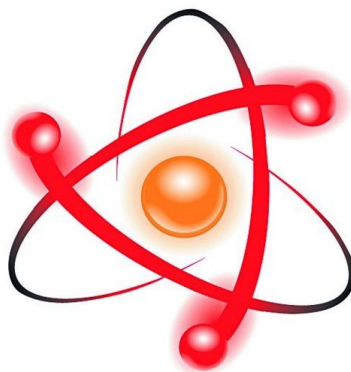


НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ



УЧЕБНАЯ СТОЙКА УРПС

**РАДИОПРИЁМНЫЕ И ПЕРЕДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.**

Тула, 2012 г.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.

Для наглядности и соответственно возможностям применяемого учебного универсального демонстрационного осциллографа все эксперименты проводятся на низких частотах. Эксперименты проводятся на комбинированном лабораторном стенде «Учебная стойка Радиоприёмные и передающие устройства». Стенд имеет модульную структуру и разделен на четыре модуля: «БЛОК УПРАВЛЕНИЯ»; «ОСНОВЫ АМ, ЧМ И ШИМ МОДУЛЯЦИИ»; «МОДЕЛЬ ПРИЁМО-ПЕРЕДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА. ОСНОВНЫЕ БЛОКИ СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО РПУ»; «УЧЕБНАЯ МОДЕЛЬ УСИЛИТЕЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ». В данном варианте исполнения все модули являются независимыми, и могут использоваться одновременно несколькими учащимися.

БЛОК УПРАВЛЕНИЯ. С помощью блока управления осуществляется подача нужного напряжения питания на элементы схемы необходимого модуля. Включение и отключение питания осуществляется соответствующими переключателями. При этом общий переключатель «СЕТЬ» должен быть установлен в положение «ВКЛ», при этом загорится сигнальный индикатор «СЕТЬ».

1. МОДУЛЬ УЧЕБНЫЙ ЛАБОРАТОРНО - ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ «ИЗУЧЕНИЕ МОДУЛЯТОРОВ И ДЕТЕКТОРОВ, ОСНОВЫ АМ, ЧМ И ШИМ МОДУЛЯЦИИ» РТРУЛ-5

Лабораторная работа по исследованию и демонстрации работы модуляторов и детекторов выполняется на комбинированном стенде «УРПС» с помощью лабораторного модуля РТРУЛ-5 «ОСНОВЫ АМ, ЧМ И ШИМ МОДУЛЯЦИИ»

Модуль предназначен для проведения лабораторных работ по курсу «Радиотехника и электроника» в высших и средне-технических учебных заведениях.

Модуль может быть использован в различных курсах, изучающих основы электронной техники в высших и средних специальных учебных заведениях.

Установка выполнена в климатическом исполнении УХЛ, категория 4.2 ГОСТ 15150-69 для эксплуатации в помещении при температуре от 10°C до 35°C и относительной влажности до 80 %.

Модуль конструктивно состоит из нескольких элементов, объединенных в одном корпусе:

- набора изучаемых элементов и устройств;
- набора конденсаторов различной емкости для демонстрации работы детекторов на полупроводниковом диоде;
- стабилизированного источника питания, подающего питание нужной полярности и значения на все элементы схемы;

- схемы контроля необходимых параметров, осуществляющей информацию о ходе эксперимента и вывод на экран LCD дисплея.

Принципиальная электрическая блок-схема учебного модуля РТРУЛ-5 приведена на рис. 1.1.

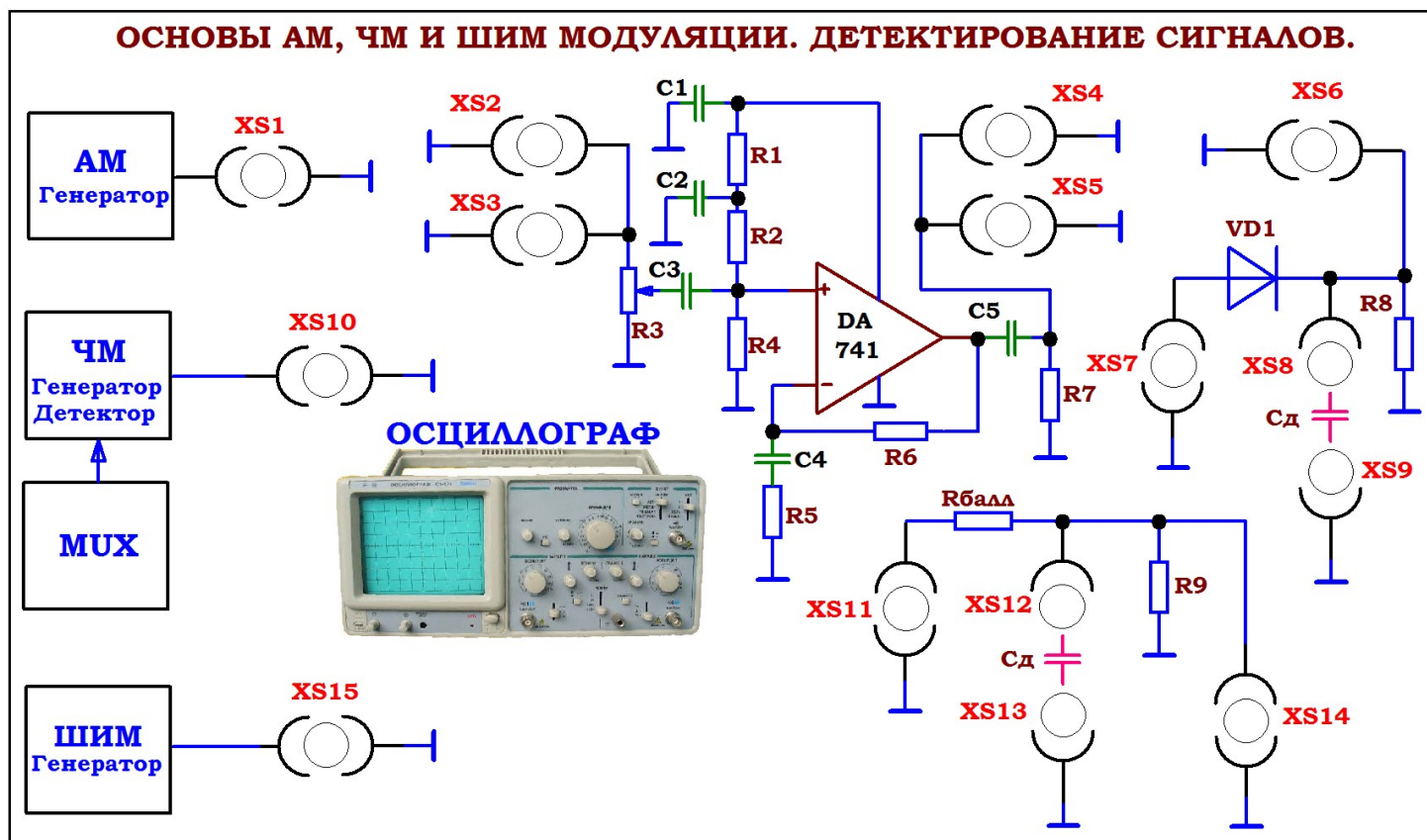


Рис. 1.1. Принципиальная электрическая блок-схема учебного модуля РТРУЛ-5 стенда УРПС.

Установка снабжена микропроцессорной системой управления с выводом необходимых параметров на LCD ЖКД индикатор. Кнопка «УПРАВЛЕНИЕ» - «ВЫБОР РЕЖИМА» позволяет выбрать один из трех режимов модуляции — АМ, ЧМ, ШИМ модулятор, при этом подаются соответствующие сигналы на выходы XS1 (АМ-генератор), XS10 (ЧМ-генератор/детектор) либо XS15 (ШИМ-генератор). Для начала и окончания эксперимента (включение — выключение генератора) необходимо нажать кнопку «ВХОД/ВЫХОД».

Все изменения параметров опыта («КОЭФФИЦИЕНТ МОДУЛЯЦИИ», «СКОРОСТЬ МОДУЛЯЦИИ и т. д.) следует производить при выключенном генераторе, для включения и выключения генератора использовать кнопку «ВХОД/ВЫХОД».

Многофункциональная ручка «МОДУЛЯЦИЯ» позволяет регулировать коэффициент модуляции m для АМ-генератора и скорость модуляции (частоту модулирующего сигнала) для ЧМ и ШИМ-генераторов.

Для изучения работы АМ детектора следует подать сигнал с выхода

многофункционального генератора АМ-сигналов XS1 на вход XS2 (либо на соединенный параллельно входу разъём XS3) усилителя DA, собранного на микросхеме 741 с помощью перемычки «тюльпан-тюльпан» из комплекта. Коэффициент усиления DA плавно регулируется ручкой R3 «УСИЛЕНИЕ». Усиленный АМ сигнал с выхода XS4 (либо XS5) подаётся на вход XS7 диодного АМ-детектора, соединения клемм производятся с помощью второй перемычки «тюльпан-тюльпан». Для изменения коэффициента модуляции m используется ручка «МОДУЛЯЦИЯ». Изменение параметров модуляции в данном опыте может осуществляться только **при выключенном генераторе** (для отключения генератора нажать кнопку ВХОД/ВЫХОД). Ёмкости различного номинала из комплекта подключаются к клеммам «Сд» XS8 – XS9.

ЧМ детектор в данной установке выполнен комбинацией достаточно сложных схем «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ I рис. 33, 37, 38». Поэтому для наблюдения сигнала ЧМ-генератора и продетектированного сигнала используется одна и та же клемма XS10. В данном опыте изменение параметров модуляции может осуществляться и при включенном генераторе ручкой «МОДУЛЯЦИЯ». Для наглядности, наблюдение ЧМ сигнала опыт следует проводить при низких частотах модуляции, для визуального наблюдения огибающей продетектированного сигнала частоту модулирующего сигнала следует увеличить ручкой «МОДУЛЯЦИЯ». Переключение между режимами «ЧМ-генератор» - «ЧМ-детектор» осуществляется нажатием кнопки «ВЫБОР РЕЖИМА».

Для изучения работы ШИМ-детектора следует подать сигнал с выхода XS15 ШИМ генератора на вход XS11 детектора ШИМ перемычкой типа «тюльпан-тюльпан». Для изменения частоты модулирующего сигнала используется ручка «МОДУЛЯЦИЯ». Изменение параметров модуляции в данном опыте может осуществляться только **при выключенном генераторе** (для отключения генератора нажать кнопку ВХОД/ВЫХОД). Ёмкости различного номинала из комплекта подключаются к клеммам «Сд» XS12 – XS13.

Порядок выполнения лабораторных и демонстрационных работ на учебном модуле РТРУЛ-5

1. Перед включением установки в сеть необходимо убедиться в целостности сетевых и соединительных проводов. Все соединительные провода и контрольные точки использовать следует только по назначению, запрещается замыкать выходы контрольных точек.
2. Включить стенд «УЧЕБНАЯ СТОЙКА УРПС» и электронный осциллограф в сеть ~220 В с помощью прилагаемого силового сетевого кабеля евро-стандарта. Поставить общий переключатель «СЕТЬ» на панели стенда и осциллографа в положение «ВКЛ», при этом должны загореться сигнальные индикаторы «СЕТЬ». Подать питание на модуль РТРУЛ-5, поставив переключатель «МОДУЛЬ РТРУЛ-5» в положение «ВКЛ».
3. С помощью кнопки «УПРАВЛЕНИЕ» - «ВЫБОР РЕЖИМА» выбрать один из трех режимов модуляции — АМ, ЧМ, ШИМ модулятор. Все установленные значения отображаются в интерактивном меню с помощью цифрового LCD индикатора. Для начала и окончания эксперимента (включение — выключение генератора) необходимо нажать кнопку «ВХОД/ВЫХОД». Все изменения параметров опыта («СКОРОСТЬ МОДУЛЯЦИИ и т. д.) следует производить при выключенном генераторе, для включения и выключения генератора использовать кнопку «ВХОД/ВЫХОД».
4. Для изучения АМ модулятора и детектора в режиме нормальной модуляции следует при выключенном генераторе установить вращением ручки «МОДУЛЯЦИЯ» относительные значения ~33 - 66 единиц (по показаниям LCD индикатора) и запустить генератор нажатием кнопки «ВХОД/ВЫХОД».
5. Соединить перемычкой типа «тюльпан — тюльпан» клеммы XS1 – XS2 (выход АМ-генератора со входом усилителя).
6. Подключить вход Y электронного осциллографа к клемме XS3 учебного модуля соединительным проводом типа «тюльпан - BNC» из комплекта и наблюдать АМ-сигнал на входе усилителя, поступающий с выхода АМ-генератора.
7. Вращением ручек VOLTS/DIV и TIME/DIV (ВОЛЬТ/ДЕЛ и ВРЕМЯ/ДЕЛ) и ручек POSITION осей X и Y на электронном осциллографе добиться визуально наиболее удобного изображения сигнала. Для дополнительной синхронизации можно использовать ручку LEVEL. Ручка «Y-LINE-EXT» метода синхронизации должна находиться в положении Y (внутренняя синхронизация). При этом следует учитывать, что оси X (время) и Y (амплитуда) откалиброваны правильно (т. е. подписи у ручек VOLTS/DIV и TIME/DIV верны) только при повернутых до упора ручках плавной регулировки VOLT VAR. и TIME VAR. Однако для лучшей

синхронизации и неподвижности изображения картинка допускается небольшое вращение ручки плавной регулировки TIME VAR.

8. Расположив картинку симметрично относительно экрана осциллографа, зарисовать на миллиметровую бумагу наблюдаемый сигнал АМ. Определить максимальную амплитуду $U_{\text{макс}}$ и минимальную амплитуду $U_{\text{мин}}$ АМ сигнала и частоту модулированного и модулирующего сигнала по показаниям осциллографа.
9. Согласно «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ I рис. 12» и формуле «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ I (2.10)» оценить коэффициент модуляции m .
10. Установить ручку «УСИЛЕНИЕ» в среднее положение и подключить измерительный щуп осциллографа к выходу усилителя клемме XS4 (либо XS5).
11. Расположив картинку симметрично относительно экрана осциллографа, зарисовать на миллиметровую бумагу наблюдаемый усиленный сигнал АМ. Определить максимальную амплитуду $U_{\text{вых макс}}$ и минимальную амплитуду $U_{\text{вых мин}}$ усиленного АМ сигнала, убедиться в неизменности частот модулированного и модулирующего сигнала.
12. Оценить коэффициент усиления как отношение амплитуд входных и выходных сигналов:

$$K_{\text{ус}} = \frac{U_{\text{вых мин}}}{U_{\text{вх мин}}} = \frac{U_{\text{вых макс}}}{U_{\text{вх макс}}},$$

где $U_{\text{вых.мин-макс}}$ — соответственно минимальные и максимальные амплитуды сигнала с выхода XS4 (XS5) усилителя по показаниям электронного осциллографа, $U_{\text{вх.мин-макс}}$ — соответственно минимальные и максимальные амплитуды сигнала на входе XS3 усилителя по показаниям электронного осциллографа.

13. Вращая по часовой стрелке ручку «УСИЛЕНИЕ» наблюдать за возможным появлением нелинейных искажений на выходе усилителя, вследствие переусиления сигнала.
14. Детектор АМ колебаний в данной работе выполнен по простейшей схеме на полупроводниковом диоде «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ I рис. 26».
15. Соединить второй перемычкой «тюльпан-тюльпан» выход XS4 (XS5) усилителя со входом XS7 диодного детектора. Измерительный щуп «тюльпан-BNC» электронного осциллографа подключить к выходу XS6 диодного детектора.
16. Наблюдать на экране осциллографа сигнал с АМ-детектора без подключения конденсаторов. Зарисовать сигнал с экрана осциллографа на миллиметровую бумагу, определить амплитуду и частоту сигнала (см. «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ I рис. 28-1») и частоту огибающей.
17. Подключить к клеммам Сд XS8 – XS9 установки «КОНДЕНСАТОР» конденсатор емкости 0,47 мкФ (маркировка «474К») из комплекта и

наблюдать за изменением сигнала на осциллографе, выделением огибающей и возникающими при этом нелинейными искажениями. Маркировка конденсаторов из трех цифр означает: первые две цифры указывают на значение емкости в пикофарадах (пф), последняя — количество нулей. Т. о. $474K = 470000 \text{ пкФ} = 470 \text{ нФ} = 0,47 \text{ мкФ}$.

18. Зарисовать сигнал на миллиметровую бумагу, определить амплитуду и частоту сигнала.
19. Оценить коэффициент искажений сигнала как отношение амплитуды искажения к амплитуде восстановленного полезного сигнала:

$$K_{\text{искажений}} = \frac{U_{\text{искаж.}}}{U_{\text{полез.}}} \quad (\text{рис. 1.2}).$$

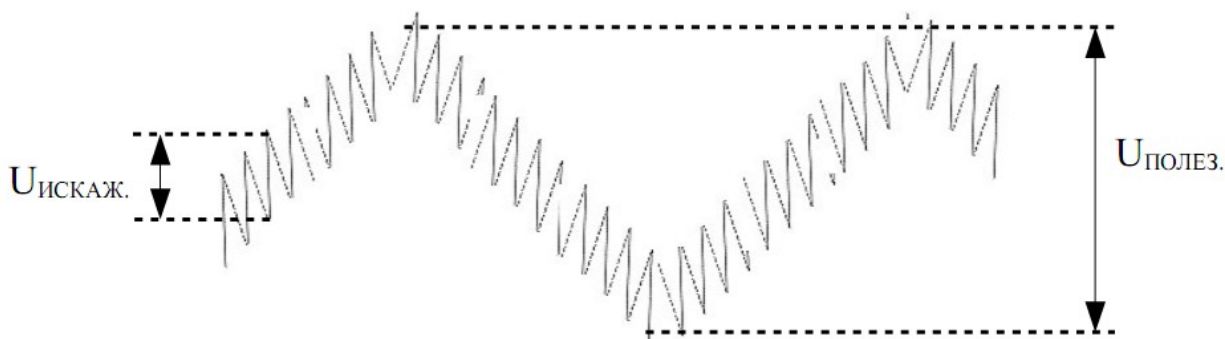


Рис. 1.2. К определению коэффициента искажения сигнала.

20. Отключить конденсатор $0,47 \text{ мкФ}$ и подключить конденсатор большей емкости $2,2 \text{ мкФ}$ (маркировка «225K» означает $225K = 2200000 \text{ пкФ} = 2200 \text{ нФ} = 2,2 \text{ мкФ}$). Наблюдать за изменением сигнала на осциллографе, выделением огибающей и возникающими при этом нелинейными искажениями. Зарисовать сигнал на миллиметровую бумагу, определить амплитуду и частоту сигнала и коэффициент искажений (см. «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ I рис. 29, рис. 30»).
21. Подключая к клеммам Сд XS8 – XS9 поочередно другие конденсаторы меньшей емкости из комплекта наблюдать за формой выходного сигнала и сделать вывод о влиянии конденсатора на качество детектирования сигнала.
22. Отключить генератор кнопкой «ВХОД/ВЫХОД» и установить ручку «МОДУЛЯЦИЯ» в положение $\sim 0-33$ (недомодуляция)
23. Повторить пп. 6 — 20 методического руководства.
24. Аналогичные действия проделать для положения ручки «МОДУЛЯЦИЯ» $\sim 66 — 100$ (перемодуляция).
25. Во всех случаях оценить коэффициент модуляции m и влияние емкости конденсатора на качество выделения полезной составляющей сигнала.

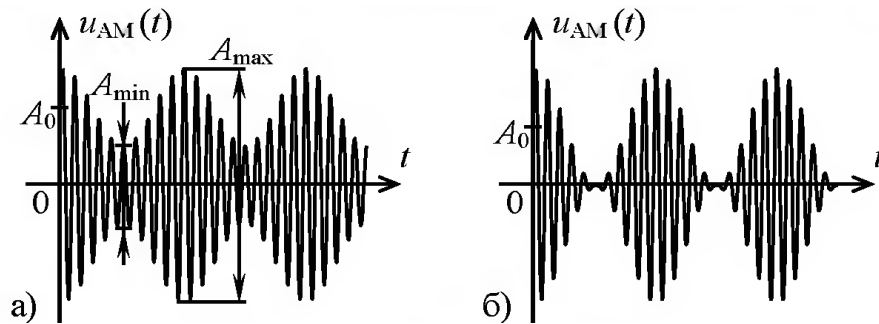


Рис. 1.3. а) нормальный режим амплитудной модуляции б) перемодуляция

26. Отключить генератор и с помощью кнопки «УПРАВЛЕНИЕ» - «ВЫБОР РЕЖИМА» выбрать ЧМ модуляция (FM).
27. Включить генератор нажатием кнопки «ВХОД/ВЫХОД». В данном опыте изменение параметров модуляции может осуществляться и при включенном генераторе ручкой «МОДУЛЯЦИЯ».
28. Наблюдать частотно модулированный сигнал. Для наглядности, наблюдение ЧМ следует проводить при низких частотах модуляции, для визуального наблюдения огибающей продетектированного сигнала частоту модулирующего сигнала следует увеличить ручкой «МОДУЛЯЦИЯ».
29. Определить амплитуду ЧМ сигнала с помощью электронного осциллографа.
30. Нажатием кнопки «ВЫБОР РЕЖИМА» произвести переключение установки в режим детектирования. ЧМ детектор в данной установке выполнен комбинацией достаточно сложных схем «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ I рис. 33, 37, 38». Для лучшей синхронизации и неподвижности изображения картинки допускается небольшое вращение ручки плавной регулировки TIME VAR.
31. Оценить частоту и амплитуду продетектированного сигнала.
32. Сравнить чистоту выделения огибающей в АМ и ЧМ детекторах
33. Отключить генератор нажатием кнопки ВХОД/ВЫХОД.
34. С помощью кнопки «УПРАВЛЕНИЕ» - «ВЫБОР РЕЖИМА» выбрать ШИМ модуляция (PWM). Изменение параметров модуляции в данном может осуществляться только **при выключенном генераторе** (для отключения генератора нажать кнопку ВХОД/ВЫХОД).
35. Подключить выход Y осциллографа проводом типа «тюльпан - BNC» к клемме XS15 - выходу ШИМ модулятора. Ручку «AC-GND-DC» осциллографа перевести в положение DC. Включить генератор нажатием кнопки «ВХОД/ВЫХОД».
36. Вращением ручек VOLTS/DIV и TIME/DIV (ВОЛЬТ/ДЕЛ и ВРЕМЯ/ДЕЛ)

и ручек POSITION осей X и Y на электронном осциллографе добиться визуально наиболее удобного изображения сигнала. Для дополнительной синхронизации можно использовать ручку LEVEL. Ручка «Y-LINE-EXT» метода синхронизации должна находиться в положении Y (внутренняя синхронизация).

37. Выключить генератор и повернуть ручку «МОДУЛЯЦИЯ» до упора по часовой стрелке.
38. Включить генератор и наблюдать за медленным изменением длительности импульсов по синусоидальному закону. При необходимости скорректировать изображение сигнала согласно п. 35. Определить амплитуду сигнала ШИМ.
39. Выключить генератор и повернуть ручку «МОДУЛЯЦИЯ» до упора против часовой стрелки.
40. Соединить перемычкой типа «тюльпан-тюльпан» выход XS15 ШИМ генератора со входом XS11 ШИМ-детектора.
41. Подключить вход Y осциллографа к выходу XS14 ШИМ-детектора. Детектор выполнен по простейшей схеме, аналогично диодному детектору АМ колебаний «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ I рис. 26».
42. Подключая к клеммам Сд XS12 – XS13 детектора конденсаторы различного номинала из комплекта наблюдать за нелинейными искажениями и за тем как изменяется, очищается либо засоряется протектированный сигнал (оглибающая синуса). Зарисовать полученные протектированные сигналы на миллиметровую бумагу, определить амплитуду, частоту и коэффициент искажений сигнала рис. 1.2.
43. Сделать вывод о влиянии емкости конденсатора на качество протектированного сигнала.
44. По окончании работы поставить переключатель «СЕТЬ» на панели установки и осциллографа в положение «ВЫКЛ», при этом должны погаснуть индикаторы «СЕТЬ» и вынуть сетевые вилки из розеток.

2. МОДУЛЬ УЧЕБНЫЙ «ИССЛЕДОВАНИЕ УПЧ» РТРУЛ-4

Лабораторная работа по исследованию и демонстрации работы усилителей промежуточной частоты (УПЧ) выполняется на комбинированном лабораторном стенде «УРПС» с помощью лабораторного модуля РТРУЛ-4 «ИССЛЕДОВАНИЕ УПЧ».

Модуль предназначен для проведения лабораторных работ по курсу «Радиотехника и электроника» в высших и средне-технических учебных заведениях.

Модуль может быть использован в различных курсах, изучающих основы электронной техники в высших и средних специальных учебных заведениях.

Установка выполнена в климатическом исполнении УХЛ, категория 4.2 ГОСТ 15150-69 для эксплуатации в помещении при температуре от 10°C до 35°C и относительной влажности до 80 %.

Учебная установка конструктивно состоит из нескольких элементов, объединенных в одном корпусе:

- набора изучаемых элементов и устройств;
- стабилизированного источника питания, подающего питание нужной полярности и значения на все элементы схемы;
- схемы контроля необходимых параметров, осуществляющей вывод информации о ходе эксперимента на экран LCD дисплея.

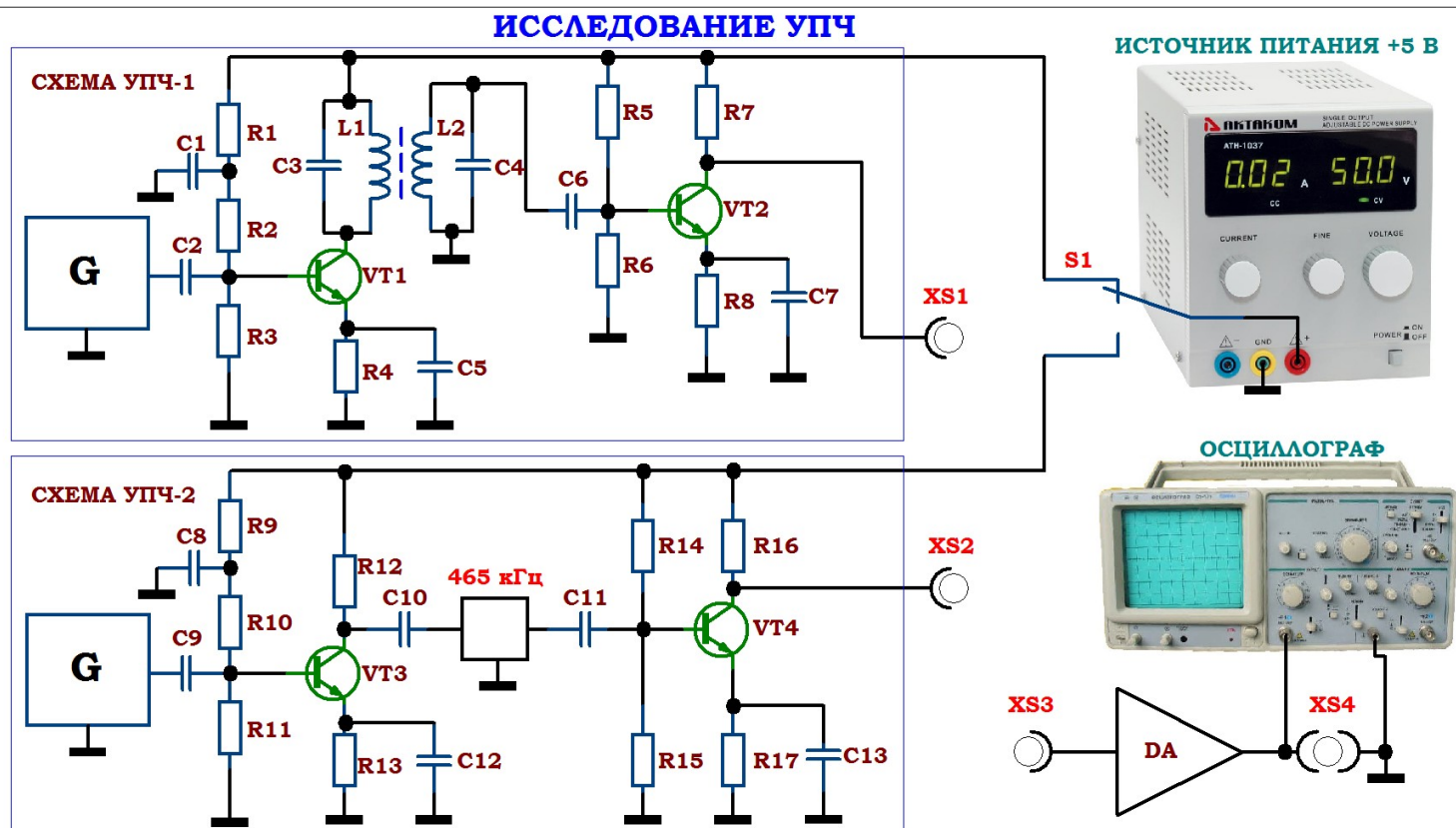


Рис. 2.1. Принципиальная электрическая блок — схема учебной установки РТРУЛ-4.

Принципиальная электрическая блок — схема учебной установки для изучения Усилителей Промежуточной Частоты приведена на рис. 2.1. Установка представляет собой две схемы УПЧ.

Схема 1, собранная на транзисторах VT1 и VT2 демонстрирует работу УПЧ с фильтром промежуточной частоты (ФПЧ), собранном на связанных контурах L1C3 и L2C4. При этом транзистор VT2 служит для дополнительного усиления сигнала, снимаемого со второго контура ФПЧ.

Схема 2, собранная на транзисторах VT3 и VT4 демонстрирует работу УПЧ с фильтром промежуточной частоты (ФПЧ), собранном на керамическом фильтре 465 кГц. При этом транзистор VT4 служит для дополнительного усиления сигнала, снимаемого с керамического фильтра.

Выбор подключаемой схемы осуществляется соединением перемычкой клемм XS1 – XS3 (СХЕМА 1) либо XS2 – XS3 (СХЕМА 2). При этом, усиленный микросхемой DA сигнал, поступает на вывод XS4 к которому необходимо подключить провод «тюльпан-BNC» из комплекта и подать этот сигнал на вход Y осциллографа. Для дополнительной синхронизации используется вывод «СИНХРОНИЗАЦИЯ», который необходимо соединить со входом X внешней синхронизации осциллографа. Осциллограф следует перевести в режим синхронизации внешним сигналом (EXT, ВНЕШН).

Лабораторная установка состоит из генератора колебаний переменной частоты (G), вольтметра, измеряющего амплитуда сигнала с выхода СХЕМЫ 2, электронного осциллографа (ЭО), модели прибора ИЧХ (измерителя частотной характеристики) и комплекса встроенных измерительных приборов.

В установку встроена модель прибора ИЧХ (измеритель частотной характеристики) для снятия амплитудно-частотной характеристики схем с помощью осциллографа.

При этом для СХЕМЫ 1 АЧХ снимается в диапазоне $\sim 462,5 - 467,5$ кГц. Таким образом, вся шкала осциллографа по оси X (от начала кривой АЧХ с нулевого уровня до спада до нулевого уровня) в данном первом опыте составляет $\sim \Delta f = 5$ кГц. АЧХ этой схемы представляет собой стандартный набор АЧХ связанных контуров с разным коэффициентов связи Ksv рис. 2.2. При этом, из за особенности работы прибора ИЧХ, на экране осциллографа может визуализироваться сразу несколько одинаковых характеристик с периодом, совпадающим с периодом работы внутреннего развертывающего генератора прибора ИЧХ.

Коэффициент связи можно менять с помощью многофункциональной ручки «УПРАВЛЕНИЕ, Ksv/f». При этом на LCD индикаторе отображается текущее установленной значение Ksv.

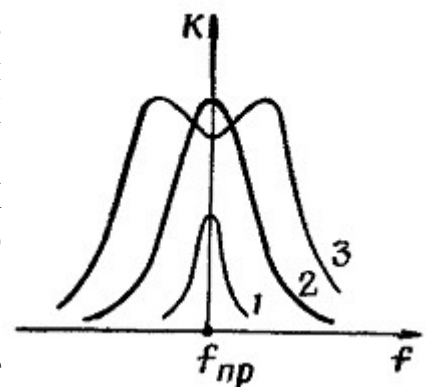


Рис. 2.2. Частотные характеристики двухконтурного каскада.

1 — связь меньше критической;
2 — связь критическая; 3 —
связь больше критической

Для **СХЕМЫ 2** одновременно с АЧХ на экран осциллографа выводится «метка», указывающая на текущее положение точки, для которой на дисплее отображаются показания частоты f и амплитуды выходного сигнала U схемы. Вращая многофункциональную ручку «УПРАВЛЕНИЕ, K_{sv}/f » и изменяя частоту сигнала с выхода генератора, можно снять АЧХ данной схемы с керамическим фильтром по точкам с одновременной визуализацией на экране электронного осциллографа. При этом, из-за особенности работы прибора ИЧХ, на экране осциллографа может визуализироваться сразу несколько одинаковых характеристик с периодом, совпадающим с периодом работы внутреннего развертывающего генератора прибора ИЧХ.

Порядок выполнения лабораторных и демонстрационных работ на учебном модуле РТРУЛ-4

1. Перед включением установки в сеть необходимо убедиться в целостности сетевых и соединительных проводов. Все соединительные провода и контрольные точки использовать следует только по назначению, запрещается замыкать выход нагрузки и выходы контрольных точек.
2. Включить стенд «УЧЕБНАЯ СТОЙКА УРПС» и электронный осциллограф в сеть ~ 220 В с помощью прилагаемого силового сетевого кабеля евро-стандарта. Поставить общий переключатель «СЕТЬ» на панели стенда и осциллографа в положение «ВКЛ», при этом должны загореться сигнальные индикаторы «СЕТЬ». Подать питание на модуль РТРУЛ-4, поставив переключатель «МОДУЛЬ РТРУЛ-4» в положение «ВКЛ».
3. Подключить вход Y осциллографа к выходу XS4 учебного модуля.
4. Соединить вход XS3 усилителя DA с контрольной точкой XS1 первой схемы ФПЧ (на связанных контурах).
5. Установить многофункциональной ручкой «УПРАВЛЕНИЕ, K_{sv}/f » коэффициент связи между контурами $K_{sv} \sim 0,4$.
6. Вращением ручек VOLTS/DIV и TIME/DIV (ВОЛЬТ/ДЕЛ и ВРЕМЯ/ДЕЛ) и ручек POSITION осей X и Y на электронном осциллографе добиться визуально наиболее удобного изображения сигнала. Для дополнительной синхронизации можно использовать ручку LEVEL. Ручка «Y-LINE-EXT» метода синхронизации должна находиться в положении EXT ВНЕШН (синхронизация внешним сигналом). При этом следует учитывать, что оси X (время) и Y (амплитуда) откалиброваны правильно (т. е. подписи у ручек VOLTS/DIV и TIME/DIV верны) только при повернутых до упора ручках плавной регулировки VOLT VAR. и TIME VAR.
7. При этом, из-за особенности работы прибора ИЧХ, на экране осциллографа может визуализироваться сразу несколько одинаковых характеристик с периодом, совпадающим с периодом работы внутреннего развертывающего генератора прибора ИЧХ.
8. Выделить один из множества повторяющихся сигналов АЧХ контура и расположить АЧХ контура симметрично относительно центра экрана осциллографа. При этом центр пика будет составлять ~ 465 кГц.

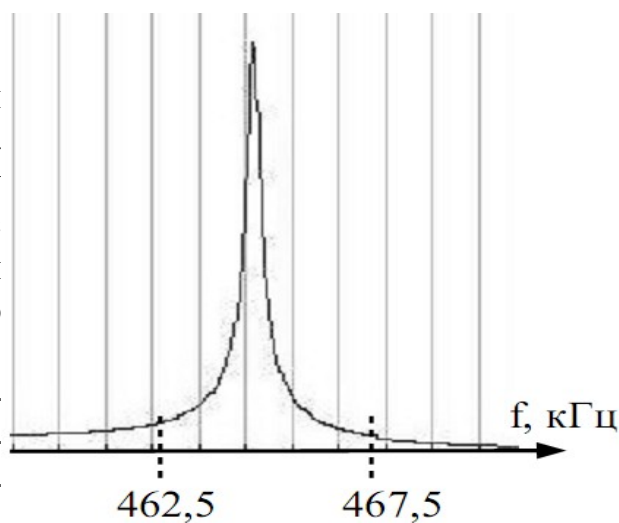


Рис. 2.3. Диапазон измерения АЧХ контура.

9. Определить коэффициент чувствительности АЧХометра по оси X. Для этого следует поделить весь допустимый диапазон измерения частоты $\sim 462,5 - 467,5$ кГц по оси X (от начала кривой АЧХ с нулевого уровня до спада до нулевого уровня) $\sim \Delta F = 5$ кГц на полное количество делений по оси X на шкале осциллографа (рис. 2.3):

$$K_{АЧХ} = \frac{\Delta F}{\Delta X} \quad [\text{кГц/ДЕЛ}]$$

10. В дальнейшем все измерения на осциллографе проведенные по клеткам следует переводить в реальные значения частоты $F = K_{АЧХ} \cdot \Delta X$

11. Оценить ширину полосы пропускания фильтра $2\Delta f$ на уровне 0,707 от максимального значения (рис. 2.4) при данном значении Ksv.

12. Плавным вращением ручки «УПРАВЛЕНИЕ, Ksv/f» можно наблюдать за изменением амплитудно-частотной характеристики контура при различном коэффициенте связи Ksv, отображаемом на LCD дисплее. Получить АЧХ, соответствующие связанным контурам с различным Ksv (двугорбая кривая рис. 2.2).

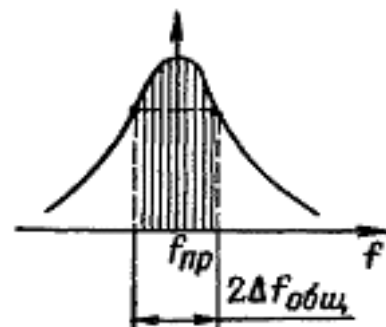


Рис. 2.4. Определение ширину полосы пропускания ФПЧ.

13. Построить график зависимости максимального значения амплитуды сигнала от Ksv, вращая ручку регулировка в пределах Ksv $\sim 0,15 - 0,9$ единиц.
14. Определить значение Ksv критическое при котором АЧХ начинает приобретать вид двугорбой кривой.
15. Установив ручкой «УПРАВЛЕНИЕ, Ksv/f» максимально возможное значение Ksv, срисовать полученную АЧХ на миллиметровую бумагу, определить полную ширину полосы пропускания фильтра $2\Delta f$ на уровне 0,707 от максимального значения (рис. 2.4) а также значение разности частоты между вторым и первым максимумом АЧХ $\Delta f' = f_2 - f_1$.
16. Приступить к изучению схемы УПЧ, собранной на керамическом фильтре СХЕМА2. Для этого следует соединить вход XS3 усилителя ДА с контрольной точкой XS2 второй схемы ФПЧ (на связанных контурах).
17. Вращением ручек VOLTS/DIV и TIME/DIV (ВОЛЬТ/ДЕЛ и ВРЕМЯ/ДЕЛ) и ручек POSITION осей X и Y на электронном осциллографе добиться визуально наиболее удобного изображения сигнала. Для дополнительной синхронизации можно использовать ручку LEVEL. Ручка «Y-LINE-EXT» метода синхронизации должна находиться в положении EXT ВНЕШН (синхронизация внешним сигналом). При этом следует учитывать, что оси X (время) и Y (амплитуда) откалиброваны правильно (т. е. подписи у ручек VOLTS/DIV и TIME/DIV верны) только при повернутых до упора ручках плавной регулировки VOLT VAR. и TIME VAR.

18. При этом, из-за особенности работы прибора ИЧХ, на экране осциллографа может визуализироваться сразу несколько одинаковых характеристик с периодом, совпадающим с периодом работы внутреннего развертывающего генератора прибора ИЧХ.

19. Выделить один из множества повторяющихся сигналов АЧХ контура и расположить АЧХ контура симметрично относительно центра экрана осциллографа. Вид АЧХ схемы УПЧ с керамическим фильтром должен соответствовать рис. 2.5 и иметь близкий к единице коэффициент прямоугольности $K_{\text{пк}}$.

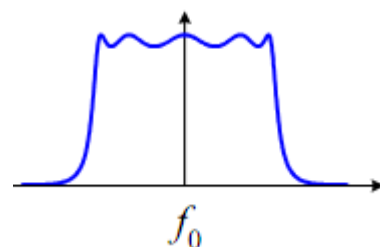


Рис. 2.5. Вид АЧХ СХЕМЫ УПЧ-2 с керамическим фильтром.

20. Изменяя частоту встроенного генератора G вращением многофункциональной ручки «УПРАВЛЕНИЕ, K_{sv}/f », снять зависимость напряжения с выхода схемы U от частоты сигнала f (амплитудно-частотную характеристику) по точкам с одновременным наблюдением АЧХ на экране осциллографа.

21. При этом одновременно с АЧХ на экран осциллографа выводится «метка», указывающая на текущее положение точки, для которой на дисплее отображаются показания частоты f и амплитуды выходного сигнала U схемы.

22. Определить полосу пропускания ФПЧ $P_{0,707}$ по стандартному уровню 0,707 от максимального значения.

23. Выбрав уровень ослабления $k=0,1$ от максимального значения, согласно формуле (ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ II 1.1) и рис. 1.2 определить полосу пропускания $P_{0,1}$ и коэффициент прямоугольности $K_{\text{пк}}$ при заданном уровне ослабления k .

24. По окончании работы поставить переключатель «СЕТЬ» на панели установки и осциллографа в положение «выкл», при этом должен погаснуть индикатор сеть и вынуть сетевые вилки из розеток.

3. МОДУЛЬ УЧЕБНЫЙ «МОДЕЛЬ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА» РТРУЛ-14

Лабораторная работа по исследованию и демонстрации работы супергетеродинного РПУ выполняется на комбинированном лабораторном стенде «УРПС» с помощью лабораторного модуля РТРУЛ-14 «МОДЕЛЬ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА».

Модуль предназначен для проведения лабораторных работ по курсу «Радиотехника и электроника» в высших и средне-технических учебных заведениях.

Модуль может быть использован в различных курсах, изучающих основы электронной техники в высших и средних специальных учебных заведениях.

Установка выполнена в климатическом исполнении УХЛ, категория 4.2 ГОСТ 15150-69 для эксплуатации в помещении при температуре от 10°C до 35°C и относительной влажности до 80 %.

Учебная установка конструктивно состоит из нескольких элементов, конструктивно объединенных в одном корпусе:

- набора изучаемых элементов и устройств;
- стабилизированного источника питания, подающего питание нужной полярности и значения на все элементы схемы;
- схемы контроля необходимых параметров, осуществляющей информацию о ходе эксперимента и вывод на экран LCD дисплея.

Порядок выполнения лабораторных и демонстрационных работ на учебном модуле РТРУЛ-14

Модуль выполнен по блок-схеме рис. 3.1 и представляет собой модель РПУ с контрольными точками, выведенными в соответствующих элементах.



Рис. 3.1. Блок схема модели радиоприемного устройства.

Установка представляет собой общую модель супергетеродинного РПУ. Модель состоит из передающей части (передатчик, антенна) и приемной части (собственно приемник). Для визуализации сигналов следует подключить вход Y электронного осциллографа к клемме XS8 учебной установки. Перед подачей сигналов на вход Y электронного осциллографа (клемма XS8), все сигналы усиливаются усилительным элементом DA1. Передатчик наводит на антенне электромагнитные колебания, приемная антенна принимает данные колебания и в ней создается переменная ЭДС. Данный сигнал (слабый в реальных условиях в следствие атмосферных явлений, отражений, затуханий и т. д.) можно наблюдать соединив перемычкой вход усилителя XS7 с XS1. Слабый сигнал поступает на УРЧ, усиленный УРЧ сигнал наблюдается при соединении контакта XS7 с XS2. При размыкании и последующем замыкании перемычки на этот же контакт на встроенном вольтметре LCD индикатора можно измерить напряжение АРУ при данном положении ручки «РЕГУЛИРОВКА». Попеременно замыкая-размыкая перемычку можно изменять род работ: наблюдение сигнала на экране осциллографа либо измерение напряжение АРУ.

В данной модели РПУ УРЧ является широкополосным и искусственно

введенный регулятор АРУ позволяет изменять коэффициент усиления УРЧ.

Во входной цепи РПУ происходит первичная избирательность по соседнему каналу - из множества сигналов с разными частотами и фазами выделяется тот на который настроена входная цепь с учетом полосы пропускания.

Соединив XS7-XS3 и перестраивая собственную частоту контура входной цепи можно добиться максимального выделения полезного сигнала, настроив собственную частоту входной цепи на несущую частоту передатчика. Попеременно замыкая-размыкая перемычку XS7-XS3 можно изменять род работы: наблюдение сигнала на экране осциллографа либо измерение частоты контура.

В реальном бытовом РПУ несущая частота, выделяемая входной цепью достигает порядка сотен мегагерц, что не очень удобно, так как становится проблематично и дорого использовать активные элементы на данных частотах (лампы, диоды, транзисторы), поэтому чтобы этого избежать и повысить чувствительность РПУ в целом основное усиление сигнала осуществляется не на несущей частоте а на промежуточной посредством переноса спектра преобразователем частоты (смеситель+гетеродин). Частоту гетеродина можно определить с помощью осциллографа соединив общий контакт XS7 с выводом XS4.

Сигнал на промежуточной частоте поступает на усилитель промежуточной частоты УПЧ, нагрузкой которого как правило является фильтр со сосредоточенными параметрами ФСС.

Ослабленный сигнал промежуточной частоты можно наблюдать соединив XS7-XS5, а усиленный, соединив XS7-XS6.

После УПЧ сигнал подается на детектор колебаний (АМ, ЧМ, ШИМ) и далее, обычно после усиления усилителем мощности, попадает в наушники либо громкоговоритель.

Для наглядности и соответственно возможностям применяемого учебного универсального демонстрационного осциллографа все эксперименты проводятся на низких частотах.

Порядок работы.

1. Перед включением установки в сеть необходимо убедиться в целостности сетевых и соединительных проводов. Все соединительные провода и контрольные точки использовать следует только по назначению, запрещается замыкать выход нагрузки и выходы контрольных точек.
2. Включить стенд «УЧЕБНАЯ СТОЙКА УРПС» и электронный осциллограф в сеть ~220 В с помощью прилагаемого силового сетевого кабеля евро-стандарта. Поставить общий переключатель «СЕТЬ» на панели стенда и осциллографа в положение «ВКЛ», при этом должны загореться сигнальные индикаторы «СЕТЬ». Подать питание на модуль РТРУЛ-14, поставив переключатель «МОДУЛЬ РТРУЛ-14» в положение «ВКЛ».
3. Подключить вход Y осциллографа к выходу XS8 модели РПУ.
4. Соединить перемычкой контакты XS7-XS1 при этом на экране осциллографа должен наблюдаться слабый АМ сигнал, наведенный в антенне.
5. Вращением ручек VOLTS/DIV и TIME/DIV (ВОЛЬТ/ДЕЛ и ВРЕМЯ/ДЕЛ) и ручек POSITION осей X и Y на электронном осциллографе добиться визуально наиболее удобного изображения сигнала. Для дополнительной синхронизации можно использовать ручку LEVEL. Ручка «Y-LINE-EXT» метода синхронизации должна находиться в положении Y (внутренняя синхронизация). При этом следует учитывать, что оси X (время) и Y (амплитуда) откалиброваны правильно (т. е. подписи у ручек VOLTS/DIV и TIME/DIV верны) только при повернутых до упора ручках плавной регулировки VOLT VAR. и TIME VAR.
6. Измерить максимальную амплитуду входного АМ сигнала $U_{вх}$ и его частоту, определить по формуле (ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ I 2.10) и согласно ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ I рис. 12 коэффициент модуляции m .
7. Соединить перемычкой контакты XS7-XS2. При этом, как описано выше при попеременном замыкании-размыкании перемычки установка работает в двух режимах — измерение напряжения АРУ либо демонстрация усиленного сигнала на экране осциллографа.
8. Изменяя напряжение АРУ в пределах 1,00-9,00 В с одинаковым шагом и замыкая-размыкая перемычку, определять максимальную амплитуду усиленного АМ сигнала $U_{вых}$ с помощью осциллографа для каждого напряжения АРУ.
9. Для каждого напряжения АРУ из предыдущего опыта, определить коэффициент усиления УРЧ:

$$K_{УРЧ} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}$$

10. Построить график зависимости коэффициента усиления УРЧ от напряжения АРУ $K_{урч}=f(U_{ару})$.
11. Соединить переключкой контакты XS7-XS3. При этом, как описано выше при попеременном замыкании-размыкании переключки установка работает в двух режимах — наблюдение сигнала на экране осциллографа либо измерение частоты контура.
12. Поставить ручку «РЕГУЛИРОВКА» в крайнее левое положение, вращая её против часовой стрелки. Размыкая-замыкая переключку измерить встроенным частотомером частоту входной цепи и максимальную амплитуду АМ сигнала при данной частоте входной цепи.
13. Изменяя собственную частоту контура ω_0 в пределах 50-250 Гц с шагом ~ 10 Гц и замыкая-размыкая переключку, определять максимальную амплитуду выделенного усиленного АМ сигнала U_{\max} с помощью осциллографа для каждой частоты контура.
14. Построить график зависимости максимальной амплитуды выделенного сигнала от собственной частоты контура входной цепи $U_{\max}=f(\omega_0)$.
15. Определить по графику частоту контура, при которой достигается наилучшее усиление (максимум кривой).
16. Определить с помощью осциллографа частоту гетеродина, соединив переключкой контакты XS7-XS4.
17. Соединить переключкой контакты XS7-XS5 и наблюдать ослабленный сигнал промежуточной частоты.
18. Соединить переключкой контакты XS7-XS6 и наблюдать усиленный сигнал УПЧ. Постараться оценить максимальную амплитуду входного сигнала и его частоту, оценить по формуле ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ I (2.10) и согласно ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ I рис. 12 коэффициент модуляции m .
19. По окончании работы поставить переключатель «СЕТЬ» на панели установки и осциллографа в положение «выкл», при этом должен погаснуть индикатор сеть и вынуть сетевые вилки из розеток.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Ефимов И. Е., Козырь И. Я.** Основы микроэлектроники — М-Связь, 1975. — 272 с.
2. **Справочник** по интегральным микросхемам/ Под ред. Б В Та-рабрина. 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Энергия, 1980. — 816 с
3. **Банк М. У.** Аналоговые интегральные схемы в радиоаппаратуре. — М.: Радио и связь, 1981. — 136 с.
4. **Полевые** транзисторы и интегральные микросхемы. Технический каталог. — М.: ЦНИИ «Электроника», 1975. — 112 с.
5. **Батушев В. А.** Электронные приборы. 2-е изд. перераб и доп — М.: Высшая школа, 1980. — 383 с.
- Г Бедрековский М. А., Волга В. В., Кручинкин Н. С.** Микропроцессоры. — М.: Радио и связь, 1981. — 94 с.
7. **Бедрековский М. А., Кручинкин Н. С., Подолян В. А.** Микропроцессоры. — М.: Радио и связь, 1981. — 72 с.
8. **Микропроцессорные БИС и микро-ЭВМ/** Под ред. А. А. Васен-кова. — М.: Сов. радио, 1980. — 280 с.
9. **Микро-ЭВМ «Электроника С-5» и их применение/** Под ред. В. М. Пролейко. — М.: Сов. радио, 1980. — 160 с.
10. **Микросхемы** и их применение. — М.: Энергия, 1978. — 248 с.
11. **Огнев И. В., Шамаев Ю. М.** Проектирование запоминающих устройств. — М.: Высшая школа, 1979. — 320 с.
12. **Прангишвили И. В.** Микропроцессоры и микро-ЭВМ. — М.: Энергия, 1979. — 232 с.
13. **Степаненко И. П.** Основы микроэлектроники. — М.: Сов. радио, 1980. — 424 с.
14. **Проектирование** мнкроэлектронных цифровых устройств/ Под ред. С. А. Майорова. — М.: Сов. радио, 1977. — 272 с.
15. **Кузнецов В.** и др. Развитие микро-ЭВМ семейства «Электроника С-5» и систем на их основе. — Электронная промышленность, 1979, № И, 12, с. 9 — 1

ДЛЯ СВОБОДНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ
НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»