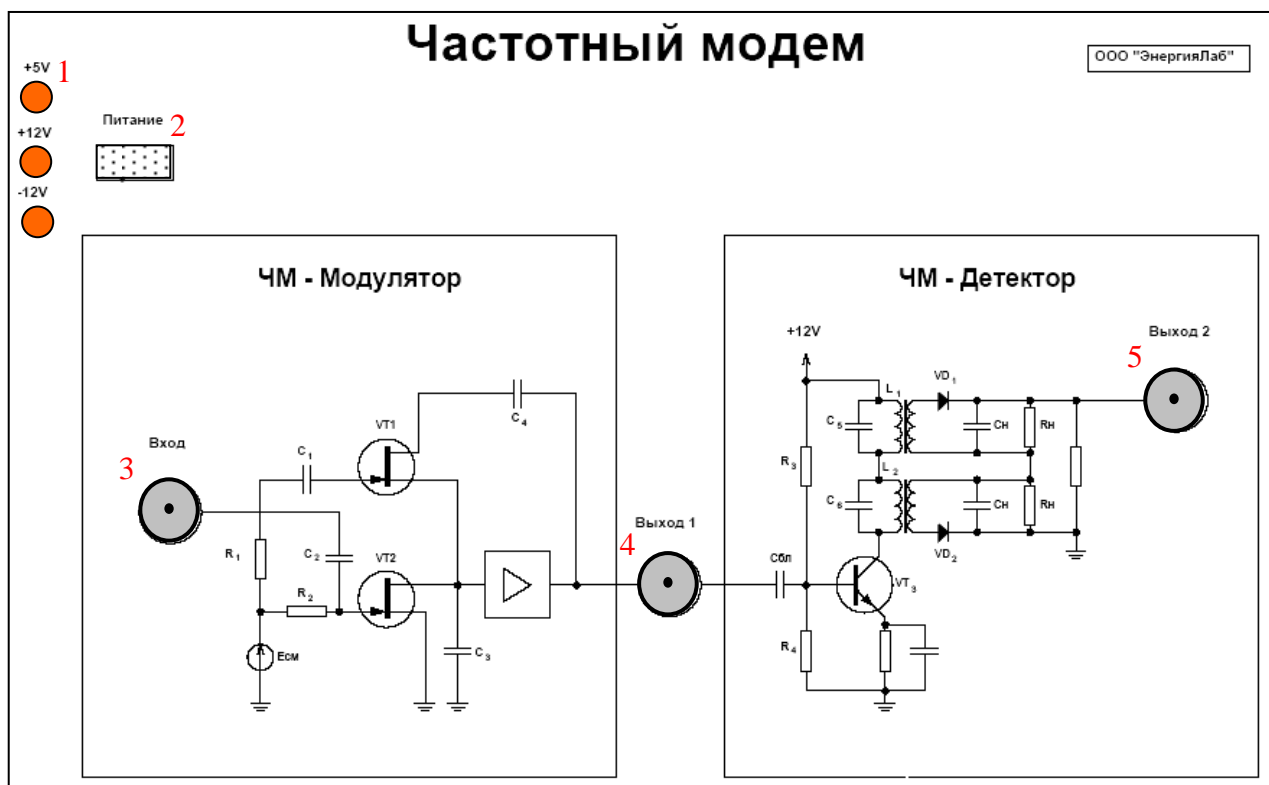


Рис. 1.7 Вид передней панели сменного блока «Частотный модем».

Здесь цифрами красного цвета обозначены:

1. Индикаторы контроля питающих напряжений сменного блока;
2. Разъем подачи питающих напряжений на сменный блок;
3. Коаксиальный контакт входа частотного модулятора;
4. Коаксиальный контакт выхода частотного модулятора;
5. Коаксиальный контакт выхода частотного детектора.

1.6. Описание передней панели сменного блока «Исследование LC и RC автогенераторов»

Сменный блок предназначен для исследования особенностей генерирования гармонических колебаний классических генераторов: LC автогенератора реализованного по схеме Клаппа и RC автогенератора с мостом Вина.

Вид передней панели сменного блока представлен на рис. 1.8

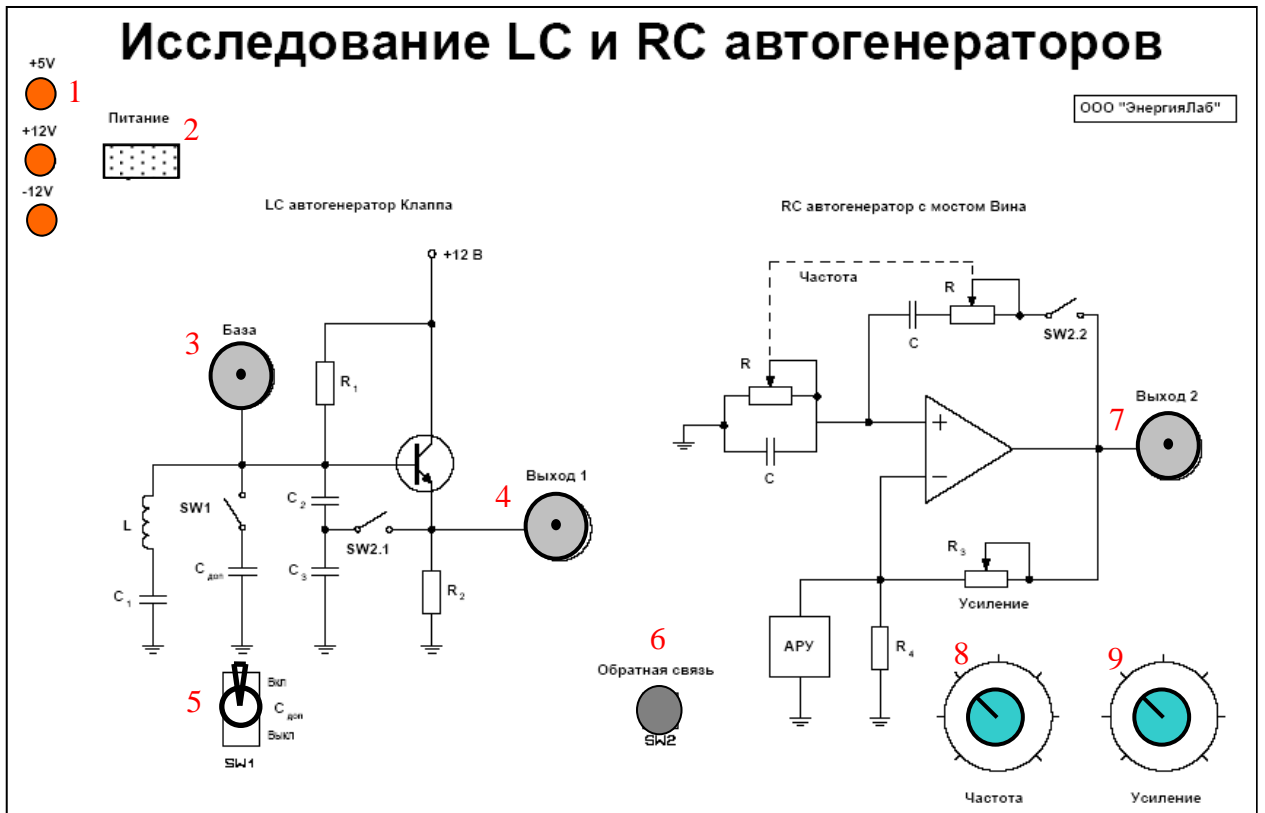


Рис. 1.8 Вид панели «Исследование LC и RC автогенераторов». Здесь цифрами красного цвета обозначены:

1. Индикаторы контроля питающих напряжений сменного блока;
2. Разъем подачи питающих напряжений на сменный блок;
3. Коаксиальный контакт резонансной цепи LC автогенератора;
4. Коаксиальный контакт выхода LC автогенератора;
5. Переключатель включения дополнительной емкости резонансной цепи автогенератора;
6. Кнопка разрыва цепи обратной связи LC и RC автогенератора;
7. Коаксиальный контакт выхода RC автогенератора;
8. Регулятор установки частоты RC автогенератора;
9. Регулятор установки усиления цепи обратной связи RC автогенератора.

1.7. Описание передней панели сменного блока «Линейные и нелинейные звенья»

Сменный блок предназначен для исследования процессов преобразования сигналов в линейных и нелинейных цепях. Сменный блок состоит из следующих функциональных узлов:

- Фильтра нижних частот;
- Фильтра высоких частот;
- Полосового фильтра;
- Амплитудного детектора;
- Амплитудного ограничителя на встречных диодах;
- Транзисторного каскада с регулируемым режимом работы.

Вид передней панели сменного блока представлен на рис. 1.9

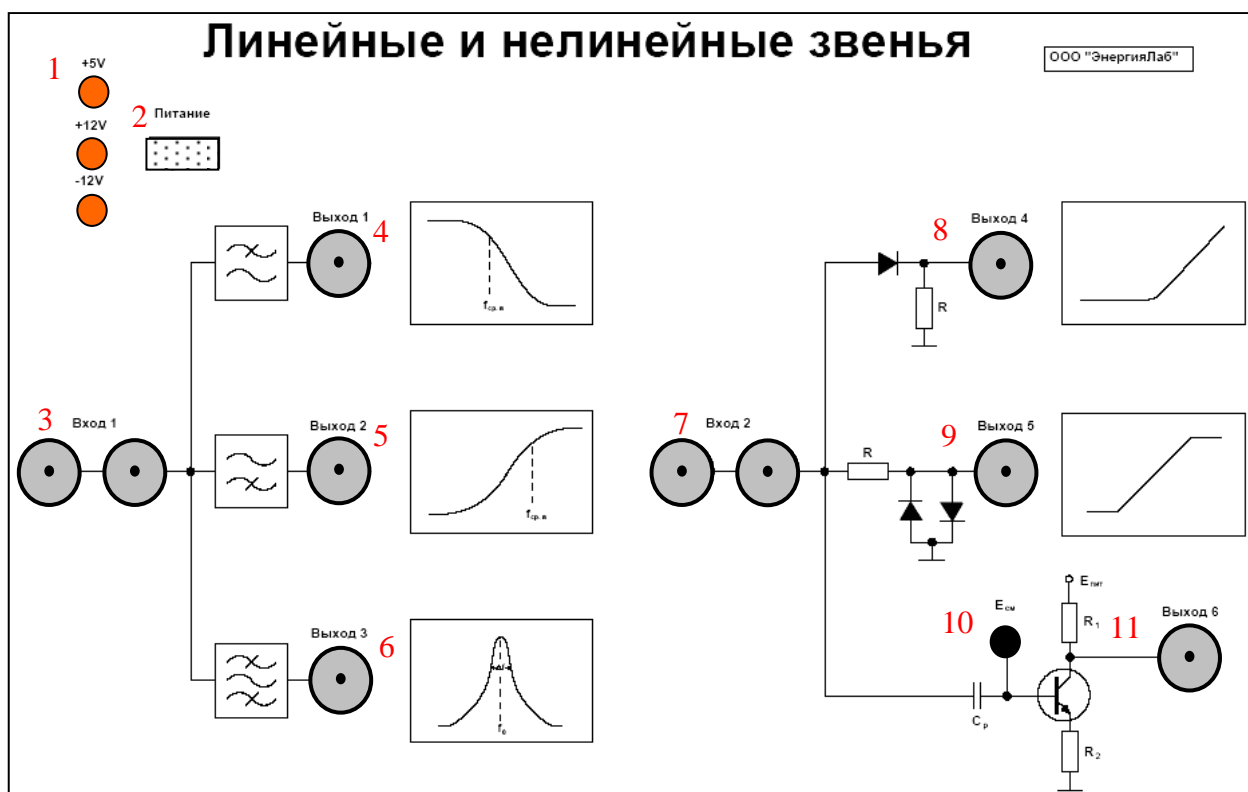


Рис. 1.9 Вид передней панели сменного блока «Линейные и нелинейные звенья». Здесь цифрами красного цвета обозначены:

1. Индикаторы контроля питающих напряжений сменного блока;
2. Разъем подачи питающих напряжений на сменный блок;
3. Коаксиальные контакты входа линейки фильтров;

4. Коаксиальный контакт выхода фильтра нижних частот;
5. Коаксиальный контакт выхода фильтра высоких частот;
6. Коаксиальный контакт выхода полосового фильтра;
7. Коаксиальные контакты входа линейки нелинейных цепей;
8. Коаксиальный контакт выхода амплитудного детектора;
9. Коаксиальный контакт выхода амплитудного ограничителя;
10. Контакт подачи напряжения смещения базовой цепи транзисторного каскада;
11. Коаксиальный контакт выхода транзисторного каскада.

1.8. Описание передней панели сменного блока «Модуль «ЦАП и АЦП»

Сменный блок предназначен для исследования особенностей аналогоцифрового и цифроаналогового линейного преобразования и состоит из следующих функционально-законченных модулей:

- Модуль ручного ввода данных, состоящий из наборного поля из восьми переключателей с индикаторами, задающими восьмиразрядную кодовую комбинацию;
- Аналогоцифровой восьмиразрядный преобразователь с линейной характеристикой преобразования, двумя видами входа (открытый и закрытый) и индикаторами состояний разрядов выходной комбинации;
- Цифроаналоговый восьмиразрядный преобразователь с переключением стандарта выходного сигнала: однополярный, с пределами изменения сигнала выхода 0 до +5В и двуполярный, с пределами -2,5В до +2,5В.
- Фильтр нижних частот с переключаемой постоянной времени (полосой среза).

Вид передней панели сменного блока представлен на рис. 1.10.

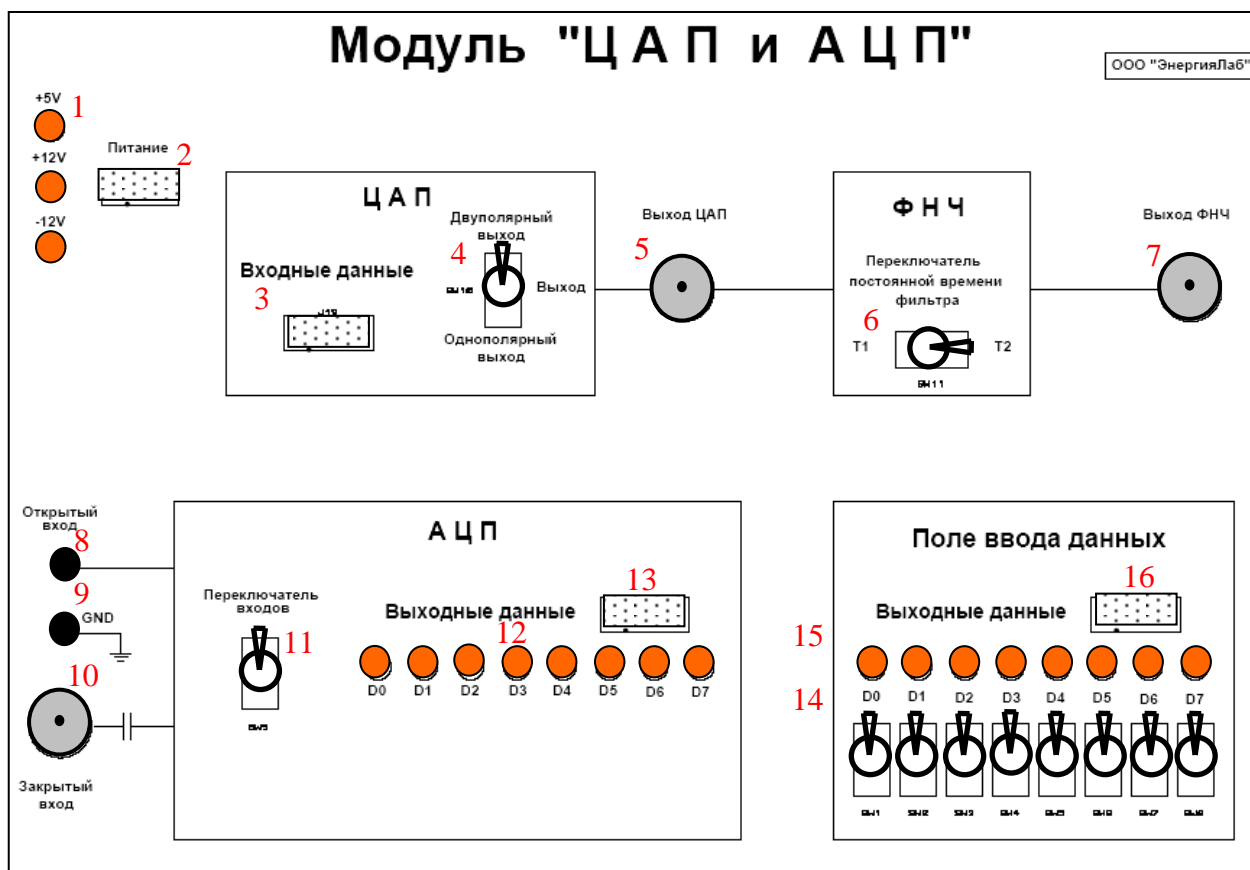


Рис. 1.10. Вид передней панели сменного блока «Модуль «ЦАП и АЦП»». Здесь цифрами красного цвета обозначены:

1. Индикаторы контроля питающих напряжений сменного блока;
2. Разъем подачи питающих напряжений на сменный блок;
3. Разъем входа АЦП (подается восьмиразрядная комбинации с Поля ввода данных или с АЦП).
4. Переключатель стандарта выходного сигнала ЦАП. В положении переключателя «Двуполярный выход» выходной сигнал АЦП изменяется в пределах от -2,5В до +2,5В, в положении «Однополярный выход» сигнал изменяется в пределах от 0В до +5В.
5. Коаксиальный контакт выхода Цифроаналогового преобразователя;
6. Переключатель постоянной времени Фильтра низкой частоты;
7. Коаксиальный контакт выхода Фильтра нижних частот;
8. Контакт открытого входа АЦП для подачи постоянного напряжения и исследования амплитудной характеристики;
9. Контакт общей цепи сменного блока (земля);

10. Коаксиальный контакт открытого входа АЦП для подачи переменного напряжения сигнала;

11. Переключатель входов АЦП. В верхнем положении активен Открытый вход АЦП, в нижнем положении – Закрытый вход АЦП;

12. Линейка индикаторов контроля восьмиразрядной кодовой комбинации на выходе Аналого-цифрового преобразователя;

13. Разъем цифрового выхода АЦП;

14. Линейка переключателя установки восьмиразрядной кодовой комбинации Поля ввода данных. Верхнее положение соответствует логической «1», нижнее – логическому «0».

15. Линейка индикаторов контроля набранной восьмиразрядной кодовой комбинации Поля ввода данных;

16. Разъем цифрового выхода Поля ввода данных.

1.9. Описание передней панели сменного блока «Помехоустойчивое кодирование»

Сменный блок предназначен для исследования принципов работы кодера и декодера циклического кода (7,4) избыточного кодирования и состоит из следующих узлов:

- Наборное поле переданного сообщения;
- Кодер передаваемого сообщения;
- Наборное поле моделирования побитной ошибки переданного сообщения;
- Частотный манипулятор переданного сообщения («0»- 80кГц, «1» - 44 кГц);
- Устройство суммирования переданной частотной манипуляции и аддитивного белого шума;
- Демодулятор принятого сообщения;
- Декодер принятого сообщения с исправлением ошибки;

- Индикатор принятого сообщения;
- Статистический счетчик количества бит отправленных сообщений;
- Статистический счетчик количества ошибочных бит в принятых сообщениях.

Вид передней панели сменного блока представлен на рис. 1.11.

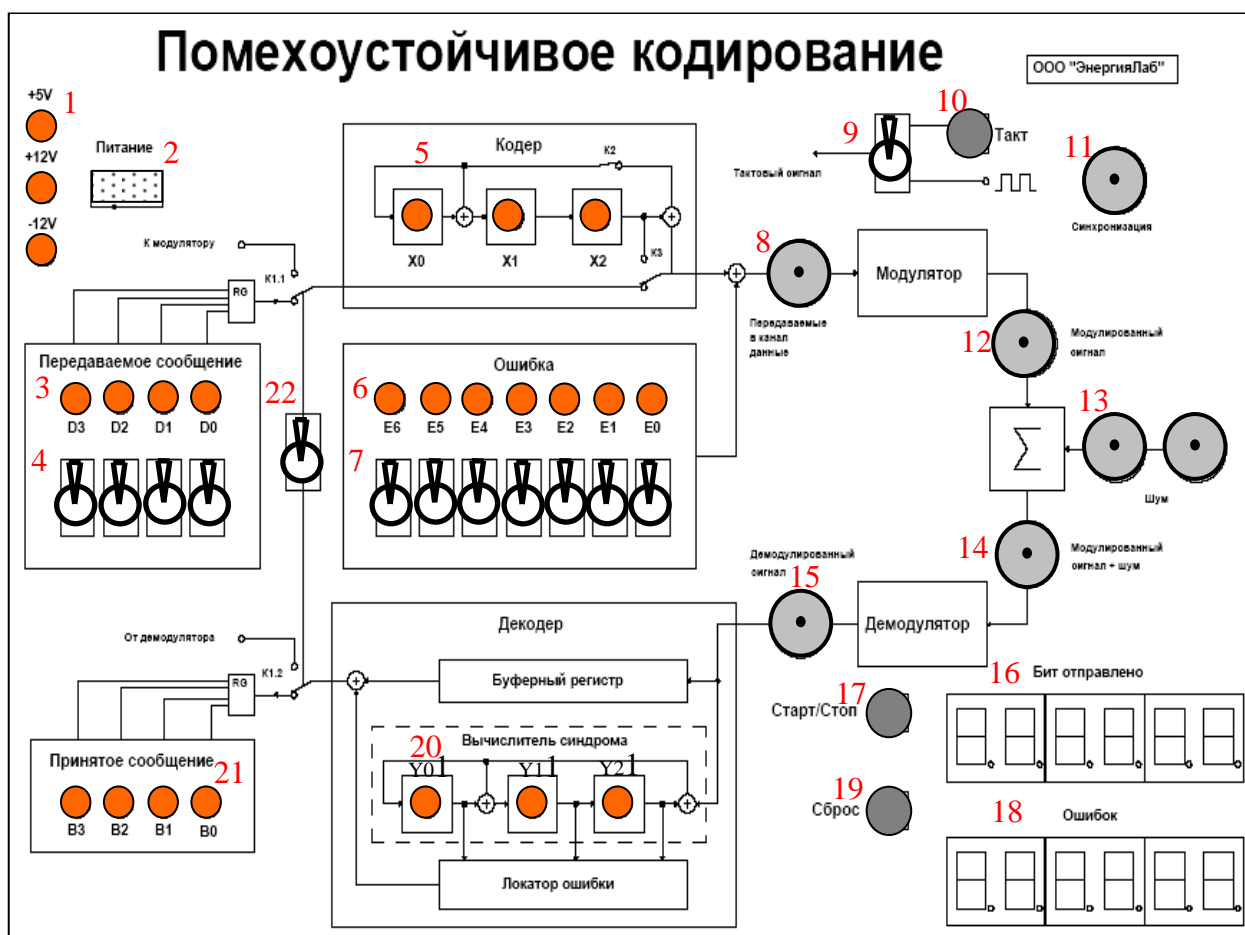


Рис. 1.11 Вид передней панели сменного блока «Помехоустойчивое кодирование». Здесь цифрами красного цвета обозначены:

1. Индикаторы контроля питающих напряжений сменного блока;
2. Разъем подачи питающих напряжений на сменный блок;
3. Индикаторы контроля логических состояний четырехразрядной комбинации переданного сообщения;
4. Переключатели установки комбинации D0-D3 подлежащей передаче;

5. Индикаторы контроля состояния кодирующего устройства;
6. Индикаторы контроля побитных ошибок, вносимых в передаваемое сообщение;
7. Переключатели установки побитной ошибки E0-E6 вносимых в передаваемое сообщение;
8. Коаксиальный контакт «Передаваемые в канал данные» контроля сигнала передаваемого сообщения;
9. Переключатель установки источника тактовых сигналов. В верхнем положении осуществляется ручное тактирование от кнопки 10. В нижнем положении – от встроенного тактового генератора;
10. Кнопка ручного запуска одиночных тактовых импульсов;
11. Коаксиальный контакт выхода «Синхронизация» для внешней синхронизации осциллографа;
12. Коаксиальный контакт «Модулированный сигнал» контроля манипулированного по частоте информационного сигнала;
13. Коаксиальные контакты «Шум» подачи сигнала белого шума от внешнего генератора;
14. Коаксиальный контакт «Модулированный сигнал + шум» контроля сигнала в моделируемом канале связи;
15. Коаксиальный контакт «Демодулированный сигнал» контроля формы сигнала на выходе частотного демодулятора;
16. Индикатор статистического Счетчика количества отправленных бит в группе переданных сообщений;
17. Кнопка «Старт/стоп» запуска и остановки счета статистических Счетчика количества отправленных бит и Счетчика количества ошибок .
18. Индикатор статистического Счетчика ошибок в битах группы принятых сообщений;
19. Кнопка «Сброс», обнуляющий показания Счетчика количества отправленных бит и Счетчика количества ошибок.
20. Индикаторы контроля состояния декодирующего устройства;

21. Индикаторы контроля логических состояний четырехразрядной комбинации принятого сообщения;

22. Переключатель режима работы кодирующего устройства. В верхнем положении данные передаются напрямую, без кодирования. В нижнем положении данные кодируются кодом (7,4).

2. Порядок выполнения лабораторных работ

С целью снижения погрешности измерений включать электропитание лабораторной установки следует не менее чем за 15 минут до начала измерений.

2.1 Лабораторная работа №1 « Исследование спектрального состава гармонических и импульсных сигналов».

В ходе выполнения лабораторной работы используются следующие модули базового блока: «Функциональный генератор», «ВЧ-генератор», «Блок синхронизации», «USB осциллограф» (рис. 1.3).

Исследование спектра гармонического сигнала. Подключить первый канал осциллографа (15 рис. 1.3) ко выходу (1 рис. 1.3) «ВЧ-генератор». Установить регулятор «Уровень сигнала» (2 рис. 1.3) в среднее положение, а регулятор «глубина АМ» (3 рис. 1.3) в крайнее левое положение. На экране осциллографа наблюдать гармонический сигнал. Занести осциллограмму сигнала в отчет. Перевести осциллограф в режим спектрального анализа. На экране спектроанализатора наблюдать спектр гармонического сигнала. Плавно поворачивая регулятор «Уровень сигнала» (2 рис. 1.3) по часовой стрелке наблюдать за изменением спектрального состава сигнала. Занести наиболее характерные спектрограммы в отчет.

Исследование спектра амплитудно-модулированного сигнала.

Подключить первый канал осциллографа (15 рис. 1.3) к выходу (1 рис. 1.3) «ВЧ-генератор». Установить регулятор «Уровень сигнала» (2 рис. 1.3) в среднее положение, а регулятор «глубина АМ» (3 рис. 1.3) в крайнее левое положение. Поворачивая по часовой стрелке регулятор «глубина АМ» (3 рис. 1.3) на экране осциллографа наблюдать амплитудно-модулированный сигнал. Занести осциллограмму сигнала в отчет. Перевести осциллограф в режим спектрального анализа. На экране спектроанализатора наблюдать спектр амплитудно-модулированного сигнала. Плавно поворачивая регулятор «глубина АМ» (3 рис. 1.3) по часовой стрелке наблюдать за

изменением спектрального состава сигнала. Занести наиболее характерные спектрограммы в отчет.

Исследование спектра импульсного сигнала. Подключить первый канал осциллографа (15 рис. 1.3) к выходу « $t = 5 \text{ мкс}$ » (19 рис. 1.3) «Блок синхронизации». На экране осциллографа наблюдать импульсный сигнал. По экрану осциллографа измерит длительность токовой посылки, период и амплитуду сигнала. Занести осциллограмму сигнала в отчет. Перевести осциллограф в режим спектрального анализа. На экране спектроанализатора наблюдать спектр импульсного сигнала. Занести спектрограмму в отчет. Перевести цифровой осциллограф из режима спектрального анализа в режим осциллографа.

Подключить первый канал осциллографа (1 рис. 1.7) к выходу тактовой синхронизации « $T=17t$ » (20 рис. 1.3) панели «Блок синхронизации». На экране осциллографа наблюдать импульсный сигнал. По экрану осциллографа измерит длительность токовой посылки, период и амплитуду сигнала. Занести осциллограмму сигнала в отчет. Перевести осциллограф в режим спектрального анализа. На экране спектроанализатора наблюдать спектр импульсного сигнала. Занести спектрограмму в отчет. Перевести цифровой осциллограф из режима спектрального анализа в режим осциллографа.

Подключить первый канал осциллографа (15 рис. 1.3) к выходу цикловой синхронизации « $t=450\text{мкс}$ » (21 рис. 1.53) панели «Блок синхронизации». На экране осциллографа наблюдать импульсный сигнал. По экрану осциллографа измерит длительность токовой посылки, период и амплитуду сигнала. Занести осциллограмму сигнала в отчет. Перевести осциллограф в режим спектрального анализа. На экране спектроанализатора наблюдать спектр импульсного сигнала. Занести спектрограмму в отчет. Перевести цифровой осциллограф из режима спектрального анализа в режим осциллографа.

Подключить первый канал осциллографа (10 рис. 1.3) к выходу «Выход 0 dB» (10 рис. 1.3) панели «Функциональный генератор». Оперирова кнопками «Шаг частоты» (7 рис. 1.3) и «Частота +» (6 рис. 1.3) и «Частота -» (5 рис. 1.3), наблюдая за индикатором (4 рис. 1.3), установить частоту 1000 Гц. Установить регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели «Функциональный генератор» в среднее положение. На экране осциллографа наблюдать импульсный сигнал. Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) установить следующие виды сигнала: синус, меандр, треугольник, прямая пила, обратная пила, сумма первой и второй гармоники, сумма первой и третьей гармоники. Для каждого вида сигнала по экрану осциллографа измерить параметры сигнала. Занести осциллограммы сигнала в отчет. Перевести осциллограф в режим спектрального анализа. На экране спектроанализатора наблюдать спектры импульсного сигнала. Занести спектрограммы в отчет. Сделать выводы о функциональной взаимосвязи временной функции сигнала и ее энергетического спектра.

2.2. Лабораторная работа №2. «Исследование процессов дискретизации и восстановления непрерывных сигналов».

В ходе выполнения лабораторной работы используется сменный блок «Модуль «Дискретизация сигналов» (рис. 1.4) и базовый блок (рис. 1.1)

Установить сменный блок на лабораторном столе справа от базового блока.

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в нижнее положение (Питание выключено), при этом индикаторы Модуля питания (4 рис. 1.2) не должны светиться.

Подать на сменный блок питание, для этого соединить шлейфом разъем «Питание модулей» (11 рис. 1.2) с разъемом «Питание» (2 рис. 1.4) сменного блока «Дискретизация сигналов».

***Внимание! Шлейфы в разъемы включать ключом вниз!
Неправильная установка шлейфа питания может вывести из строя
электрическую схему сменного блока!***

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в верхнее положение (Питание включено), при этом индикаторы Модуля питания (1,2 рис. 1.2) и контрольные индикаторы питающих напряжений «+5V», «+12V», «-12V» сменного блока «Модуль «Дискретизация сигналов»» (1 рис. 1.4) должны светиться.

Исследование процессов дискретизации и восстановления сигналов.

Коаксиальным кабелем соединить выход «0 dB» Функционального генератора (10 рис. 1.3) ко входу Схемы выборки-хранения (3 рис. 1.4).

Коаксиальным кабелем подключить первый вход осциллографа к контакту «Выход -20dB» функционального генератора (10 рис. 1.3.)

Подключить второй вход осциллографа к выходу Схемы выборки хранения сменного блока (11 рис. 1.4).

Установить регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) Функционального генератора в среднее положение. Наблюдая за показаниями индикатора Функционального генератора (4 рис. 1.3), с помощью кнопок «Частота -», «Частота +», «Шаг частоты» (5,6,7 рис. 1.3) установить частоту 1500 Гц. Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) и наблюдая за показаниями индикатора Функционального генератора (4 рис. 1.3), установить вид сигнала «Синус».

Кратковременно нажать кнопку «3 кГц» панели «Частота дискретизации» сменного блока (5 рис. 1.4), установить частоту дискретизации 3 кГц (при этом должен светиться контрольный индикатор «3 кГц»).

Наблюдая на экране осциллографа сигнал первого канала, плавно поворачивая по часовой стрелке ручку «Уровень сигнала» (8 рис. 1.3) НЧ-генератора, установите амплитуду сигнала на выходе аттенюатора около 0,1

В (что соответствует уровню сигнала на выходе «0 dB» 1В). В дальнейшем, при необходимости, осуществлять подстройку амплитуды входного сигнала.

На экране осциллографа наблюдать за осциллограммами сигнала на входе Схемы выборки хранения (первый луч) и на выходе (второй луч). Занести осциллограммы в отчет. Последовательно нажимать на кнопки панели «Частота дискретизации» «6 кГц» (6 рис. 1.4), «12 кГц» (7 рис. 1.4), «24 кГц» (8 рис. 1.4), «32 кГц» (9 рис. 1.4), «48 кГц» (10 рис. 1.4). Для каждой текущей частоты дискретизации наблюдать осциллограммы на входе и выходе Схемы выборки-хранения. Сделать вывод о влиянии частоты дискретизации на форму дискретизированного сигнала. Подключить второй канал осциллографа к выходу ФНЧ1 (12 рис. 1.4). Сделать вывод о влиянии фильтрации на форму восстановленного сигнала. Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет.

Провести аналогичные исследования для других видов входных сигналов. Выбор сигналов осуществляется с помощью кнопок «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) Функционального генератора. Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет.

Исследование нелинейных искажений восстановленного сигнала.

Установить регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) Функционального генератора в среднее положение. Наблюдая за показаниями индикатора Функционального генератора (4 рис. 1.3), с помощью кнопок «Частота -», «Частота +», «Шаг частоты» (5,6,7 рис. 1.3) установить частоту 6 кГц. Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) и наблюдая за показаниями индикатора Функционального генератора (4 рис. 1.3), установить вид сигнала «Синус».

Кратковременно нажать кнопку «3 кГц» панели «Частота дискретизации» (5 рис. 1.4). Перевести цифровой осциллограф в режим спектрального анализа сигнала второго канала.

Подключать второй канал осциллографа к контактам «Выход 1» ФНЧ1 с частотой среза 3 кГц .

По экрану спектроанализатора измерить амплитуду основной (первой) гармоники U_1 и амплитуды высших гармоник. По формуле рассчитать коэффициент гармонических искажений:

$$K_{\Gamma} = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}}{U_1} .$$

Рассчитанные значения K_{Γ} занести в первую ячейку таблицы .

Подключить второй канал осциллографа к контактам «Выход 1» ФНЧ2 с частотой среза 6 кГц. Рассчитать коэффициент гармонических искажений и занести их во вторую ячейку таблицы 2.1.

Подключать второй канал осциллографа к контактам «Выход 1» ФНЧ1 с частотой среза 3 кГц , «Выход 2» ФНЧ2 с частотой среза 6 кГц и ФНЧ3 с частотой среза 12 кГц. Рассчитать коэффициент гармонических искажений и занести их в третью ячейку таблицы 1.

Табл. 2.1. Зависимость K_{Γ} от частоты среза формирующего фильтра

$U_1, В$ (амплитуда первой гармоники)	$F_{\text{среза}}=3\text{кГц}$	$F_{\text{среза}}=6\text{кГц}$	$F_{\text{среза}}=12\text{кГц}$
$K_{\text{гарм.иск.}}$ (коэффициент гармонических искажений)			

Сделать вывод о влиянии частоты среза на гармонические искажения сигнала.

2.3 Лабораторная работа №3. «Исследование амплитудного модулятора».

В ходе выполнения лабораторной работы используется сменный блок «Модулятор демодулятор» (рис .1.5) и базовый блок (рис. 1.1)

Установить сменный блок на лабораторном столе справа от базового блока.

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в нижнее положение (Питание выключено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) не должны светиться.

Подать на сменный блок питание, для этого соединить шлейфом разъем «Питание модулей» (11 рис. 1.2) с разъемом «Питание» (2 рис. 1.5) сменного блока «Модулятор демодулятор».

***Внимание! Шлейфы в разъемы включать ключом вниз!
Неправильная установка шлейфа питания может вывести из строя электрическую схему сменного блока!***

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в верхнее положение (Питание включено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.3) и контрольные индикаторы питающих напряжений «+5V», «+12V», «-12V» сменного блока «Модулятор демодулятор» (1 рис. 1.5) должны светиться.

Исследование модуляционной характеристики.

Подключить контакт «Вход 2» (4 рис. 1.5) сменного блока с контактом «0...+10В» (3 рис. 1.2) Модуля питания. Повернуть регулятор «Установка +U» (2 рис. 1.2) против часовой оси в крайнее левое положение.

Соединить контакт общей цепи (Земля) сменного блока (5 рис. 1.5) с контактом общей цепи (Земля) (4 рис. 1.2) Модуля питания.

Подключить первый вход осциллографа к коаксиальному контакту «Выход АМ сигнала» (8 рис.1.5) сменного блока.

Повернуть регулятор «Уровень АМ сигнала» (6 рис. 1.5) по часовой стрелке до упора.

Плавно поворачивая регулятор «Установка +U» (2 рис. 1.2), наблюдать за показаниями вольтметра положительного канала Модуля питания (1 рис. 1.2) и по экрану осциллографа измерять текущую амплитуду сигнала на выходе Амплитудного модулятора. Полученную экспериментальную зависимость занести в таблицу:

Табл. 3.1 Модуляционная характеристика амплитудного модулятора.

Управляющее напряжение, В (показания вольтметра)				
Амплитуда сигнала на выходе модулятора, В (показания осциллографа)				

На основании данных таблицы построить график модуляционной характеристики.

Исследование динамических характеристик модулятора.

Отключить проводники от контактов «Вход 2» и «Земля» (4,5 рис. 1.5) сменного блока.

Повернуть регулятор «Уровень АМ сигнала» (6 рис. 1.5) по часовой стрелке до упора.

Соединить коаксиальный контакт «Выход 0 dB» (10 рис. 1.3) панели «Функциональный генератор» с контактом «Вход 1» (3 рис. 1.5) сменного блока. Установить регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) Функционального генератора в крайнее левое положение. Наблюдая за показаниями индикатора Функционального генератора (4 рис. 1.3), с помощью кнопок «Частота -», «Частота +», «Шаг частоты» (5,6,7 рис. 1.3) установить частоту 1000 Гц. Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) и наблюдая за показаниями индикатора Функционального генератора (4 рис. 1.3), установить вид сигнала «Синус».

Плавно поворачивая регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) Функционального генератора по часовой стрелке наблюдать за показаниями осциллографа. Занести в отчет три-четыре осциллограммы с различными уровнями модуляции. Для каждой осциллограммы рассчитать Коэффициент амплитудной модуляции:

$$m = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}}$$

Обратить внимание на эффект «перемодуляции» когда $m \rightarrow 1$.

Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) панели Функциональный генератор установить режим генерации сигнала прямоугольной формы типа «Меандр».

По экрану осциллографа определить вид искажений модулированного сигнала и определить постоянную времени τ модулятора (примечание: постоянная времени τ определяющая как время, через которое амплитуда процесса упадет в «2.73» раз).

Рассчитать граничную частоту модулятора как $f \approx 1/\tau$ (Гц).

Перевести осциллограф в режим спектроанализатора. Наблюдать изменение спектра модулированного сигнала в зависимости от глубины модуляции импульсного сигнала. Наиболее характерные спектрограммы занести в отчет

2.4 Лабораторная работа №4. «Исследование частотного модулятора».

В ходе выполнения лабораторной работы используется сменный блок «Модулятор демодулятор» (рис. 1.5) и базовый блок (рис. 1.1)

Установить сменный блок на лабораторном столе справа от базового блока.

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в нижнее положение (Питание выключено), при этом индикаторы Модуля питания (4 рис. 1.2) не должны светиться.

Подать на сменный блок питание, для этого соединить шлейфом разъем «Питание модулей» (11 рис. 1.2) с разъемом «Питание» (2 рис. 1.5) сменного блока «Модулятор демодулятор».

***Внимание! Шлейфы в разъемы включать ключом вниз!
Неправильная установка шлейфа питания может вывести из строя электрическую схему сменного блока!***

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в верхнее положение (Питание включено), при этом индикаторы Модуля питания (4 рис. 1.и) и контрольные индикаторы питающих напряжений «+5V», «+12V», «-12V» сменного блока «Модулятор демодулятор» (1 рис. 1.5) должны светиться.

Исследование модуляционной характеристики.

Фактически, частотный модулятор представляет собой Генератор Управляемый Напряжением, частота которого меняется в линейной зависимости от величины регулирующего (управляющего) напряжения. В таком случае Модуляционную характеристику называют Регулировочной характеристикой.

Подключить контакт «Вход 2» (4 рис. 1.5) сменного блока с контактом «0...+10В» (3 рис. 1.2) Модуля питания. Повернуть регулятор «Установка +U» (2 рис. 1.2) против часовой оси в крайнее левое положение.

Соединить контакт общей цепи (Земля) сменного блока (5 рис. 1.5) с контактом общей цепи (Земля) (4 рис. 1.2) Модуля питания.

Подключить первый вход осциллографа к коаксиальному контакту «Выход ЧМ сигнала» (9 рис.1.5) сменного блока.

Повернуть регулятор «Уровень ЧМ сигнала» (7 рис. 1.5) по часовой стрелке до упора.

Плавно поворачивая регулятор «Установка +U» (2 рис. 1.2), наблюдать за показаниями вольтметра положительного канала Модуля питания (1 рис. 1.2) и по экрану осциллографа измерять текущую частоту сигнала на выходе Частотного модулятора. Полученную экспериментальную зависимость занести в таблицу:

Табл. 4.1 Модуляционная характеристика частотного модулятора.

Управляющее напряжение, В (показания вольтметра)				
Частота сигнала на выходе модулятора, Гц				

(показания осциллографа)				
--------------------------	--	--	--	--

На основании данных таблицы построить график модуляционной характеристики.

Исследование Частотной модуляции переменным сигналом.

Так как в процессе частотной модуляции по закону модулирующего сигнала меняется текущая частота, то наибольшей наглядностью будет обладать сигнал с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ). Для ознакомления с ним необходимо выполнить следующие действия:

Отключить проводники от контактов «Вход 2» и «Земля» (4,5 рис. 1.5) сменного блока.

Повернуть регулятор «Уровень ЧМ сигнала» (7 рис. 1.5) по часовой стрелке до упора.

Соединить коаксиальный контакт «Выход 0 dB» (10 рис. 1.3) панели «Функциональный генератор» с контактом «Вход 1» (3 рис. 1.5) сменного блока. Установить регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) Функционального генератора в крайнее левое положение. Наблюдая за показаниями индикатора Функционального генератора (4 рис. 1.3), с помощью кнопок «Частота -», «Частота +», «Шаг частоты» (5,6,7 рис. 1.3) установить частоту 1000 Гц. Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) и наблюдая за показаниями индикатора Функционального генератора (4 рис. 1.3), установить вид сигнала «Пила».

Плавно поворачивая регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) Функционального генератора по часовой стрелке наблюдать за показаниями осциллографа. Занести в отчет три-четыре осциллограммы с различными уровнями модуляции.

Перевести осциллограф в режим спектроанализатора. Наблюдать изменение спектра модулированного сигнала в зависимости от глубины модуляции импульсного сигнала. Наиболее характерные спектрограммы занести в отчет

2.5 Лабораторная работа №5. «Исследование помехоустойчивости систем связи с Амплитудной и Частотной модуляцией».

В ходе выполнения лабораторной работы используется сменный блок «Модулятор демодулятор» (рис. 1.5) и базовый блок (рис. 1.1)

Установить сменный блок на лабораторном столе справа от базового блока.

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в нижнее положение (Питание выключено), при этом индикаторы Модуля питания (4 рис. 1.2) не должны светиться.

Подать на сменный блок питание, для этого соединить шлейфом разъем «Питание модулей» (11 рис. 1.2) с разъемом «Питание» (2 рис. 1.5) сменного блока «Модулятор демодулятор».

Внимание! Шлейфы в разъемы устанавливаются ключом вниз! Неправильная установка шлейфа питания может вывести из строя электрическую схему сменного блока!

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в верхнее положение (Питание включено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) и контрольные индикаторы питающих напряжений «+5V», «+12V», «-12V» сменного блока «Модулятор демодулятор» (1 рис. 1.5) должны светиться.

Соединить коаксиальный контакт «Выход 0 dB» (10 рис. 1.3) панели «Функциональный генератор» с контактом «Вход 1» (3 рис. 1.5) сменного блока. Установить регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) Функционального генератора в крайнее среднее положение. Наблюдая за показаниями индикатора Функционального генератора (4 рис. 1.3), с помощью кнопок «Частота -», «Частота +», «Шаг частоты» (5,6,7 рис. 1.3) установить частоту 1000 Гц. Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) и наблюдая за показаниями индикатора Функционального генератора (4 рис. 1.3), установить вид сигнала «Синус».

Установить в крайнее правое положение регуляторы «Уровень АМ сигнала» (8 рис. 1.5) и «Уровень ЧМ сигнала» (9 рис. 1.5).

Соединить коаксиальный контакт «Выход» панели Генератор шума Основного блока (14 рис. 1.3) с коаксиальным контактом «Шум» (10 рис. 1.5) сменного блока «Модулятор демодулятор». Установить регулятор «Уровень сигнала» (13 рис. 1.3) в крайнее левое положение.

Исследование помехоустойчивости системы связи с Амплитудной модуляцией

Подключить первый канал осциллографа «CH1» (15 рис. 1.3) к коаксиальному контакту «Выход сумматора 1» (11 рис. 1.5) канала АМ тракта сменного блока «Модулятор демодулятор».

Подключить второй канал осциллографа «CH2» (16 рис. 1.3) к контакту выхода Фильтра низкой частоты Амплитудного детектора «Выход ФНЧ1» (15 рис. 1.5).

Установить регулятор «Уровень АМ сигнала» (6 рис. 1.5) в среднее положение.

Пользуясь функциями математической обработки USB осциллографа, определить среднеквадратическое (RMS) значение полезного сигнала $U_{c_вх}$ на входе Амплитудного детектора (первый канал осциллографа) и на выходе $U_{c_вых}$ ФНЧ1 Амплитудного детектора (второй канал осциллографа). Занесите показания в таблицу 5.1. Повернуть регулятор «Уровень АМ сигнала» (6 рис. 1.5) против часовой оси до упора

Установить регулятор «Уровень сигнала» (13 рис. 1.3) панели Генератор шума в крайнее левое положение.

Затем, плавно поворачивая регулятор «Уровень сигнала» (13 рис. 1.3) панели Генератор шума и устанавливая регулятор у каждой риски лимба регулятора, для каждого положения измерить отношение сигнал/шум на входе и выходе Амплитудного детектора. Для этого необходимо:

1. Установить регулятор «Уровень сигнала» (13 рис. 1.3) панели «Генератор шума» у соответствующей риски лимба.

2. Пользуясь функциями математической обработки USB осциллографа (RMS), определить среднеквадратическое значение шума на входе $U_{\text{ш_вх}}$ Амплитудного детектора (первый канал осциллографа) и на выходе $U_{\text{ш_вых}}$ ФНЧ1 Амплитудного детектора (второй канал осциллографа). Занесите показания в таблицу 5.1.
3. Вернуться к п 1. настоящего списка.

Таблица 5.1. Помехоустойчивость АМ – системы связи

1	Среднеквадратическое напряжение полезного сигнала на входе АД, $U_{\text{с_вх}}, (\text{В})$			
2	Среднеквадратическое напряжение шума на входе АД, $U_{\text{ш_вх}}, (\text{В})$			
3	Отношение сигнал/шум на входе АД, $U_{\text{с_вх}} / U_{\text{ш_вх}}$			
4	Среднеквадратическое напряжение полезного сигнала на выходе АД, $U_{\text{с_вых}}, (\text{В})$			
5	Среднеквадратическое напряжение шума на выходе АД, $U_{\text{ш_вых}}, (\text{В})$			
6	Отношение сигнал/шум на выходе АД, $U_{\text{с_вых}} / U_{\text{ш_вых}}$			

На основании полученных экспериментальных данных построить графическую зависимость отношения сигнал/шум на выходе АД (5-я строка табл. 5.1) от отношения сигнал/шум на входе АД (3-я строка табл. 5.1).

Исследование помехоустойчивости системы связи с Частотной модуляцией

Подключить первый канал осциллографа «CH1» (15 рис. 1.3) к коаксиальному контакту «Выход сумматора 2» (12 рис. 1.5) канала ЧМ тракта сменного блока «Модулятор демодулятор».

Подключить второй канал осциллографа «CH2» (16 рис. 1.3) к контакту выхода Фильтра низкой частоты Частотный детектора «Выход ФНЧ2» (16 рис. 1.5).

Установить регулятор «Уровень ЧМ сигнала» (7 рис. 1.5) в среднее положение.

Пользуясь функциями математической обработки USB осциллографа, определить среднеквадратическое (RMS) значение полезного сигнала $U_{c_вх}$ на входе Частотного детектора (первый канал осциллографа) и на выходе $U_{c_вых}$ ФНЧ2 Частотного детектора (второй канал осциллографа). Занесите показания в таблицу 5.2. Повернуть регулятор «Уровень ЧМ сигнала» (7 рис. 1.5) против часовой оси до упора

Установить регулятор «Уровень сигнала» (13 рис. 1.3) панели Генератор шума в крайнее левое положение.

Затем, плавно поворачивая регулятор «Уровень сигнала» (13 рис. 1.3) панели Генератор шума и устанавливая регулятор у каждой риски лимба регулятора, для каждого положения измерить отношение сигнал/шум на входе и выходе Частотного детектора. Для этого необходимо:

4. Установить регулятор «Уровень сигнала» (13 рис. 1.3) панели «Генератор шума» у соответствующей риски лимба.
5. Пользуясь функциями математической обработки USB осциллографа, определить среднеквадратическое значение шума на входе $U_{ш_вх}$ Частотного детектора (первый канал осциллографа) и на выходе $U_{ш_вых}$ ФНЧ2 Частотного детектора (второй канал осциллографа). Занесите показания в таблицу 5.2.
6. Вернуться к п 1. настоящего списка.

Таблица 5.2 Помехоустойчивость ЧМ – системы связи

1	Среднеквадратическое напряжение полезного сигнала на входе ЧМ, $U_{C_ВХ}$, (В)			
2	Среднеквадратическое напряжение шума на входе ЧМ, $U_{Ш_ВХ}$, (В)			
3	Отношение сигнал/шум на входе ЧМ, $U_{C_ВХ} / U_{Ш_ВХ}$			
4	Среднеквадратическое напряжение полезного сигнала на выходе ЧМ, $U_{C_ВЫХ}$, (В)			
5	Среднеквадратическое напряжение шума на выходе ЧМ, $U_{Ш_ВЫХ}$, (В)			
6	Отношение сигнал/шум на выходе ЧМ, $U_{C_ВЫХ} / U_{Ш_ВЫХ}$			

На основании полученных экспериментальных данных построить графическую зависимость отношения сигнал/шум на выходе ЧД (5-я строка табл. 5.2) от отношения сигнал/шум на входе АД (3-я строка табл. 5.2).

Сравнить графики помехоустойчивости АМ- системы (данные табл. 5.1) и график ЧМ- системы (данные табл. 5.2). Сделать вывод о помехоустойчивости обоих методов модуляции.

Качественное сравнение помехоустойчивости АМ и ЧМ – систем связи.

Для большей наглядности, сравнение помехоустойчивости обеих видов модуляции рекомендуется провести их качественное сравнение. Для этого необходимо первый канал осциллографа (СН1 15 рис. 1.3) подключить к коаксиальному контакту выхода ФНЧ Амплитудного детектора «Выход

ФНЧ1» (15 рис. 1.5). Второй канал осциллографа (CH2 16 рис. 1.3) подключить к выходу ФНЧ Частотного детектора «Выход ФНЧ2» (16 рис. 1.5).

Установить в среднее положение регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели «Функциональный генератор».

Установить в крайнее левое регулятор «Уровень сигнала» (13 рис. 1.3) панели Генератор шума.

Плавно поворачивая по часовой оси регулятор «Уровень сигнала» (13 рис. 1.3) панели Генератор шума, наблюдать за осциллограммами сигнала на выходе Амплитудного детектора (первый канал) и Частотного детектора (второй канал). Обратить внимание на соотношение интенсивности помех первого и второго канала. Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет. Сделать выводы о помехоустойчивости АМ и ЧМ видов модуляции.

2.6 Лабораторная работа №6. «Исследование преобразования формы и спектра сигналов нелинейными цепями».

В лабораторной работе используется сменный блок «Преобразование сигналов в нелинейных цепях» (рис. 1.6) и базовый блок (рис. 1.1).

Установить сменный блок на лабораторном столе справа от базового блока.

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в нижнее положение (Питание выключено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) не должны светиться.

Подать на сменный блок питание, для этого соединить шлейфом разъем «Питание модулей» (11 рис. 1.2) с разъемом «Питание» (2 рис. 1.6) сменного блока «Преобразование сигнала в нелинейных цепях».

***Внимание! Шлейфы в разъемы устанавливаются ключом вниз!
Неправильная установка шлейфа питания может вывести из строя электрическую схему сменного блока!***

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в верхнее положение (Питание включено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) и контрольные индикаторы питающих напряжений «+5V», «+12V», «-12V» сменного блока «Преобразование сигнала в нелинейных цепях» (1 рис. 1.6) должны светиться.

Коаксиальным кабелем соединить выход «0 dB» (10 рис. 1.3) панели «Функциональный генератор» с коаксиальным контактом «Вход 1» сменного блока (7 рис. 1.6). Подключить первый вход осциллографа (СН1 15 рис. 1.3)) к коаксиальному контакту «Выход 1» сменного блока (7 рис. 1.6). Установить в крайнее левое положение регулятор «Смещение E1» (4 рис.1.6) и установить в среднее положение регулятор «Смещение E2» (6 рис. 1.6).

Установить в верхнее положение «Переключатель Rk» (10 рис. 1.6). Установить в нижнее положение «Переключатель LC» (11 рис.1.6).

Установить регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) Функционального генератора в крайнее среднее положение. Наблюдая за показаниями индикатора Функционального генератора (4 рис. 1.3), с помощью кнопок «Частота -», «Частота +», «Шаг частоты» (5,6,7 рис. 1.3) установить частоту 1000 Гц. Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) и наблюдая за показаниями индикатора Функционального генератора (4 рис. 1.3), установить вид сигнала «Синус».

Плавно поворачивая по часовой стрелке регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор и наблюдая за экраном осциллографа (СН1), установите амплитуду синусоиды на экране около 1 В. Если форма сигнала сильно отличается от синусоидальной, плавно вращая регуляторы «Смещение E1» (4 рис.1.6) и «Смещение E2» (6 рис. 1.6) добейтесь минимальных искажений.

Установить регулятор «Смещение E1» (4 рис. 1.6) в крайнее левое положение. Затем, медленно вращая регулятор «Смещение E1» (4 рис. 1.6) его по часовой стрелке, плавно увеличьте напряжение смещения первого затвора. Напряжение в базовой цепи будет индицироваться на экране

индикатора (3 рис. 1.6). На экране осциллографа наблюдать за изменением формы сигнала.

Измерить угол отсечки (см. рис.2.1) *Обратить внимание, что в исследуемом каскаде транзистор включен по схеме общим стоком, который инвертирует напряжение входного сигнала. Поэтому сигнал напряжения наблюдаемый на экране осциллографа будет инверсным сигналу тока. Действительно, если при закрытом транзисторе ($I_u = 0$), напряжение в истоке будет максимальным ($U_u = U_{питания}$), то в случае протекания тока истока ($(I_u > 0)$) (транзистор открывается) и напряжение в истоке снижается ($U_u < U_{питания}$). Таким образом, сигнал напряжения наблюдаемый на экране осциллографа является инверсным сигналу тока, протекающего в коллекторной цепи транзистора.*

В отчет занести наиболее характерные осциллограммы, спектрограммы сигнала и соответствующее им напряжение смещения (показания вольтметра): режимы А ($\Theta = 180^\circ$), АВ ($\Theta < 90^\circ$), В ($\Theta = 90^\circ$), С ($\Theta > 90^\circ$) (см. рис. 6.1), а так же режим «насыщения»- ограничение сигнала «сверху» .

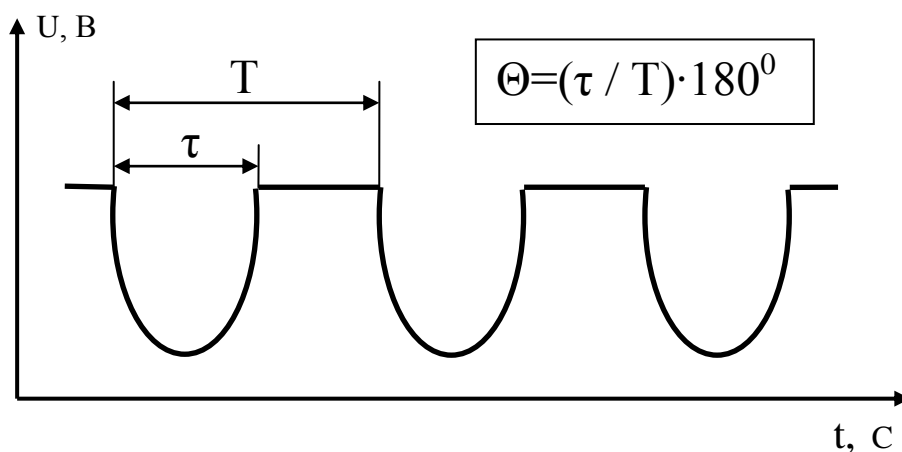


Рис. 6.1 Расчет угла отсечки тока по осциллограмме напряжения.

На экране осциллографа измерить угол отсечки (рис. 6.1). Результаты измерений занести в отчет в виде таблицу:

Таблица 6.1 Экспериментальная зависимость угла отсечки от напряжения смещения.

$U_{см1}, В$						
$\Theta, ^\circ$						

По табличным данным построить график зависимости $\Theta=f(U_B)$ и занести его в отчет.

2.7 Лабораторная работа №7. «Исследование работы смесителя на двузатворном полевом транзисторе и амплитудного детектора».

В лабораторной работе используется сменный блок «Преобразование сигналов в нелинейных цепях» (рис. 1.6) и базовый блок (рис. 1.1).

Установить сменный блок на лабораторном столе справа от базового блока.

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в нижнее положение (Питание выключено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) не должны светиться.

Подать на сменный блок питание, для этого соединить шлейфом разъем «Питание модулей» (11 рис. 1.2) с разъемом «Питание» (2 рис. 1.6) сменного блока «Преобразование сигнала в нелинейных цепях».

Внимание! Шлейфы в разъемы устанавливаются ключом вниз! Неправильная установка шлейфа питания может вывести из строя электрическую схему сменного блока!

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в верхнее положение (Питание включено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) и контрольные индикаторы питающих напряжений «+5V», «+12V», «-12V» сменного блока «Преобразование сигнала в нелинейных цепях» (1 рис. 1.6) должны светиться.

Коаксиальным кабелем соединить выход «0 dB» (10 рис. 1.3) панели «Функциональный генератор» с коаксиальным контактом «Вход 1» сменного блока (7 рис. 1.6). Подключить первый вход осциллографа (CH1 15

рис. 1.3)) к коаксиальному контакту «Выход 1» сменного блока (7 рис. 1.6). Установить в крайнее левое положение регулятор «Смещение E1» (4 рис.1.6) и установить в среднее положение регулятор «Смещение E2» (6 рис. 1.6).

Установить в верхнее положение «Переключатель Rk» (10 рис. 1.6). Установить в нижнее положение «Переключатель LC» (11 рис. 1.6).

Установить регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) Функционального генератора в среднее положение. Наблюдая за показаниями индикатора Функционального генератора (4 рис. 1.3), с помощью кнопок «Частота -», «Частота +», «Шаг частоты» (5,6,7 рис. 1.3) установить частоту 100 кГц. Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) и наблюдая за показаниями индикатора Функционального генератора (4 рис. 1.3), установить вид сигнала «Синус».

Коаксиальным кабелем соединить контакт «Выход» (1 рис. 1.3) панели ВЧ генератор с контактом «Вход 2» (8 рис. 1.6) сменного блока. Установить регулятор «Глубина АМ» (3 рис. 1.3) в крайнее левое положение, а регулятор «Уровень сигнала» (2 рис. 1.3) в среднее положение.

Подключить первый канал осциллографа CH1 (15 рис. 1.3) к контакту «Вход 1» (7 рис. 1.6) сменного блока. Подключить второй канал осциллографа CH2 (16 рис. 1.3) к контакту «Вход 2» (8 рис. 1.6) сменного блока. Наблюдая за экраном осциллографа и плавно вращая регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор, установить амплитуду сигнала первого канала осциллографа (CH1) равной 1 В. Наблюдая за экраном осциллографа и плавно вращая регулятор «Уровень сигнала» (1 рис. 1.3) панели ВЧ генератор, установить амплитуду второго канала осциллографа равной 1 В.

Подключить второй канал осциллографа CH2 (16 рис. 1.3) к контакту «Выход 1» (9 рис. 1.6) сменной панели.

Установить переключатель «Rn» (10 рис. 1.6) в верхнее положение.

Установить переключатель «LC» (11 рис. 1.6) в нижнее положение .

Установить в среднее положение регуляторы «Смещение E1» и «Смещение E2» (4 и 6 рис. 1.6) сменного блока.

Наблюдать на экране второго канала (CH2) осциллографа сигнал на выходе смесителя – результат умножения двух входных синусоид.

Наблюдать изменение сигнала при изменении:

1. Напряжения смещения затворов (варьировать положение регуляторов «Смещение 1» (4 рис. 1.6) и «Смещение 2» (6 рис. 1.6);
2. Амплитуды входных сигналов (варьировать положение регулятора «Уровень сигнала» (2 рис. 1.3) панели ВЧ генератор и регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор;
3. Разности частот сигналов (с помощью кнопок «Частота +» и «Частота -» (5 и 6 рис. 1.3) панели Функциональный генератор.

Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет.

Исследование возможности применения смесителя на двухзатворном транзисторе в качестве амплитудного модулятора.

Установить частоту генерации Функционального генератора 1 кГц, вид сигнала – «Синус».

Установить в среднее положение регуляторы «Смещение 1» и «Смещение 2» (4 и 6 рис. 1.6). Установить переключатель «Rk» (10 рис. 1.6) в нижнее положение, а переключатель «LС» в верхнее положение.

Оперируя регуляторами «Смещение 1» и «Смещение 2» (4 и 6 рис. 1.6), а также регулятор «Уровня сигнала» (1 рис. 1.3) панели ВЧ генератор и регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор и наблюдать за сигналом на экране осциллографа. Определить влияние каждого из регуляторов на форму сигнала. Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет. Путем варьирования положения указанных выше регуляторов, добиться формы сигнала на экране осциллографа,

наиболее близкой к классической амплитудной модуляции, процесс детектирования которой будет изучаться в следующем ниже пункте.

Исследование особенностей работы амплитудного детектора.

Подключить первый вход осциллографа (СН1) к выходу амплитудного детектора «Выход 2» (14 рис. 1.6) сменного блока.

Установить регулятор «Rн» (12 рис. 1.6) в крайнее правое положение, а галетный переключатели «Сн» (13 рис. 1.6) в нижнее положение .

На экране осциллографа наблюдать форму сигнала на выходе детектора. Последовательно устанавливая переключатели «Сн» (13 рис. 1.6) в положение «0,68 нФ», «15 нФ», «220 нФ». Для каждого положения регулятором «Rн» варьировать сопротивление нагрузки. Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет.

Измерение амплитудной характеристики детектора. Подключить первый канал осциллографа (СН1) к коаксиальному контакту «Выход 1» (14 рис. 1.6). Подключить второй канал осциллографа (СН2) к выходу амплитудного детектора. Установить второй канал осциллографа в режим «Открытый вход». Установить регулятор «Уровень сигнала» (2 рис. 1.3) панели ВЧ генератор и регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор в крайнее левое положение. Установить регулятор «Rн» (12 рис. 1.6) в крайнее правое положение, а переключатель «Сн» (13 рис. 1.6) в положении «220 нФ».

Плавно поворачивая по часовой стрелке регулятор «Уровень сигнала» панели ВЧ генератор (2 рис. 1.3) измерить зависимость постоянного напряжения на выходе детектора от амплитуды переменного сигнала на его входе. Амплитуду напряжения на входе детектора измерять по экрану первого канала осциллографа, а постоянное напряжение на выходе детектора - по показаниям второго канала осциллографа.

Полученные экспериментальные результаты занести в таблицу:

Табл. 7.1. Амплитудная характеристика АМ-детектора

Амплитуда входного сигнала, $U_{вх.В}$ (первый канал осциллографа)				
Постоянное напряжение на выходе детектора, $U_{вых В.}$ (второй канал осциллографа)				

По экспериментальным данным построить график зависимости $U_{вых}=f(U_{вх})$.

Исследование эффекта умножения частоты

Подключить первый вход осциллографа (СН1) к контакту «Выход1» (9 рис. 1.6) сменного блока.

Установить в нижнее положение переключатель «Rн» (10 рис. 1.6).

Установить в верхнее положение переключатель «LC» (11 рис. 1.6).

Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) и наблюдая за показаниями индикатора Функционального генератора (4 рис. 1.3), установить вид сигнала «Синус». Установить регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) Функционального генератора в среднее положение. Наблюдая за показаниями индикатора Функционального генератора (4 рис. 1.3), с помощью кнопок «Частота -», «Частота +», «Шаг частоты» (5,6,7 рис. 1.3) «сканировать» диапазон частот около 100 кГц. Найти частоту $f_{рез}$, соответствующую резонансу (максимуму) напряжения на контуре нагрузки.

Установить генерации функционального генератора в два раза ниже частоты резонанса $f_{рез}/2$. Оперирова регуляторами «Смещение E1» (4 рис. 1.6) «Смещение E2» (6 рис. 1.6) добиться максимальной амплитуды сигнала на резонансной нагрузке LC. Незначительно изменяя частоту генерации функционального генератора, осуществить «сканирование» диапазона частот вблизи $f_{рез}/2$ и убедиться в эффекте умножения частоты при комбинации нелинейного усиления сигнала с фильтрацией на резонансной нагрузке. Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет

2.8 Лабораторная работа №8. «Исследование принципов работы частотного модема».

В лабораторной работе используется сменный блок «Частотный модем» (рис. 1.7) и базовый блок (рис. 1.1).

Установить сменный блок на лабораторном столе справа от базового блока.

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в нижнее положение (Питание выключено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) не должны светиться.

Подать на сменный блок питание, для этого соединить шлейфом разъем «Питание модулей» (11 рис. 1.2) с разъемом «Питание» (2 рис. 1.7) сменного блока «Частотный модем».

Внимание! Шлейфы в разъемы устанавливаются ключом вниз! Неправильная установка шлейфа питания может вывести из строя электрическую схему сменного блока!

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в верхнее положение (Питание включено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) и контрольные индикаторы питающих напряжений «+5V», «+12V», «-12V» сменного блока «Частотный модем » (1 рис. 1.7) должны светиться.

Соединить коаксиальным кабелем контакт «Вход» (3 рис. 1.7) сменного блока с выходом «Выход 0 dB» (10 рис. 1.3) панели Функциональный генератор. Установить частоту генерации Функционального генератора 100 Гц, установить вид генерируемого сигнала – «меандр». Повернуть регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) против часовой оси до упора. Подключить первый канал осциллографа (CH1) (15 рис. 1.3) к коаксиальному контакту «Выход -20 dB» (11 рис. 1.3) панели Функциональный генератор. Подключить второй канал осциллографа (CH2) (16 рис. 1.3) к выходу ЧМ модулятора «Выход 1» сменного блока. Установить синхронизацию осциллографа от первого канала.

Плавнo поворачивая по часовой стрелке регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3), устанавливая в положение соответствующее риску лимба, наблюдать на экране осциллографа модулирующий сигнал (CH1) и частотно-манипулированный сигнал (CH2). По экрану осциллографа измерить частоты манипуляции, соответствующие логическому «0» и «1». Результаты занести в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 Зависимость разности частот манипуляции от величины модулирующего сигнала.

Положение регулятора «Уровень сигнала» (Номер риски лимба по часовой стрелке)				
Частота манипуляции, соответствующей лог. «1», f_1 (кГц)				
Частота манипуляции, соответствующей лог. «0», f_2 (кГц)				
Разность частот, $f_1 - f_2$, (кГц)				

Установить регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) в крайнее левое положение. Подключить второй канал осциллографа (CH2) к коаксиальному контакту «Выход 2» (5 рис. 1.7) выхода ЧМ детектора сменного блока.

Плавнo поворачивая по часовой стрелке регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3), устанавливая в положение соответствующее риску лимба, наблюдать на экране осциллографа модулирующий сигнал (CH1) и сигнал на выходе Частотного детектора (CH2). По экрану осциллографа измерять размах выходного сигнала, соответствующие логическому «0» и «1». Результаты занести в таблицу 8.2.

Таблица 8.2. Зависимость сигнала на выходе ЧМ детектора от величины модулирующего сигнала.

Положение регулятора «Уровень сигнала» (Номер риски лимба по часовой стрелке)				
Амплитуда сигнала на выходе ЧМ детектора (канал CH2 осциллографа), В				

Сопоставить данные табл. 8.1 и 8.2. Сделать выводы о соответствии разноса частот манипуляции и величины сигнала на выходе ЧМ детектора.

Оценить максимальную частоту (скорость) манипуляции.

2.9 Лабораторная работа №9. «Исследование LC автогенератора».

В лабораторной работе используется сменный блок «Исследование LC и RC автогенераторов» (рис. 1.8) и базовый блок (рис. 1.1).

Установить сменный блок на лабораторном столе справа от базового блока.

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в нижнее положение (Питание выключено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) не должны светиться.

Подать на сменный блок питание, для этого соединить шлейфом разъем «Питание модулей» (11 рис. 1.2) с разъемом «Питание» (2 рис. 1.8) сменного блока «Исследование LC и RC автогенераторов».

***Внимание! Шлейфы в разъемы устанавливать ключом вниз!
Неправильная установка шлейфа питания может вывести из строя электрическую схему сменного блока!***

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в верхнее положение (Питание включено), при этом индикаторы Модуля питания (4 рис. 1.2) и контрольные индикаторы питающих напряжений «+5V», «+12V», «-12V» сменного блока «Исследование LC и RC автогенераторов» (1 рис. 1.8) должны светиться.

Измерение амплитудно-частотной характеристики резонансной цепи автогенератора.

Соединить первый вход осциллографа CH1 (15 рис. 1.3) с контактом «Выход 1» (4 рис. 1.8) сменного блока.

Установить в среднее положение регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор.

Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) панели Функциональный генератор, установить вид сигнала «синус»

Соединить контакт «Выход 0 dB» (10 рис. 1.3) с контактом «База» (3 рис. 1.8) сменного блока.

Установить переключатель «С_{доп}» (5 рис. 1.8) в нижнее положение.

Нажать кнопку «Обратная связь» (6 рис. 1.8) сменного блока и удерживать кнопку на протяжении дальнейшего измерения АЧХ.

Изменяя частоту генерирования функционального генератора и наблюдая за экраном осциллографа, измерить Амплитудно-частотную характеристику контура резонансной цепи автогенератора. Занести текущие значения частоты (показания индикатора Функционального генератора) и соответствующей амплитуды (показания первого канала осциллографа) в таблицу 9.1.

Установить переключатель «С_{доп}» (5 рис. 1.8) в верхнее положение, при этом в контур резонансной цепи будет включена дополнительная емкость. Измерить амплитудно-частотную характеристику резонансной цепи. Результаты занести в таблицу 9.1

Отпустить кнопку «Обратная связь» (6 рис. 1.8) сменного блока.

Таблица 9.1 Амплитудно-частотные характеристики резонансной цепи автогенератора.

Частота, кГц				
Амплитуда сигнала, В , (дополнительная емкость не подключена)				
Амплитуда сигнала, В , (дополнительная емкость подключена)				

Построить графические зависимости амплитудно-частотной характеристики резонансной цепи контура в условиях подключенной и отключенной дополнительной емкости $C_{\text{доп}}$.

Измерение параметров резонансной цепи автогенератора.

Установить переключатель « $C_{\text{доп}}$ » (5 рис. 1.8) в нижнее положение.

На экране осциллографа наблюдать гармонический сигнал, генерируемый LC-генератором. Занести осциллограмму в отчет. Определить частоту колебаний сигнала. На основании формулы Томпсона

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

рассчитать индуктивность колебательного контура, в предположении, что суммарная емкость контура равна 320 пФ.

Установить переключатель « $C_{\text{доп}}$ » емкости колебательного контура в верхнее положение, при этом частота генерации LC-генератора изменится. Занести осциллограмму в отчет. По экрану осциллографа определить частоту генерации и рассчитать величину « $C_{\text{доп}}$ ».

Сделать выводы о влиянии емкости контура на его частоту генерации.

Исследование переходных процессов запуска генерации.

Подключить первый канал (CH1) осциллографа к выходу LC – автогенератора «Выход 1» (4 рис. 1.8) сменной панели.

Нажать и удерживать кнопку «Обратная связь» (6 рис. 1.8), при этом генерация LC – автогенератора прекратиться.

Установить ждущий режим синхронизации осциллографа с записью осциллограммы в память компьютера.

Отпустить кнопку «Обратная связь». На экране осциллографа наблюдать переходные процессы запуска автогенератора. Занести осциллограмму в отчет. Рассчитать постоянную времени переходных процессов.

2.10 Лабораторная работа №10. «Исследование RC-автогенератора с мостом Вина».

В лабораторной работе используется сменный блок «Исследование LC и RC автогенераторов» (рис. 1.8) и базовый блок (рис. 1.1).

Установить сменный блок на лабораторном столе справа от базового блока.

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в нижнее положение (Питание выключено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) не должны светиться.

Подать на сменный блок питание, для этого соединить шлейфом разъем «Питание модулей» (11 рис. 1.2) с разъемом «Питание» (2 рис. 1.8) сменного блока «Исследование LC и RC автогенераторов».

Внимание! Шлейфы в разъемы устанавливаются ключом вниз! Неправильная установка шлейфа питания может вывести из строя электрическую схему сменного блока!

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в верхнее положение (Питание включено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) и контрольные индикаторы питающих напряжений «+5V», «+12V», «-12V» сменного блока «Исследование LC и RC автогенераторов» (1 рис. 1.8) должны светиться.

Подключить первый вход осциллографа к выходу RC-генератора «Выход 2» (17 рис. 1.8). Установить регулятор «Частота» (8 рис. 1.8) в среднее положение, а регулятор «Усиление» (9 рис. 1.8) в крайнее левое положение.

Плавное поворачивание регулятора «Усиление» (9 рис. 1.8) по часовой стрелке наблюдать за сигналом на экране осциллографа. Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет. Обратить внимание на искажение гармонического сигнала при чрезмерно большом усилении автогенератора.

Последовательно устанавливая регулятор «Усиление» в положение, соответствующее рискам лимба, по экрану осциллографа измерить амплитуду генерируемых колебаний. Результаты занести в таблицу.

Табл. 10.1. Влияние усиления генератора Вина на амплитуду генерируемого сигнала

Угол поворота регулятора «Усиление» (Номер риски лимба по часовой стрелке)				
Амплитуда генерируемого сигнала, $U_{\text{вых}}$ В. (Показания осциллографа)				

Наблюдая за экраном осциллографа, установить регулятор «Усиление» (9 рис. 1.9) в положение, соответствующее минимальному искажению формы гармонического сигнала. Установить регулятор «Частота» (10 рис. 1.8) в крайнее правое положение. Наблюдая за экраном осциллографа, измерить частоту генерируемого сигнала. На основании формулы

$$f = \frac{1}{2\pi RC},$$

предполагая максимальное сопротивление переменного резистора равным 10кОм, рассчитать емкость C моста Вина.

Установить регулятор «Частота» в крайнее левое положение. Устанавливать регулятор «Частота» (8 рис. 1.8) в положения, соответствующее рискам лимба, наблюдать на экране осциллографа за изменением частоты генерируемого сигнала.

Последовательно устанавливая регулятор «Частота» в положения, соответствующее рискам лимба, по экрану осциллографа измерить частоту генерируемых колебаний. Результаты занести в таблицу.

Табл. 10.2 Влияние сопротивления моста Вина на частоту генерируемого сигнала

Угол поворота регулятора «Частота» (Номер риски лимба по часовой стрелке)				
Частота генерируемого сигнала, кГц. (Показания осциллографа)				

Сделать соответствующие выводы.

Исследование переходных процессов запуска генерации.

Подключить первый канал (CH1) осциллографа к выходу RC – автогенератора «Выход 2» (7 рис. 1.8) сменной панели.

Установить регуляторы «Частота» и «Усиление» (8,9 рис. 1.8) в среднее

Нажать и удерживать кнопку «Обратная связь» (6 рис. 1.8), при этом генерация RC – автогенератора прекратиться.

Установить ждущий режим синхронизации осциллографа с записью осциллограммы в память компьютера.

Отпустить кнопку «Обратная связь». На экране осциллографа наблюдать переходные процессы запуска автогенератора. Занести осциллограмму в отчет. Рассчитать постоянную времени переходных процессов

2.11 Лабораторная работа №11. «Исследование линейных избирательных цепей».

В лабораторной работе используется сменный блок «Линейные и нелинейные звенья» (рис. 1.9) и базовый блок (рис. 1.1).

Установить сменный блок на лабораторном столе справа от базового блока.

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в нижнее положение (Питание выключено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) не должны светиться.

Подать на сменный блок питание, для этого соединить шлейфом разъем «Питание модулей» (11 рис. 1.2) с разъемом «Питание» (2 рис. 1.9) сменного блока «Линейные и нелинейные звенья».

***Внимание! Шлейфы в разъемы устанавливать ключом вниз!
Неправильная установка шлейфа питания может вывести из строя электрическую схему сменного блока!***

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в верхнее положение (Питание включено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) и контрольные индикаторы питающих напряжений «+5V», «+12V», «-12V» сменного блока «Линейные и нелинейные звенья» (1 рис. 1.9) должны светиться.

Исследование Амплитудно-частотной характеристики Фильтра нижних частот

Соединить коаксиальный контакт «Вход 0dB» (10 рис. 1.3) панели Функциональный генератор с контактом «Вход 1» (3 рис. 1.9) сменного блока.

Подключить первый канал осциллографа (CH1) к коаксиальному контакту «Вход 1» (3 рис. 1.9) сменного блока.

Подключить второй канал осциллографа (CH2) к коаксиальному контакту «Выход 1» (4 рис. 1.9) выхода Фильтра нижних частот сменного блока.

Установить в среднее положение регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор. Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) панели Функциональный генератор, установить режим генерации «Синус».

Последовательно нажимая на кнопку «Частота + » (6 рис. 1.3) «просканировать» диапазон частот от 0 Гц до 5 кГц.

Наблюдая за экраном осциллографа, измерять амплитуду сигнала U_1 на входе (первый канал осциллографа) и выходе (второй канал осциллографа) фильтра нижних частот. Результаты занести в таб. 11.1. Для

каждого значения частоты рассчитать текущий коэффициент передачи фильтра.

Таблица 11.1 Амплитудно -частотная характеристика Фильтра нижних частот.

Частота, Гц				
Амплитуда сигнала на входе избирательной цепи, U_1 (В) (показание первого канала осциллографа),				
Амплитуда сигнала на выходе избирательной цепи, U_2 (В) (показание второго канала осциллографа),				
Коэффициент передачи $K = U_2 / U_1$				

На основании экспериментальных данных построить графическую зависимость Коэффициента передачи от Частоты.

Исследование прохождения прямоугольных импульсов через цепи Фильтра нижних частот.

Пользуясь кнопками «Частота +» и «Частота -» (5,6 рис. 1.3) панели Функциональный генератор, установить частоту генерации равной 100 Гц.

Кнопкой «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) панели Функциональный генератор установить режим генерации прямоугольных колебаний типа «меандр».

Установить в среднее положение регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор.

На экране первого канала осциллографа наблюдать сигнал на входе избирательной цепи, а на экране второго канала – сигнал на выходе.

Обратить внимание на характерные искажения формы сигнала в виде «заваливания» фронтов меандра. Последовательно нажимая на кнопку «Частота +» (6 рис. 1.3) панели Функциональный генератор, увеличивать

частоту генерации и наблюдать за формой сигнала на выходе Фильтра нижних частот. Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет.

Исследование Амплитудно-частотной характеристики Фильтра высоких частот

Соединить коаксиальный контакт «Вход 0dB» (10 рис. 1.3) панели Функциональный генератор с контактом «Вход 1» (3 рис. 1.9) сменного блока.

Подключить первый канал осциллографа (CH1) к коаксиальному контакту «Вход 1» (3 рис. 1.9) сменного блока.

Подключить второй канал осциллографа (CH2) к коаксиальному контакту «Выход 2» (5 рис. 1.9) выхода Фильтра высоких частот сменного блока.

Установить в среднее положение регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор. Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) панели Функциональный генератор, установить режим генерации «Синус».

Последовательно нажимая на кнопку «Частота + » (6 рис. 1.3) «просканировать» диапазон частот от 0 Гц до 5 кГц.

Наблюдая за экраном осциллографа, измерять амплитуду сигнала U_1 на входе (первый канал осциллографа) и выходе (второй канал осциллографа) фильтра нижних частот. Результаты занести в таб. 11.2. Для каждого значения частоты рассчитать текущий коэффициент передачи фильтра.

Таблица 11.2 Амплитудно -частотная характеристика Фильтра высоких частот.

Частота, Гц				
Амплитуда сигнала на входе избирательной цепи, U_1 (В) (показание первого канала осциллографа),				
Амплитуда сигнала на выходе избирательной цепи, U_2 (В) (показание второго канала осциллографа),				
Коэффициент передачи $K = U_2 / U_1$				

На основании экспериментальных данных построить графическую зависимость Коэффициента передачи от Частоты.

Исследование прохождения прямоугольных импульсов сквозь цепи Фильтра высоких частот.

Пользуясь кнопками «Частота +» и «Частота -» (5,6 рис. 1.3) панели Функциональный генератор, установить частоту генерации равной 100 Гц.

Кнопкой «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) панели Функциональный генератор установить режим генерации прямоугольных колебаний типа «меандр».

Установить в среднее положение регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор.

На экране первого канала осциллографа наблюдать сигнал на входе избирательной цепи, а на экране второго канала – сигнал на выходе.

Обратить внимание на характерные искажения формы сигнала в виде «дифференцирования» фронтов. Последовательно нажимая на кнопку «Частота +» (6 рис. 1.3) панели Функциональный генератор, увеличивать частоту генерации и наблюдать за формой сигнала на выходе Фильтра нижних частот. Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет.

*Исследование Амплитудно-частотной характеристики
Полосового фильтра.*

Соединить коаксиальный контакт «Вход 0dB» (10 рис. 1.3) панели Функциональный генератор с контактом «Вход 1» (3 рис. 1.9) сменного блока.

Подключить первый канал осциллографа (CH1) к коаксиальному контакту «Вход 1» (3 рис. 1.9) сменного блока.

Подключить второй канал осциллографа (CH2) к коаксиальному контакту «Выход 3» (6 рис. 1.9) выхода Полосового фильтра сменного блока.

Установить в среднее положение регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор. Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) панели Функциональный генератор, установить режим генерации «Синус».

Последовательно нажимая на кнопку «Частота + » (6 рис. 1.3) «просканировать» диапазон частот от 0 Гц до 5 кГц.

Наблюдая за экраном осциллографа, измерять амплитуду сигнала U_1 на входе (первый канал осциллографа) и выходе (второй канал осциллографа) фильтра нижних частот. Результаты занести в таб. 11.3. Для каждого значения частоты рассчитать текущий коэффициент передачи фильтра.

Таблица 11.3 Амплитудно -частотная характеристика Полосового фильтра.

Частота, Гц				
Амплитуда сигнала на входе избирательной цепи, U_1 (В) (показание первого канала осциллографа),				
Амплитуда сигнала на выходе избирательной цепи, U_2 (В) (показание второго канала осциллографа),				
Коэффициент передачи $K = U_2 / U_1$				

На основании экспериментальных данных построить графическую зависимость Коэффициента передачи от Частоты.

Исследование прохождения прямоугольных импульсов сквозь цепи Полосового фильтра.

Пользуясь кнопками «Частота +» и «Частота -» (5,6 рис. 1.3) панели Функциональный генератор, установить частоту генерации равной 1000 Гц.

Кнопкой «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) панели Функциональный генератор установить режим генерации прямоугольных колебаний типа «меандр».

Установить в среднее положение регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор.

На экране первого канала осциллографа наблюдать сигнал на входе избирательной цепи, а на экране второго канала – сигнал на выходе.

Обратить внимание на характерные искажения формы сигнала. Последовательно нажимая на кнопку «Частота +» и «Частота -» (5,6 рис. 1.3) панели Функциональный генератор, «просканировать» диапазон частот и наблюдать за формой сигнала на выходе Полосового фильтра. Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет.

2.12 Лабораторная работа №12. «Исследование нелинейных цепей».

В лабораторной работе используется сменный блок «Линейные и нелинейные звенья» (рис. 1.9) и базовый блок (рис. 1.1).

Установить сменный блок на лабораторном столе справа от базового блока.

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в нижнее положение (Питание выключено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) не должны светиться.

Подать на сменный блок питание, для этого соединить шлейфом разъем «Питание модулей» (11 рис. 1.2) с разъемом «Питание» (2 рис. 1.9) сменного блока «Линейные и нелинейные звенья».

***Внимание! Шлейфы в разъемы устанавливать ключом вниз!
Неправильная установка шлейфа питания может вывести из строя электрическую схему сменного блока!***

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в верхнее положение (Питание включено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) и контрольные индикаторы питающих напряжений «+5V», «+12V», «-12V» сменного блока «Линейные и нелинейные звенья» (1 рис. 1.9) должны светиться.

Исследование амплитудного детектора.

Соединить первый канал осциллографа (CH1) с коаксиальным контактом «Вход 2» (7 рис. 1.9) сменного блока.

Соединить второй канал осциллографа (CH2) с коаксиальным контактом «Выход 4» (8 рис. 1.9) сменного блока.

Соединить коаксиальный контакт «Выход 0 dB» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор с контактом «Вход 2» (7 рис. 1.9) сменного блока.

Оценка искажений гармонического сигнала

Установить в крайнее левое положение регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор. Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) панели Функциональный генератор, установить режим генерации «Синус».

С помощью кнопок «Частота -» и «Частота + » (5,6 рис. 1.3) установить частоту генерации 100 Гц.

Плавно поворачивая по часовой стрелке регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор наблюдать на экране осциллографа сигнал на входе (первый канал CH1) и выходе (второй канал

CH2) нелинейной цепи. Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет. Установить регулятор «Уровень сигнала» в крайнее левое положение.

Оценка линейности цепи. Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) панели Функциональный генератор, установить режим генерации линейно-нарастающего сигнала (прямая пила).

Плавно поворачивая по часовой стрелке регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор наблюдать на экране осциллографа сигнал на входе (первый канал CH1) и выходе (второй канал CH2) нелинейной цепи. Обратит внимание на характерные искажения выходного сигнала. Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет.

Исследование двухстороннего амплитудного ограничителя .

Соединить первый канал осциллографа (CH1) с коаксиальным контактом «Вход 2» (7 рис. 1.9) сменного блока.

Соединить второй канал осциллографа (CH2) с коаксиальным контактом «Выход 6» (9 рис. 1.9) сменного блока.

Соединить коаксиальный контакт «Выход 0 dB» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор с контактом «Вход 2» (7 рис. 1.9) сменного блока.

Оценка искажений гармонического сигнала

Установить в крайнее левое положение регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор. Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) панели Функциональный генератор, установить режим генерации «Синус».

С помощью кнопок «Частота -» и «Частота + » (5,6 рис. 1.3) установить частоту генерации 100 Гц.

Плавно поворачивая по часовой стрелке регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор наблюдать на экране осциллографа сигнал на входе (первый канал CH1) и выходе (второй канал CH2) нелинейной цепи. Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет. Установить регулятор «Уровень сигнала» в крайнее левое положение.

Оценка линейности цепи. Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) панели Функциональный генератор, установить режим генерации линейно-нарастающего сигнала (прямая пила).

Плавно поворачивая по часовой стрелке регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор наблюдать на экране осциллографа сигнал на входе (первый канал CH1) и выходе (второй канал CH2) нелинейной цепи. Обратит внимание на характерные искажения выходного сигнала. Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет.

Исследование транзисторного каскада.

Соединить первый канал осциллографа (CH1) с коаксиальным контактом «Вход 2» (7 рис. 1.9) сменного блока.

Соединить второй канал осциллографа (CH2) с коаксиальным контактом «Выход 6» (10 рис. 1.9) сменного блока.

Соединить проводником контакт «0...+10V» (3 рис. 1.2) панели Регулируемые источники питания с контактом «E_{см}» (10 рис. 1.9) сменного блока. Установить в крайнее левое положение регулятор «Установка +U» (2 рис. 1.2) панели Регулируемые источники питания.

Соединить коаксиальный контакт «Выход 0 dB» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор с контактом «Вход 2» (7 рис. 1.9) сменного блока.

Оценка искажений гармонического сигнала

Установить в крайнее левое положение регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор. Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) панели Функциональный генератор, установить режим генерации «Синус».

С помощью кнопок «Частота -» и «Частота + » (5,6 рис. 1.3) установить частоту генерации 100 Гц.

Плавно поворачивая по часовой стрелке регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор наблюдать на экране сигналы

на входе (первый канал CH1) и на выходе - осциллограммы коллекторного тока транзистора в режиме отсечки (второй канал CH2). Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет.

Установить в среднее положение регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3). Плавно поворачивая по часовой стрелке регулятор «Установка +U» (2 рис. 1.2) наблюдать за формой сигнала на выходе транзисторного каскада (второй канал осциллографа). Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет с указанием соответствующего напряжения смещения (по показаниям индикатора (1 рис. 1.2) панели Регулируемый источник питания).

Установить в крайнее левое положение регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3).

Оценка линейности цепи. Последовательно нажимая на кнопку «Выбор сигнала» (8 рис. 1.3) панели Функциональный генератор, установить режим генерации линейно-нарастающего сигнала (прямая пила).

Плавно поворачивая по часовой стрелке регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор наблюдать на экране осциллографа сигнал на входе (первый канал CH1) и выходе (второй канал CH2) нелинейной цепи. Обратит внимание на характерные искажения выходного сигнала. Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет.

Установить в среднее положение регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3). Плавно поворачивая по часовой стрелке регулятор «Установка +U» (2 рис. 1.2) наблюдать за формой сигнала на выходе транзисторного каскада (второй канал осциллографа). Наиболее характерные осциллограммы занести в отчет с указанием соответствующего напряжения смещения (по показаниям индикатора (1 рис. 1.2) панели Регулируемый источник питания).

2.13 Лабораторная работа №13. «Исследование аналого цифрового преобразования».

В лабораторной работе используется сменный блок «Модуль «ЦАП и АЦП» (рис. 1.10) и базовый блок (рис. 1.1).

Установить сменный блок на лабораторном столе справа от базового блока.

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в нижнее положение (Питание выключено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) не должны светиться.

Подать на сменный блок питание, для этого соединить шлейфом разъем «Питание модулей» (11 рис. 1.2) с разъемом «Питание» (2 рис. 1.10) сменного блока «Модуль «ЦАП и АЦП»».

Внимание! Шлейфы в разъемы устанавливаются ключом вниз! Неправильная установка шлейфа питания может вывести из строя электрическую схему сменного блока!

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в верхнее положение (Питание включено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) и контрольные индикаторы питающих напряжений «+5V», «+12V», «-12V» сменного блока «Модуль «ЦАП и АЦП»» (1 рис. 1.10) должны светиться.

Исследование амплитудной характеристики АЦП

Соединить контакт «0...+10V» (3 рис. 1.2) панели Регулируемые блоки питания с контактом «Открытый вход» (8 рис. 1.10) сменного блока.

Установить в крайнее левое положение регулятор «Установка +U» (2 рис. 1.2) панели Регулируемые блоки питания.

Установить «Переключатель входов» (11 рис. 1.10) в верхнее положение, при этом к АЦП подключается контакт «Открытый вход».

Плавно поворачивая регулятор «Установка +U» (2 рис. 1.2), наблюдать за показаниями индикатора вольтметра источника питания (1 рис. 1.2) и индикаторами D0...D7 (12 рис. 1.10). Занести в таблицу показания вольтметра и соответствующие им показания индикаторов АЦП, переведя их в десятичную систему счисления.

Таблица 13.1. Амплитудная характеристика АЦП

Напряжение входного сигнала, В (показания вольтметра блока питания)				
Индикация D0				
Индикация D1				
Индикация D2				
Индикация D3				
Индикация D4				
Индикация D5				
Индикация D6				
Индикация D7				
Десятичное представление выходных данных АЦП, N				

На основании экспериментальных данных построить графическую зависимость амплитудной характеристики как зависимость данных на выходе АЦП (N) от напряжения на входе АЦП.

Исследование АЦП в динамическом режиме.

Отключить проводники от контакта «Открытый вход» (8 рис. 1.10).

Соединить контакт «Выход 0 dB» (10 рис. 1.3) панели Функциональный генератор с контактом «Закрытый вход» (10 рис. 1.10) сменного блока.

Установить частоту генерации Функционального генератора 1 Гц, вид генерируемого сигнала – линейно-нарастающий (прямая пила). Установить в среднее положение регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор.

Установить «Переключатель входов» (11 рис. 1.10) сменного блока в нижнее положение, при этом ко входу АЦП будет подключен контакт «Закрытый вход».

Вращая регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор наблюдать за индикаторами D0...D7. Сделать вывод о работе АЦП в динамическом режиме. Провести аналогичные

наблюдения для других видов сигнала. Сделать соответствующие выводы и занести их в отчет.

2.14 Лабораторная работа №14. «Исследование цифро-аналогового преобразования».

В лабораторной работе используется сменный блок «Модуль «ЦАП и АЦП» (рис. 1.10) и базовый блок (рис. 1.1).

Установить сменный блок на лабораторном столе справа от базового блока.

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в нижнее положение (Питание выключено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) не должны светиться.

Подать на сменный блок питание, для этого соединить шлейфом разъем «Питание модулей» (11 рис. 1.2) с разъемом «Питание» (2 рис. 1.10) сменного блока «Модуль «ЦАП и АЦП»».

Внимание! Шлейфы в разъемы устанавливаются ключом вниз! Неправильная установка шлейфа питания может вывести из строя электрическую схему сменного блока!

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в верхнее положение (Питание включено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) и контрольные индикаторы питающих напряжений «+5V», «+12V», «-12V» сменного блока «Модуль «ЦАП и АЦП» (1 рис. 1.10) должны светиться.

Исследование амплитудной характеристики ЦАП

Ленточным кабелем–шлейфом соединить разъем «Выходные данные» (16 рис. 1.10) панели Поле ввода данных сменного блока с разъемом «Входные данные» (3 рис. 1.10) панели ЦАП сменного блока.

Установить переключатель D0...D7 в нижнее положение.

Установить переключатель «Выход» (4 рис. 1.10) панели ЦАП в нижнее положение «Однополярный выход».

Подключить первый канал осциллографа СН1 к коаксиальному контакту «Выход ЦАП» (5 рис. 1.10) сменной панели.

Включить режим открытого входа осциллографа.

Последовательно в порядке возрастания в двоичном коде устанавливать переключатели D0-D7, причем верхнее положение соответствует логической «1», а нижнее – логическому «0». Для каждой комбинации переключателей по экрану первого канала осциллографа измерить напряжение выходного сигнала ЦАП. Результаты занести в таблицу

Таблица 14.1 Амплитудная характеристика ЦАП.

Напряжение входного сигнала, В (показания вольтметра блока питания)				
Индикация D0				
Индикация D1				
Индикация D2				
Индикация D3				
Индикация D4				
Индикация D5				
Индикация D6				
Индикация D7				
Десятичное представление выходных данных АЦП, N				

На основании экспериментальных данных построить графическую зависимость амплитудной характеристики как зависимость напряжения на выходе ЦАП от данных на выходе ЦАП (N).

Исследование ЦАП в динамическом режиме.

Соединить контакт «Выход 0 dB» (10 рис. 1.3) панели Функциональный генератор с контактом «Закрытый вход» (10 рис. 1.10) сменного блока.

Установить частоту генерации Функционального генератора 10 Гц, вид генерируемого сигнала – линейно-нарастающий (прямая пила). Установить в среднее положение регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор.

Установить «Переключатель входов» (11 рис. 1.10) сменного блока в нижнее положение, при этом ко входу АЦП будет подключен «Закрытый вход».

Установить регулятор «Уровень сигнала» (9 рис. 1.3) панели Функциональный генератор в положение соответствующее полному свечению линейки индикаторов D0...D7 (12 рис. 1.10).

Ленточным кабелем–шлейфом соединить разъем «Выходные данные» (13 рис. 1.10) панели АЦП сменного блока с разъемом «Входные данные» (3 рис. 1.10) панели ЦАП сменного блока.

Установить в верхнее положение переключатель «Выход» (4 рис. 1.10) панели ЦАП соответствующее Двуполярному выходу.

Соединить первый канал осциллографа (СН1) с контактом «Выход ЦАП» (5 рис. 1.10) сменного блока.

Соединить второй канал осциллографа с контактом «Выход ФНЧ» (7 рис. 1.10) сменного блока.

По экрану осциллографа наблюдать сигнал на выходе ЦАП (первый канал СН1) и на выходе Фильтра нижних частот (второй канал). Сделать вывод об искажении формы сигнала, возникающих в ходе передачи сигнала по цифровому каналу связи.

Последовательно устанавливая «Переключатель постоянная времени фильтра» в левое и правое положение, наблюдать изменения формы сигнала при разной полосе среза Фильтра нижних частот.

Изменяя частоту и вид генерируемого сигнала Функционального генератора сделать вывод об особенностях цифровой передачи аналоговых сигналов.

2.15 Лабораторная работа №15. «Исследование принципов работы кодера и декодера циклического кода».

В лабораторной работе используется сменный блок «Помехоустойчивое кодирование» (рис. 1.11) и базовый блок (рис. 1.1).

Установить сменный блок на лабораторном столе справа от базового блока.

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в нижнее положение (Питание выключено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) не должны светиться.

Подать на сменный блок питание, для этого соединить шлейфом разъем «Питание модулей» (11 рис. 1.2) с разъемом «Питание» (2 рис. 1.11) сменного блока «Помехоустойчивое кодирование»

***Внимание! Шлейфы в разъемы устанавливаются ключом вниз!
Неправильная установка шлейфа питания может вывести из строя электрическую схему сменного блока!***

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в верхнее положение (Питание включено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) и контрольные индикаторы питающих напряжений «+5V», «+12V», «-12V» сменного блока «Помехоустойчивое кодирование» (1 рис. 1.11) должны светиться.

Подключить коаксиальный контакт «Синхронизация» (11 рис. 1.11) с контактом входа внешней синхронизации «EXT» осциллографа (17 рис. 1.3).

Установить переключатель К1 (21 рис. 1.11) в нижнее положение, при этом будет включен режим кодирования сообщения.

Кратковременно нажать и отпустить кнопку «Сброс» (19 рис. 1.11), при этом будут обнулены показания Счетчика отправленных бит (16 рис. 1.11) и Счетчика ошибок (18 рис. 1.11).

Переключатель тактирования (9 рис. 1.11) перевести в верхнее положение, при этом подача тактовых импульсов будет осуществляться «в ручную» от кнопки КТ (10 рис. 1.11).

Установить все переключатели «Ошибка» (7 рис. 1.11) в нижнее положение. При этом индикаторы Е0-Е6 (6 рис. 1.11) не должны светиться.

Последовательно, в порядке возрастания, в двоичной системе счисления установить переключатели D0-D3 (4 рис. 11) поля Передаваемое сообщение.

Для каждой из набранных комбинаций наблюдать потактовый процесс кодирования. Для этого необходимо периодически нажимать на кнопку КТ (10 рис. 1.11) и наблюдать за индикаторами Кодера (5 рис. 1.11), Декодера (20 рис. 1.11) и панели Принятое сообщение (21 рис. 1.11). Для каждой из комбинации данных D3-D0 (4 рис. 1.11) занести в таблицу состояния регистров кодирующего и декодирующего устройства.

Таблица 15.1 Пример таблицы состояния разрядов кодирующего и декодирующего устройства в условии отсутствия ошибок.

Передаваемое сообщение (D3, D2, D1, D0): 0 0 0 1								
№ такта	1	2	3	4	5	6	7	8
Кодер, разряд X0								
Кодер, разряд X2								
Кодер, разряд X3								
Декодер, разряд Y0								
Декодер, разряд Y1								
Декодер, разряд Y2								

Произвольно установить один из переключателей E6-E0 (7 рис. 1.11) в верхнее положение, при этом в соответствующий бит передаваемого сообщения будет внесена одиночная ошибка.

Последовательно нажимая на кнопку ручного тактирования КТ (10 рис. 1.11), наблюдать за процессом декодирования. Обратит особое внимание на состояния декодирующих регистров на восьмом такте. Наиболее характерные результаты наблюдений занести в таблицы.

Таблица 15.2 Пример таблицы состояния разрядов кодирующего и декодирующего устройства в условии одиночной ошибки.

Передаваемое сообщение (D3, D2, D1, D0): 0 0 0 1								
Ошибка в первом разряде E0								
№ такта	1	2	3	4	5	6	7	8
Кодер, разряд X0								
Кодер, разряд X2								
Кодер, разряд X3								
Декодер, разряд Y0								
Декодер, разряд Y1								
Декодер, разряд Y2								

Установить переключатель «Тактовый сигнал» в нижнее положение (9 рис. 1.11) при этом тактовый сигнал будет подаваться от встроенного генератора.

Соединить вход первого канала осциллографа CH1 (15 рис. 1.3) с контактом «Передаваемые в канал данные» (8 рис. 1.11). На экране осциллографа наблюдать передаваемое сообщение.

Произвольно устанавливая переключатели данных D0-D3 панели Передаваемое сообщение (4 рис. 1.11) и переключатели панели Ошибка (7 рис. 1.11), наблюдая за индикаторами D0-D3 панели Переданное сообщение (3 рис. 1.11) и индикаторами В0-В3 панели Принятое сообщение (21 рис. 1.11). Внося ошибки, определить какое количество ошибок на одно сообщение может исправить данный код.

2.16 Лабораторная работа №16. «Исследование помехоустойчивости циклического кода».

В лабораторной работе используется сменный блок «Помехоустойчивое кодирование» (рис. 1.11) и базовый блок (рис. 1.1).

Установить сменный блок на лабораторном столе справа от базового блока.

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в нижнее положение (Питание выключено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) не должны светиться.

Подать на сменный блок питание, для этого соединить шлейфом разъем «Питание модулей» (11 рис. 1.2) с разъемом «Питание» (2 рис. 1.11) сменного блока «Помехоустойчивое кодирование»

Внимание! Шлейфы в разъемы устанавливаются ключом вниз! Неправильная установка шлейфа питания может вывести из строя электрическую схему сменного блока!

Установить переключатель подачи напряжения (10 рис. 1.2) Модуля питания в верхнее положение (Питание включено), при этом индикаторы Модуля питания (1,5 рис. 1.2) и контрольные индикаторы питающих напряжений «+5V», «+12V», «-12V» сменного блока «Помехоустойчивое кодирование» (1 рис. 1.11) должны светиться.

Подключить коаксиальный контакт «Синхронизация» (11 рис. 1.11) с контактом входа внешней синхронизации «EXT» осциллографа (17 рис. 1.3). Установить режим внешней синхронизации осциллографа.

Установить в нижнее положение переключатель режима кодирования «K1» (22 рис. 1.11) сменного блока, при этом будет активен режим кодирования сообщения.

Установить в нижнее положение переключатель «Тактовый сигнал» (9 рис. 1.11) , при этом тактовый сигнал будет подаваться от встроенного генератора.

Кратковременно нажать и отпустить кнопку «Сброс» (19 рис. 1.11), при этом показания индикаторов статистических счетчиков будут обнулены.

Установить переключатели D0-D3 панели Передаваемое сообщение (4 рис. 1.11) в соответствии с вариантом (например, номер бригады в двоичной системе счисления).

Установить в нижнее положение все переключатели наборного поля панели «Ошибка» (7 рис. 1.11), при этом индикаторы E0-E6 (6 рис. 1.11) не должны светиться.

Подключить первый вход (CH1) осциллографа к контакту «Модулированный сигнал» (12 рис. 1.11). Подключить второй вход (CH2) к контакту «Шум» (13 рис. 1.11).

Соединить второй коаксиальный контакт «Шум» (13 рис. 1.11) с контактом «Выход» панели Генератор шума (14 рис. 1.3) основного блока.

Установить в крайнее левое положение регулятор «Уровень сигнала» панели Генератор шума (13 рис. 1.3) основного блока.

Установка начальных условий проведения эксперимента:

Кратковременно нажать и отпустить кнопку «Сброс» (19 рис. 1.11), при этом показания индикаторов статистических счетчиков будут обнулены.

Кратковременно нажать и отпустить кнопку «Старт/стоп» (17 рис. 1.11).

Плавно поворачивая по часовой стрелке регулятор «Уровень сигнала» панели Генератор шума (13 рис. 1.3), наблюдать за индикатором статистического счетчика «Ошибок» (18 рис. 1.11). Установить регулятор «Уровень сигнала» в положении соответствующему появлению минимального, но ненулевого числа ошибок (одиночные ошибки).

Проведение эксперимента:

1. Нажать кнопку «Сброс» (19 рис. 1.11), при этом показания индикаторов статистических счетчиков обнулятся (16 и 18 рис. 1.11).

2. Кратковременно нажать и отпустить кнопку «Старт/стоп» (17 рис. 1.11). После (субъективно) достаточного числа переданных бит (показания индикатора «Бит отправлено») остановить счет повторно нажав на кнопку «Старт/стоп». Количество отправленных бит и количество ошибок занести в таблицу в колонку «Циклический код».

3. Нажать кнопку «Сброс» (19 рис. 1.11), при этом показания индикаторов статистических счетчиков обнулятся (16 и 18 рис. 1.11).

Перевести переключатель режима кодирования K1 (22 рис. 1.11) в верхнее положение, при этом сообщение будет передаваться без кодирования и повторить эксперимент предыдущих п1. и п2.

4. Рассчитать отношение мощности полезного сигнала $P_{\text{сигнал}}$ (первый канал осциллографа) к мощности шума $P_{\text{шум}}$ (второй канал осциллографа) по формуле:

$$\frac{P_{\text{сигнал}}}{P_{\text{шум}}} \approx 20 \lg \left(\frac{A_{\text{сигнал}}}{A_{\text{шум}}} \right) \text{ дБ,}$$

где $A_{\text{сигнал}}$ – среднеквадратическое значение сигнала;

$A_{\text{шум}}$ – среднеквадратическое значение шума.

Среднеквадратическое значение напряжения возможно определить с помощью средств математической обработки цифрового осциллографа. Для этого необходимо в выпадающем списке Measure – Source выбрать канал (CH1 или CH2), затем в выпадающем списке Measure – Vertical выбрать RMT. Результаты занести в таблицу.

5. Последовательно увеличивая среднеквадратическое значение шума на 100 мВ, вернуться к п.1 настоящего списка и провести повторные измерения.

Таблица 16.1 Помехоустойчивость с применением кодирования (7,4)

Уровень шума, (мВ) (среднеквадратическое напряжение CH2 осциллографа)						
Отношение $P_{\text{сигнал}} / P_{\text{шум}}$, дБ						
Количество отправленных бит (показания индикатора 16 рис. 1.11) N_{Σ}						
Количество ошибок (показания индикатора 18 рис. 1.11) $N_{\text{ош}}$						
Вероятность ошибки						

$P_{\text{ош}} = (N_{\text{ош}} / N_{\Sigma})$						
--	--	--	--	--	--	--

Таблица 16.2 Помехоустойчивость без кодирования

Уровень шума, (мВ) (среднеквадратическое напряжение CH2 осциллографа)						
Отношение $P_{\text{сигнал}} / P_{\text{шум}}$, дБ						
Количество отправленных бит (показания индикатора 16 рис. 1.11) N_{Σ}						
Количество ошибок (показания индикатора 18 рис. 1.11) $N_{\text{ош}}$						
Вероятность ошибки $P_{\text{ош}} = (N_{\text{ош}} / N_{\Sigma})$						

По экспериментальным данным таблиц 16.1 и 16.2 на одном и том же графике построить графическую зависимость вероятности ошибки $P_{\text{ош}}$ от отношения $P_{\text{сигнал}} / P_{\text{шум}}$. Рекомендуется использовать логарифмический масштаб координатных осей, где отношение $P_{\text{сигнал}} / P_{\text{шум}}$ (горизонтальная ось) измеряется в дБ, а вертикальная ось - $P_{\text{ош}} = 10^x$. Пример построения графика помехоустойчивости в среде MathCAD представлен на рис. 16.1

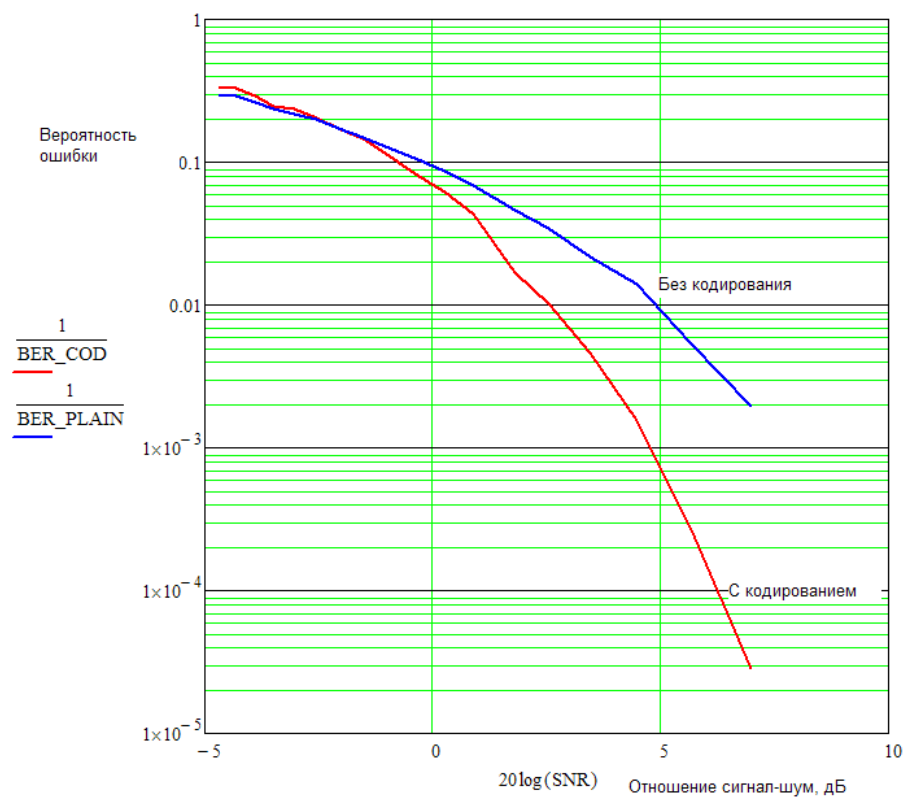


Рис. 16.1 Пример построения графиков помехоустойчивости.