

<p>Медведев И.И.</p> <p>УСТРОЙСТВА ПРИЁМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ</p> <p>Практикум</p> <p>Издано в авторской редакции по решению методического совета института</p> <p>Воронежский институт МВД России 2016</p>	<p>Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.</p> <p>Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.</p> <p>Автор: Медведев Игорь Иванович 394065, Россия, Воронеж, пр. Патриотов, 53. Тел.: (473) 200-52-21</p> <p>E-mail: rt@vimvd.ru</p> <p>©Воронежский институт МВД России</p>
---	---

ВОРОНЕЖСКИЙ ИНСТИТУТ МВД РОССИИ

Кафедра радиотехники и электроники

Медведев И.И.

УСТРОЙСТВА ПРИЁМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Лабораторный практикум

Воронеж 2016

ББК 32.84

Рассмотрены и одобрены на заседании кафедры радиотехники и электроники. Протокол № 1 от 14 сентября 2015 г.

Рассмотрены и одобрены на заседании методического совета института. Протокол № 1 от 28 сентября 2015 г.

Рецензенты:

Ушаков В.М. – заместитель начальника штаба ГУ МВД России по Воронежской области, полковник внутренней службы;

Удовикин А.А. – главный специалист – метролог УОТО ГУ МВД России по Воронежской области, майор внутренней службы.

Медведев, Игорь Иванович. Устройства приёма и обработки сигналов. Лабораторный практикум: практикум [Электронный ресурс] / И.И. Медведев. – Электр. дан. и прогр. – Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2016. – 1 электр. опт. диск (CD-ROM): 12 см. – Систем. требования: процессор Intel с частотой не менее 1,3 ГГц; ОЗУ 512 Мб; операц. система семейства Windows; CD-ROM дисковод.

ISBN 978-5-88591-273-0

Практикум содержат методические материалы для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Устройства приёма и обработки сигналов» с помощью интерактивного эмулятора радиосхем Multisim.

В практикуме изложены краткие теоретические сведения по темам, приведены электрические принципиальные для проведения исследований, даны рекомендации по порядку выполнения исследований и расчётов, изложены требования к оформлению лабораторной работы и указаны вопросы для проведения контроля знаний курсантов и слушателей.

Практикум предназначен для слушателей факультета заочного обучения Воронежского института МВД России.

ББК 32.84

ISBN 978-5-88591-273-0

©Воронежский институт МВД России, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Общие сведения об интерактивном эмуляторе радиосхем Multisim 11.0.	5
2 Лабораторная работа № 1 «Исследование характеристик входных цепей»	10
3 Лабораторная работа № 2 «Исследование характеристик усилителя радиосигнала»	18
4 Лабораторная работа № 3 «Исследование амплитудного детектора»	24
5 Лабораторная работа № 4 «Исследование диодно- резистивного регулятора усиления»	31
Список рекомендуемых источников	35

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Устройства приёма и обработки сигналов» является профилирующей в образовании радиоинженера. Предметом её изучения являются теоретические основы и принципы построения устройств приёма и обработки сигналов, применяемых в различных областях человеческой деятельности.

На лабораторных работах осуществляется углублённое изучение принципов построения и функционирования отдельных устройств, входящих в состав радиоприёмников. Это достигается посредством проведения исследований схем соответствующих устройств с помощью интерактивного эмулятора радиосхем Multisim, позволяющего достаточно подробно исследовать происходящие в изучаемых устройствах процессы. Кроме этого, при выполнении лабораторных работ осуществляются необходимые расчёты по соответствующим методикам, также приведенным в данных методических указаниях.

Тематика лабораторных работ соответствует рабочей учебной программе по изучаемой дисциплине. Описания лабораторных работ содержат название работы, цель работы, рекомендации по подготовке к лабораторной работе, основополагающие теоретические сведения по соответствующей теме, схемы электрические принципиальные для проведения исследований, рекомендации по порядку выполнения исследований и расчётов, требования к оформлению лабораторной работы и вопросы для проведения контроля знаний слушателей.


Для успешного выполнения и защиты лабораторных работ рекомендуется изучение материалов учебно-методических пособий [1, 2, 3], специально подготовленных автором для курсантов и слушателей, а также материалов учебного пособия [4], подготовленного коллективом преподавателей института. Следует отметить, что материалы, представленные в [1, 2, 3], позволяют обучающимся эффективно осваивать интерактивный эмулятор радиосхем Multisim и во время самоподготовки. Настоятельно рекомендуется последовательное изучение материалов учебно-методических пособий.

Отзывы, пожелания и предложения можно посылать электронной почтой на адрес **medigor@mail.ru**.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИНТЕРАКТИВНОМ ЭМУЛЯТОРЕ РАДИОСХЕМ MULTISIM 11.0.

Multisim 11.0 – это интерактивный эмулятор схем. Он позволяет создавать электрические схемы устройств методом программного описания и проводить их тестирование и исследование. При этом пользователь работает не с программными командами или кодами, а с графическими изображениями радиоэлементов, соединяя их в той или иной последовательности (в соответствии со схемой), а при тестировании и исследовании схемы – с графическими изображениями измерительных приборов. Таким образом, создаётся как бы виртуальная лаборатория с огромными возможностями по разработке и исследованию различных радиоэлектронных схем. В то же время работа в Multisim 11.0 очень похожа на работу с аналогичными схемами в реальных условиях.

Запустить программу **Multisim 11.0** можно одним из известных способов (эти способы можно использовать в Windows XP и Windows 7): использовать ярлык программы, расположенный на **Рабочем столе**; через кнопку **Пуск**, находящуюся на **Панели задач**; с помощью **Командной строки**, указав полный путь к файлу программы; найти файл программы на компьютере и непосредственно запустить её. Мы будем использовать только два первых способа.

Для запуска программы первым способом необходимо навести курсор мыши на ярлык  **Multisim**, расположенный на **Рабочем столе**, и дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши. Это самый простой способ запуска программы. В результате указанных действий программа **Multisim 11.0** запустится, и откроется **Главное окно** данной программы (рис. 1.1).

Если по каким-то причинам ярлыка для **Multisim** на **Рабочем столе** нет, то можно воспользоваться вторым способом. Для этого опустите указатель мыши в левый нижний угол экрана и щёлкните левой кнопкой мыши по кнопке **Пуск**. В открывшемся главном меню **Windows** выберите пункт **Все программы** (т.е. наведите курсор мыши на пункт **Все программы**), затем щёлкните левой кнопкой мыши пункт **National Instruments**, затем **Circuit Design Suite 11.0**, а затем **Multisim 11.0**. В результате указанных действий программа **Multisim 11.0** запустится, и откроется **Главное окно** данной программы (рис. 1.1).

Главное окно программы **Multisim 11.0** (или интерфейс пользователя) состоит из нескольких основных элементов, которые представлены на рис. 1.1. Рассмотрим основные из этих элементов, которые мы дальше будем использовать наиболее часто. С другими элементами более подробно можно ознакомиться в [1, 2, 3].

Главное окно программы содержит в свою очередь три окна: окно схемы, окно разработки и окно табличного отображения.

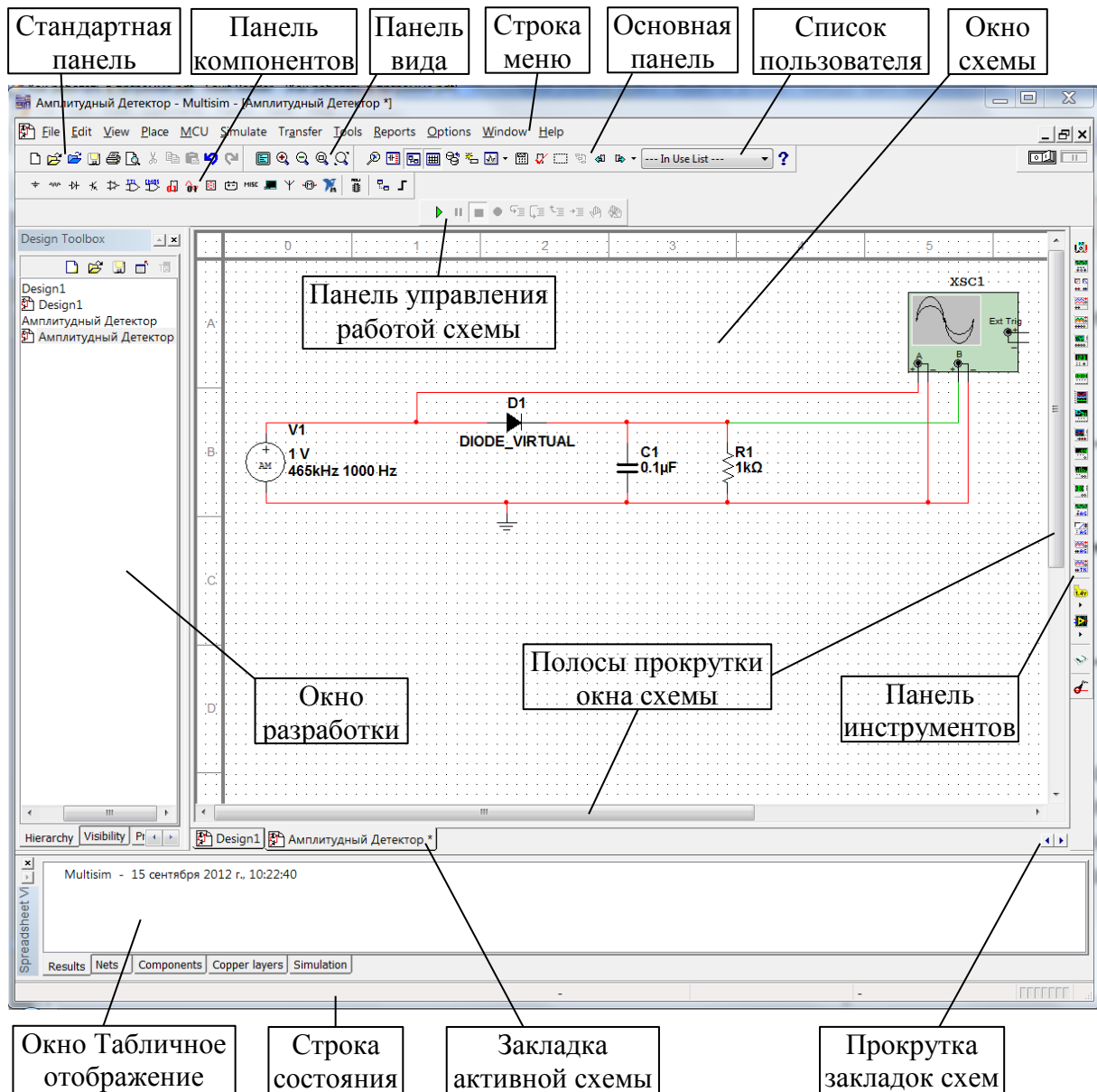













Рис. 1.1 – Главное окно программы Multisim 11.0.

Окно схемы – самое большое окно, в нём отображается схема, с которой осуществляется работа в текущий момент времени. В нём осуществляют синтез и редактирование схемы. Если в программу загружено сразу несколько схем, то каждая из них располагается на отдельной закладке. Наименования закладок приводятся в нижней части окна (на рис. 1.1 указана **Закладка активной схемы**). Переход между закладками осуществляется с помощью мыши: необходимо привести мышь на требуемую закладку и щёлкнуть один раз левой кнопкой мыши. Если закладок много и они не вмещаются в области окна, то для отыскания требуемой закладки следует воспользоваться **Прокруткой закладок схем**.






Строка меню содержит несколько пунктов, каждый из которых со-

держит группу команд, объединённых одной функциональной направленностью. Строка меню обеспечивает доступ ко всем функциональным возможностям программы, однако этот доступ не всегда самый удобный. Поэтому в Multisim 11.0 имеются различные панели, на которых расположены кнопки со значками (пиктокнопки). Это кнопки наиболее часто применяемых команд или компонентов, они позволяют упростить и ускорить работу в Multisim 11.0. При наведении мыши на пиктокнопку появляется подсказка о назначении этой кнопки и, если есть, в скобках – о сочетаниях «горячих клавиш», нажатие на которые также приводит к выполнению данного действия.

Стандартная панель предназначена для быстрого выполнения следующих команд и действий:

- создание новой схемы – кнопка  – **New**;
- быстрого открывания уже имеющейся схемы, сохранённой ранее пользователем – кнопка  – **Open File**;
- быстрого открывания схемы из коллекции самой программы – кнопка  – **Open a sample design**;
- сохранения собранной схемы – кнопка  – **Save File**;
- распечатки схемы на принтере – кнопка  – **Print Circuit**;
- предварительный просмотр печати – кнопка  – **Print Preview**;
- операции «вырезать» – кнопка  – **Cut**;
- операции «копировать» – кнопка  – **Copy**;
- операции «вставить» – кнопка  – **Paste**;
- отмена выполненной операции и возвращение в предыдущее состояние или откат назад – кнопка  – кнопка **Undo**;
- восстановление (повторный ввод) отменённой команды или действия – кнопка  – **Redo**.


Панель вида позволяет выполнять действия по установке на экране монитора требуемого размера изображения схемы или элементов схемы:


- разворот схемы на весь экран – кнопка  – **Toggle Full Screen**;
- увеличение масштаба – кнопка  – **Increase zoom**;
- уменьшение масштаба – кнопка  – **Decrease zoom**;
- разворот выделенного участка схемы на всё окно схемы – кнопка  – **Zoom to selected area**;
- подгонка масштаба по размеру страницы схемы (вся страница схемы выводится целиком в окне схемы) – кнопка  – **Zoom Fit to Page**.


Панель Список пользователя (In Use List) содержит список радиоэлементов, использующихся в схеме, с которой осуществляется работа в текущий момент времени (в схеме, которая открыта в Окне схем и являет-


ся активной). При щелчке левой кнопкой мыши на этой панели список раскрывается. При необходимости из списка можно выбрать требуемый радиоэлемент, щёлкнув на нём левой кнопкой мыши, и добавить его в **Окно схемы**, установив курсор мыши в необходимое место схемы и щёлкнув там левой кнопкой мыши.

Но для выбора радиоэлементов (радиокомпонентов или просто компонентов) с целью их использования в схеме программа Multisim 11.0 имеет специальную панель – **Панель компонентов**. На этой панели имеется ряд кнопок, каждая из которых предоставляет пользователю свой набор компонентов, которые там подобраны по соответствующим группам или категориям. Наиболее часто мы будем использовать первые четыре кнопки:


- **Place Source**  – здесь находятся различные источники питания и источники (формирователи) сигналов специальной формы, а также различные элементы заземления, общего провода или корпуса;


- **Place Basic**  – здесь находятся различные базовые радиокомпоненты, например, резисторы (Resistor), конденсаторы (Capacitor), индуктивности (Inductor) и др.;

- **Place Diode**  – здесь находятся различные полупроводниковые диоды, диодисторы, варикапы и др.;


- **Place Transistor**  – здесь находятся различные полупроводниковые биполярные и полевые транзисторы.

Панель управления работой схемы среди прочих содержит три наиболее часто используемые кнопки:

- **Run/resume simulation**  – кнопка запуска работы схемы (кнопка **Пуск**);

- **Pause simulation**  – кнопка временной остановки работы схемы (кнопка **Пауза**);

- **Stop simulation**  – кнопка полной остановки работы схемы (кнопка **Стоп**).

Следует обратить внимание, что для проверки работоспособности схемы необходимо сначала её запустить, т.е. имитировать её включение, нажав кнопку **Пуск** . Проводить же исследование схемы (рассматривать временные диаграммы, проводить на них измерения, снимать показания с амперметров и т.п.) можно и после полной остановки работы схемы. Также надо иметь в виду, что если в схеме необходимо изменить номинал резистора, конденсатора или поменять какой-либо компонент, то необходима полная остановка работы схемы (для этого следует нажать кнопку **Стоп**), а не временная остановка (**Пауза**). Если пытаться произвести указанные изменения при работающей схеме или при временной остановке работы схемы, то программа выведет на экран предупреждение (рис. 1.2) о

том, что изменения вступят в силу только после полной остановки и последующего пуска схемы.

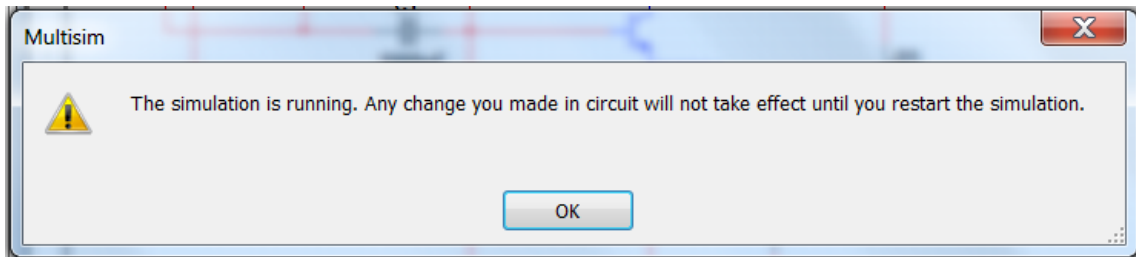




Рис. 1.2 – Предупреждение программы о том, что изменения вступят в силу только после полной остановки и последующего пуска схемы.

Для запуска и остановки работы схемы можно также воспользоваться кнопками  , расположенными в правом верхнем углу Главного окна программы, которые выполняют функции, аналогичные рассмотренным (Пуск, Стоп, Пауза).

Строка состояния расположена в самой нижней части Главного окна программы и предназначена для отображения следующей информации:

- в левой части строки отображается подсказка о назначении кнопок панелей программы, на которые наводится курсор мыши;
- в правой части строки отображается название активной схемы и далее время, прошедшее с момента запуска схемы (на рис. 1.1 эта информация не отображена, поскольку схема не запускалась).

И, наконец, в правой части Главного окна находится **Панель инструментов**, на которой расположены значки различных измерительных приборов. Более подробно с ними мы будем знакомиться по мере их использования в схемах.

Внимание! Принципы создания схем с помощью интерактивного эмулятора радиосхем Multisim и методики проведения измерений подробно изложены в материалах учебно-методических пособий [1, 2, 3]. Перед выполнением лабораторных работ следует изучить указанные материалы.

2 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

«ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВХОДНЫХ ЦЕПЕЙ»

Цели работы:

1. Исследовать характеристики входной цепи при её емкостной связи с антенной и непосредственной связи с нагрузкой следующего каскада.
2. Приобретение практических навыков работы с интерактивным эмулятором радиосхем Multisim.

Подготовка к лабораторной работе.

1. Ознакомиться с описанием лабораторной работы.
2. Изучить теоретический материал по теме лабораторной работы [4] и методики проведения измерений, подробно изложенные в материалах учебно-методических пособий [1, 2, 3].
3. Подготовить в рабочей тетради отчёт по лабораторной работе, в котором должны содержаться: цель работы, схема измерений, а при необходимости – краткие теоретические сведения, таблицы измерений и расчётные формулы (допускается таблицы измерений и расчётные формулы вносить в отчёт на окончательном этапе оформления отчёта, чтобы избежать помарок в отчёте, производя расчёты и предварительное оформление таблиц на черновиках).

Краткие теоретические сведения по теме.

Входные цепи (ВЦ) располагаются на самом входе устройств приёма и обработки сигналов. Именно к входной цепи подключают антенну. ВЦ предназначены для:

- согласования приёмника с антенной;
- передачи сигнала из антенны на вход первого активного элемента приёмника (обычно это активный элемент первого усилительного каскада или преобразователя частоты);
- предварительного выделения (предварительного выбора или предварительной избирательности) полезного сигнала и подавления помех.

По виду связи колебательных контуров ВЦ с антенной различают схемы:

- с емкостной связью (рис. 2.1);
- с индуктивной (или трансформаторной) связью (рис. 2.2);
- с индуктивно-емкостной (комбинированной) связью (рис. 2.3);
- с автотрансформаторной связью (рис. 2.4).

Настройку ВЦ на частоту принимаемого радиосигнала осуществляют конденсатором колебательного контура C_k , ёмкость которого должна изменяться в соответствующих пределах (на рис. 2.1 – 2.3 показан конденсатор переменной ёмкости). В последнее время вместо конденсатора часто используют варикапы – полупроводниковые элементы, ёмкость которых

изменяется в достаточно больших пределах при подаче на них соответствующего обратного напряжения.

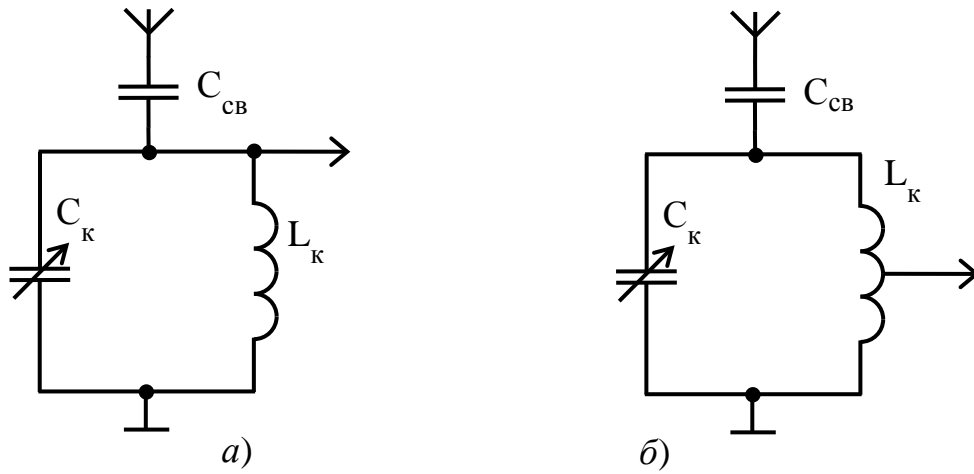


Рис. 2.1 – Схемы ВЦ с емкостной связью с антенной.

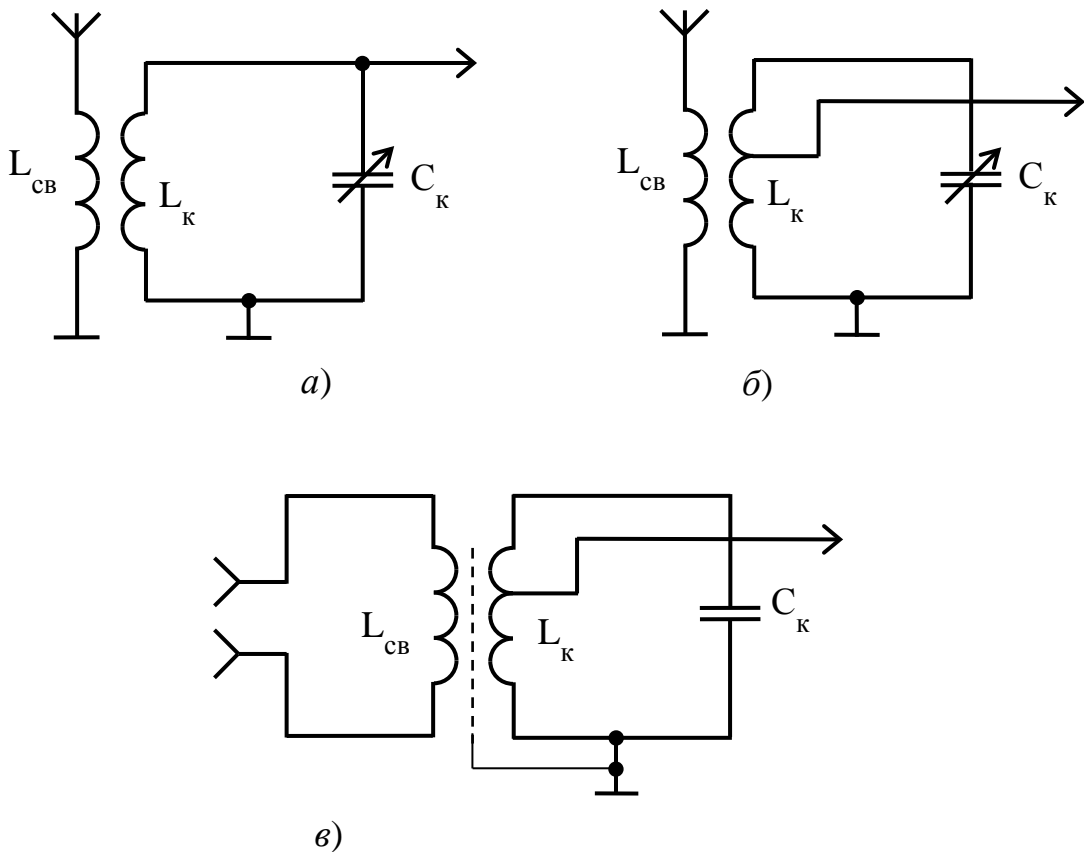


Рис. 2.2 – Схемы ВЦ с индуктивной (или трансформаторной) связью с антенной.

Настройку ВЦ на частоту принимаемого сигнала можно осуществлять и с помощью изменения величины индуктивности колебательного

контура L_k , но такой подход применяется крайне редко в силу относительной сложности его выполнения.

В том случае, когда перестройка ВЦ по частоте не применяется, в колебательных контурах используются элементы с постоянной величиной (рис. 2.2, в, рис. 2.4).

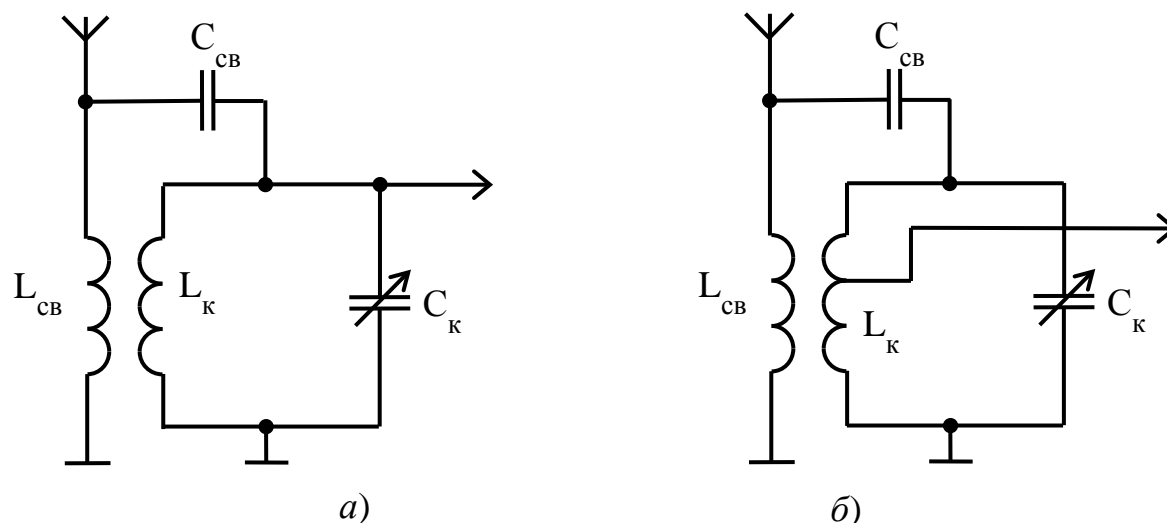


Рис. 2.3 – Схемы ВЦ с индуктивно-емкостной (комбинированной) связью с антенной.

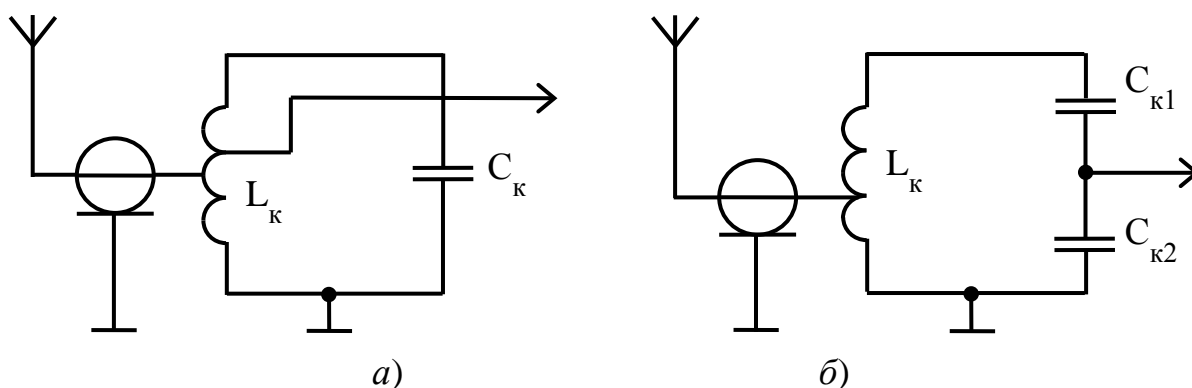


Рис. 2.4 – Схемы ВЦ с автотрансформаторной связью с антенной.

Основными характеристиками ВЦ являются:

- коэффициент передачи по напряжению;
- полоса пропускания;
- частотная избирательность;
- коэффициент перекрытия диапазона частот;
- постоянство параметров ВЦ при изменении параметров антенны и параметров первого каскада приёмника.

Порядок выполнения работы.

Для проведения исследования необходимо собрать схему, представленную на рис. 2.1.

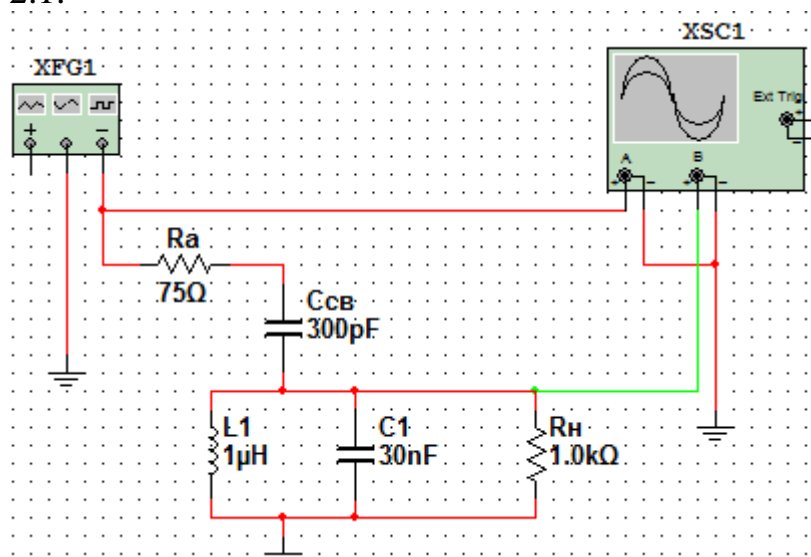


Рис. 2.1 Схема измерений

На рис. 2.1 представлена входная цепь (ВЦ) радиоприёмного устройства в виде параллельного контура из элементов $L1$ и $C1$. Антенну заменяет её эквивалент – генератор сигналов (функциональный генератор XFG1) и резистор R_a , равный 75 Ом, имитирующий сопротивление антенны. Связь эквивалента антенны с входной цепью осуществляется с помощью конденсатора связи $C_{св}$. Нагрузку следующего за входной цепью каскада имитирует резистор R_n .

Задание 1. Определить резонансную частоту ВЦ.

Ход выполнения задания. Определить резонансную частоту ВЦ можно экспериментально: изменяя частоту генератора (при постоянном напряжении на выходе генератора), зафиксировать максимум напряжения на R_n . Частота, при которой зафиксирован максимум, и будет резонансной частотой ВЦ.

Однако, не зная (хотя бы приблизительно) какой должна быть резонансная частота, определить её будет сложно, а иногда и не возможно, так как для этого может потребоваться очень много времени. Поэтому сначала следует произвести расчёт резонансной частоты по известным номиналам ВЦ.

С первого взгляда кажется, что частота ВЦ должна определяться по известной формуле

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \quad (2.1)$$

куда вместо L следует подставить L_1 , а вместо C подставить $C1$. Однако, такой подход не совсем верный, поскольку на контур оказывает влияние

ёмкость антенны и ёмкость конденсатора связи. На рис. 2.1 эти ёмкости отдельно не показаны. Для упрощения понимания материала будем считать, что они объединены и представлены одним конденсатором $C_{св}$.

Исследуем, как же влияет $C_{св}$ на резонансную частоту ВЦ.

Для этого рассчитайте по формуле (2.1) резонансную частоту. Значение частоты запишите в тетрадь.

Соберите схему по рис. 2.1. На генераторе установите частоту синусоидального колебания равную рассчитанной. **Амплитуду сигнала на генераторе установите 4 В.** Запустите работу схемы. С помощью осциллографа проконтролируйте сигнал на выходе генератора и на нагрузке R_H . Для удобства наблюдения сигналов цвета каналов сделайте разными, например, канал А – красный, канал В – зелёный.

Изменяя на генераторе в небольших пределах частоту сигнала (сначала на несколько кГц, а затем, вблизи максимума, на несколько десятых долей кГц), определите частоту, при которой напряжение на нагрузке максимальное. Запишите в тетрадь значение максимального напряжения на нагрузке и соответствующее ему значение частоты – это резонансная частота ВЦ.

Внимание! Поскольку при изменении частоты на генераторе в схеме происходят переходные процессы (это видно по медленным колебаниям амплитуды выходного напряжения), то для правильного измерения напряжения следует дождаться установившегося режима работы схемы (медленные колебания отсутствуют).

Измерения проводить с помощью курсора №1, осциллограф синхронизировать по входу В, режим синхронизации – нормальный.

Разница в значениях рассчитанной и измеренной частот объясняется тем, что $C_{св}$ вносит изменение в величину ёмкости ВЦ. Если нарисовать эквивалентную схему, то $C_{св}$ будет на ней включена параллельно C_1 . При таком соединении ёмкость контура ВЦ (C_K) равна сумме емкостей $C_{св}$ и C_1 :

$$C_K = C_{св} + C_1. \quad (2.2)$$

Рассчитайте C_K , а затем рассчитайте повторно резонансную частоту ВЦ по формуле (2.1), но со значением C_K вместо C_1 .

Сравните полученное значение резонансной частоты со значением, найденным экспериментальным путём.

Задание 2. Провести измерения и построить резонансную характеристику ВЦ при $R_H = 1$ кОм. Определить полосу пропускания (ΔF) и резонансный коэффициент передачи (K_0) ВЦ.

Ход выполнения задания. Для построения резонансной характеристики необходимо зафиксировать в таблице 2.1 значения частот генерато-

ра, при которых напряжение на нагрузке (U_H) будет равно U_0 (максимальное, т.е. резонансное напряжение), а также $0,7U_0$, $0,5U_0$, $0,1U_0$. Затем рассчитать значение расстройки по формуле

$$\Delta f = f - f_0, \quad (2.3)$$

и заполнить нижнюю строку таблицы 2.1.

Таблица 2.1.

$U_H, В$	$0,1U_0$	$0,5U_0$	$0,7U_0$	U_0	$0,7U_0$	$0,5U_0$	$0,1U_0$
$f, кГц$							
$\Delta f, кГц$							

По полученным данным постройте резонансную характеристику ВЦ $U_H(\Delta f)$.

Полосу пропускания ВЦ можно определить непосредственно по табличным данным. Если дополнительно не уточняется, то полосу пропускания определяют по уровню 0,7 от максимального напряжения (от напряжения резонанса U_0). Таким образом, для определения полосы пропускания необходимо просуммировать значения Δf для уровней напряжений $0,7U_0$. Поскольку эти значения равны между собой, то тогда полосу пропускания можно рассчитать по формуле

$$\Delta F = 2\Delta f_{0,7}. \quad (2.4)$$

Резонансный коэффициент передачи ВЦ находим, используя табличные данные, по формуле

$$K_0 = \frac{U_0}{U_G}, \quad (2.5)$$

где U_0 – напряжение на нагрузке (выходе ВЦ) при резонансе,
 U_G – напряжение на выходе генератора.

Задание 3. Рассчитать добротность (Q) ВЦ.

Ход выполнения задания. Для расчёта добротности следует воспользоваться формулой

$$Q = \frac{f_0}{2\Delta f_{0,7}}. \quad (2.6)$$

Данные для расчёта взять из таблицы 2.1.

Получив значение Q, можно рассчитать резонансный коэффициент передачи ВЦ по формуле, известной из теории:

$$K_0 = \frac{Qc'_A}{c_K} n, \quad (2.7)$$

где Q – добротность контура ВЦ,

c'_A – вносимая в контур ВЦ ёмкость со стороны антенны и конденсатора связи ВЦ с антенной (мы примем для нашего случая $c'_A = c_{св}$),

c_K – ёмкость контура ВЦ,

n – коэффициент связи ВЦ со следующим каскадом (или усилительным элементом).

Для схемы, представленной на рис. 2.1, $n = 1$. Поэтому, учитывая (2.2), можно K_0 рассчитать по известной добротности и значениям элементов схемы:

$$K_0 = \frac{Qc_{св}}{c_{св} + c_1}. \quad (2.8)$$

Сравните полученное значение со значением K_0 , полученным в результате измерений в предыдущем задании.

Задание 4. Измерить селективность (Se) ВЦ по соседнему каналу.

Ход выполнения задания. Для измерения селективности (избирательности) по соседнему каналу необходимо провести измерения напряжения U_H при расстройке ± 9 кГц относительно резонансной частоты. Значение селективности рассчитать по формуле

$$Se = 20 \lg \frac{U_0}{U_H}. \quad (2.9)$$

Задание 5. Провести исследование изменения добротности (Q), селективности (Se) и резонансного коэффициента передачи (K_0) в диапазоне частот. Для определённости будем считать, что частота контура увеличивается, а её изменение производится конденсатором. Исследования провести для двух частот: сначала при новом значении конденсатора контура, равном $0,5c_1$, а затем равном $0,2c_1$.

Ход выполнения задания. Сначала в схеме изменить значение конденсатора c_1 с 30 нФ на 15 нФ. Провести измерения и расчёты, аналогичные выполненным в заданиях 1 – 4.

Затем в схеме изменить значение конденсатора c_1 с 15 нФ на 6 нФ. Провести измерения и расчёты, аналогичные выполненным в заданиях 1 – 4.

По полученным результатам построить графики зависимости $Q(f)$ и $Se(f)$. Объяснить полученные результаты.

Задание 6. Провести исследование изменения добротности (Q) и селективности (Se) при изменении сопротивления нагрузки следующего за

входной цепью каскада, имитируемой резистором R_H .

Ход выполнения задания. Для проведения исследования следует, изменяя величину R_H , определять по приведенной выше методике Q и Se .

Установите $R_H = 10$ кОм. Проведите измерения и расчёты, аналогичные выполненным в заданиях 1 – 4.

Затем установите $R_H = 100$ кОм. Проведите измерения и расчёты, аналогичные выполненным в заданиях 1 – 4.

Постройте графики $Q(R_H)$ и $Se(R_H)$. Объясните полученные результаты.

Содержание отчёта по лабораторной работе: Название, цель работы, схема измерений, результаты выполнения заданий, выводы. В выводах следует отразить полученные результаты экспериментальных исследований, объяснить вид построенных графиков и сравнить результаты экспериментов с теоретическими положениями.

Контрольные вопросы:

1. Какие функции выполняет входная цепь в радиоприёмнике прямого усиления и в супергетеродинном радиоприёмнике?
2. Как классифицируют входные цепи по виду связи колебательных контуров ВЦ с антенной?
3. С помощью чего осуществляют перестройку ВЦ по частоте?
4. Какие основные характеристики применяют для ВЦ?
5. Как объяснить ход полученных в лабораторной работе зависимостей?
6. Как изменяется полоса пропускания ВЦ с увеличением частоты приёма, если добротность ВЦ остаётся при этом постоянной?
7. Как изменится частота настройки ВЦ, если ёмкость контура уменьшить в 4 раза?
8. Как изменится частота настройки ВЦ, если ёмкость контура увеличить в 4 раза?
9. Каковы особенности избирательности по соседнему каналу и по зеркальному каналу?
10. Как измерить полосу пропускания ВЦ с помощью Multisim?
11. Какие параметры и как настраиваются в функциональном генераторе программы Multisim?
12. Какие функции выполняют органы управления двухканального осциллографа программы Multisim?

3 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 «ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УСИЛИТЕЛЯ РАДИОСИГНАЛА»

Цели работы:

1. Исследовать характеристики резонансного усилителя радиосигнала.
2. Приобретение практических навыков работы с интерактивным эмулятором радиосхем Multisim.

Подготовка к лабораторной работе.

1. Ознакомиться с описанием лабораторной работы.
2. Изучить теоретический материал по теме лабораторной работы [4] и методики проведения измерений, подробно изложенные в материалах учебно-методических пособий [1, 2, 3].
3. Подготовить в рабочей тетради отчёт по лабораторной работе, в котором должны содержаться: цель работы, схема измерений, а при необходимости – краткие теоретические сведения, таблицы измерений и расчётные формулы (допускается таблицы измерений и расчётные формулы вносить в отчёт на окончательном этапе оформления отчёта, чтобы избежать помарок в отчёте, производя расчёты и предварительное оформление таблиц на черновиках).

Краткие теоретические сведения по теме.

Усилители радиосигналов (УРС – поскольку они усиливают только радиосигналы) применяют в супергетеродинных приёмниках и приёмниках прямого усиления. Они своим входом подключаются к входной цепи (ВЦ). В качестве нагрузки в УРС используются колебательные контуры. Часто эти усилители называют также усилителями высокой частоты (УВЧ), отражая этим то, что усилители работают именно с высокочастотными сигналами.

УРС в супергетеродинных приёмниках предназначены для:

- усиления полезного радиосигнала в заданном диапазоне частот до заданного уровня;
- обеспечения предварительной избирательности по соседнему каналу и заданной избирательности по побочным каналам приёма (в первую очередь – по зеркальному каналу).

В приёмниках прямого усиления назначение УРС отличается от указанного выше тем, что они обеспечивают заданную избирательность по соседнему каналу, а зеркальный канал в таких приёмниках отсутствует. Также необходимо заметить, что приёмники прямого усиления работают на низкочастотных диапазонах, поскольку при высокой частоте сигнала получение требуемой величины избирательности по соседнему каналу в УРС затруднено. Кроме этого, на достаточно высоких частотах (несколько де-

сятков и сотен МГц) затруднено и получение большого усиления.

Тем не менее, применение УРС способствует повышению чувствительности приёмного устройства, увеличивая его общее усиление.

УРС можно классифицировать по разным критериям, например, по числу усилительных каскадов, по числу усилительных приборов (УП) в каскаде, по типу используемых УП, по способу включения усилительных приборов, по виду и характеристикам нагрузочных цепей каскадов.

УРС характеризуются различными параметрами: входным сопротивлением усилительного каскада, коэффициентами усиления, избирательностью, полосой пропускания, диапазоном рабочих частот (или коэффициентом перекрытия заданного диапазона), коэффициентом шума, искажениями сигнала (линейными и нелинейными) и устойчивостью работы (т.е. постоянством основных параметров УРС при действии дестабилизирующих факторов и отсутствием склонности к самовозбуждению).

Порядок выполнения работы.

Для проведения исследования необходимо собрать схему, представленную на рис. 3.1.

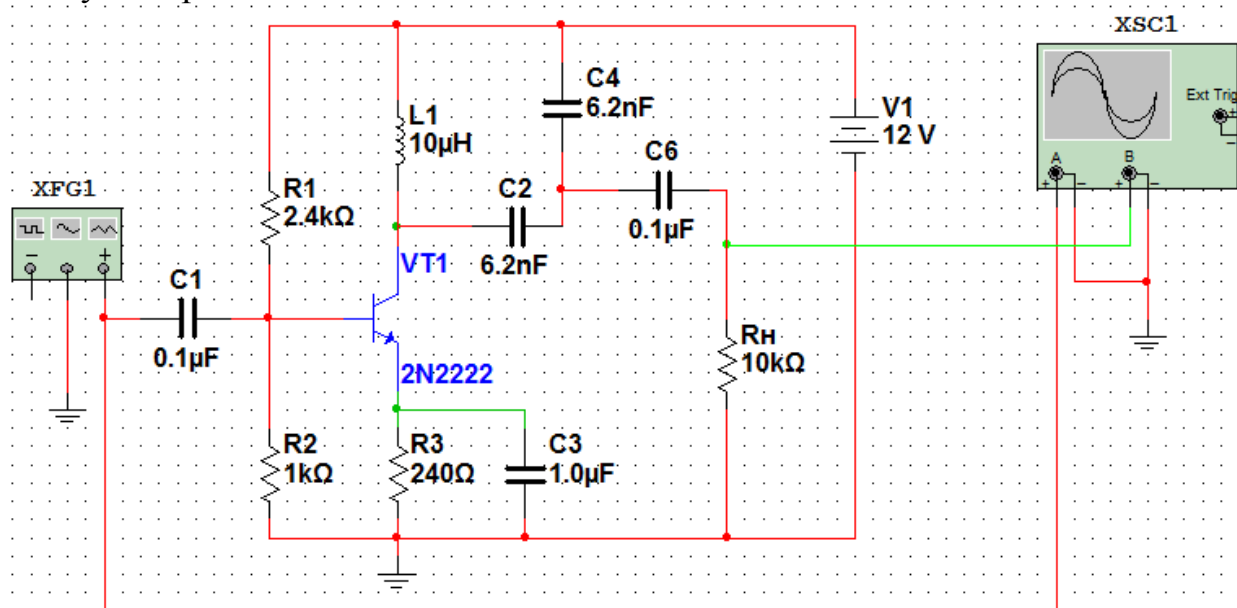


Рис. 3.1 Схема измерений

На рис. 3.1 представлен каскад по схеме с общим эмиттером усилителя радиосигнала (УРС) радиоприёмного устройства. На его вход поступает сигнал с генератор сигналов (функциональный генератор XFG1). Нагрузку следующего за усилителем каскада имитирует резистор R_n . Для исследования усилителя применяется двухканальный осциллограф.

Задание 1. Определить резонансную частоту усилителя.

Ход выполнения задания. Определить резонансную частоту УРС можно экспериментально: изменяя частоту генератора (при постоянном

напряжении на выходе генератора), зафиксировать максимум напряжения на R_H . Частота, при которой зафиксирован максимум, и будет резонансной частотой УРС.

Однако, не зная (хотя бы приблизительно) какой должна быть резонансная частота, определить её будет сложно, а иногда и не возможно, так как для этого может потребоваться очень много времени. Поэтому сначала следует произвести расчёт резонансной частоты по известным номиналам элементов колебательного контура по формуле:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \quad (3.1)$$

куда вместо L следует подставить $L1$, а вместо C подставить эквивалентную ёмкость, равную ёмкости двух последовательно соединённых конденсаторов $C2$ и $C4$. Значение частоты запишите в тетрадь.

Соберите схему по рис. 3.1. На генераторе установите частоту синусоидального колебания равную рассчитанной. **Амплитуду сигнала на генераторе установите 10 мВ.** Запустите работу схемы. С помощью осциллографа проконтролируйте сигнал на выходе генератора и на нагрузке R_H . Для удобства наблюдения сигналов цвета каналов сделайте разными, например, канал А – красный, канал В – зелёный.

Внимание! Поскольку при изменении частоты на генераторе в схеме происходят переходные процессы (это видно по медленным изменениям амплитуды выходного напряжения), то для правильного измерения напряжения следует дождаться установившегося режима работы схемы (медленные изменения отсутствуют).

Измерения проводить с помощью курсора №1, осциллограф синхронизировать по входу В, режим синхронизации – нормальный.

Изменяя на генераторе в небольших пределах частоту сигнала (сначала на несколько кГц, а затем, вблизи максимума, при необходимости – на несколько десятых долей кГц), определите частоту, при которой напряжение на нагрузке максимальное. Запишите в тетрадь значение максимального напряжения на нагрузке и соответствующее ему значение частоты – это резонансная частота УРС.

Незначительная разница в значениях рассчитанной и измеренной частот объясняется тем, что на контур влияет ёмкость транзистора, включенная параллельно контуру.

Задание 2. Провести измерения и построить резонансную характеристику УРС при $R_H = 10$ кОм. Определить полосу пропускания (ΔF) и резонансный коэффициент передачи (K_0) УРС.

Ход выполнения задания. Для построения резонансной характеристики необходимо зафиксировать в таблице 3.1 значения частот генерато-

ра, при которых напряжение на нагрузке (U_H) будет равно U_0 (максимальное, т.е. резонансное напряжение), $0,7U_0$, $0,5U_0$, $0,1U_0$ (в таблицу заносить значения напряжений). Затем рассчитать значение расстройки по формуле

$$\Delta f = f - f_0, \quad (3.2)$$

и заполнить нижнюю строку таблицы 3.1.

Таблица 3.1.

$U_H, В$	$0,1U_0$	$0,5U_0$	$0,7U_0$	U_0	$0,7U_0$	$0,5U_0$	$0,1U_0$
$f, кГц$							
$\Delta f, кГц$							

По полученным данным постройте резонансную характеристику УРС $U_H(\Delta f)$.

Полосу пропускания УРС можно определить непосредственно по табличным данным. Если дополнительно не уточняется, то полосу пропускания определяют по уровню 0,7 от максимального напряжения (от напряжения резонанса U_0). Таким образом, для определения полосы пропускания необходимо просуммировать значения Δf для уровней напряжений $0,7U_0$. Поскольку эти значения равны между собой, то тогда полосу пропускания можно рассчитать по формуле

$$\Delta F = 2\Delta f_{0,7}. \quad (3.3)$$

Резонансный коэффициент передачи УРС находим, используя табличные данные, по формуле

$$K_0 = \frac{U_0}{U_r}, \quad (3.4)$$

где U_0 – напряжение на нагрузке (выходе УРС) при резонансе,

U_r – напряжение на выходе генератора.

Задание 3. Рассчитать добротность (Q) УРС.

Ход выполнения задания. Для расчёта добротности следует воспользоваться формулой

$$Q = \frac{f_0}{2\Delta f_{0,7}}. \quad (3.5)$$

Данные для расчёта взять из таблицы 3.1.

Задание 4. Измерить селективность (σ) УРС по соседнему каналу.

Ход выполнения задания. Для измерения селективности (избирательности) по соседнему каналу необходимо провести измерения напряжения U_H при расстройке ± 9 кГц относительно резонансной частоты. Значение селективности рассчитать по формуле

$$\sigma = 20 \lg \frac{U_0}{U_H}. \quad (3.6)$$

Задание 5. Измерить селективность (σ) УРС по зеркальному каналу.

Ход выполнения задания. Для измерения селективности (избирательности) по зеркальному каналу будем исходить из предположения, что промежуточная частота $f_{ПЧ}$ радиоприёмного устройства равна 465 кГц. Следовательно, для измерения избирательности по зеркальному каналу необходимо провести измерения напряжения U_H при расстройке $+ 2f_{ПЧ}$ относительно резонансной частоты УРС.

Сравните значения селективности по соседнему каналу и по зеркальному каналу.

Задание 6. Провести исследование изменения резонансного коэффициента передачи (K_0), добротности (Q) и селективности (σ) при изменении сопротивления нагрузки следующего за входной цепью каскада, имитируемой резистором R_H .

Ход выполнения задания. Для проведения исследования следует, изменяя величину R_H , определять по приведенной выше методике K_0 , Q и σ .

Установите $R_H = 1$ кОм. Проведите измерения и расчёты, аналогичные выполненным в заданиях 2 – 4.

Установите $R_H = 100$ Ом. Проведите измерения и расчёты, аналогичные выполненным в заданиях 2 – 4.

По полученным данным постройте графики $K_0(R_H)$, $Q(R_H)$ и $\sigma(R_H)$. Объясните полученные результаты.

Задание 7. Провести исследование изменения резонансного коэффициента передачи (K_0) при изменении величины конденсатора C_3 .

Ход выполнения задания. Для проведения исследования следует, изменяя величину C_3 , определять по приведенной выше методике K_0 .

Полученные значения занести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2.

C_3 , мкФ	100	10	1	0,1	0,01	0,001	0
K_0 , раз							

По полученным данным постройте график $K_0(C_3)$.

Содержание отчёта по лабораторной работе: Название, цель работы, схема измерений, результаты выполнения заданий, выводы. В выводах следует отразить полученные результаты экспериментальных исследований, объяснить вид построенных графиков и сравнить результаты экспериментов с теоретическими положениями.

Контрольные вопросы:

1. Какие функции выполняет УРС в радиоприёмнике прямого усиления и в супергетеродинном радиоприёмнике?
2. Как классифицируют УРС?
3. Чем отличаются УРС от других усилителей, имеющих в радиоприёмнике?
4. Какие основные характеристики применяют для УРС?
5. К каким усилителям (по способу включения усилительного прибора) относится исследуемый в лабораторной работе усилитель?
6. Каково назначение каждого радиоэлемента в исследуемой схеме?
7. Как объяснить ход полученных в лабораторной работе зависимостей?
8. Как изменяется полоса пропускания УРС с увеличением частоты приёма, если добротность контура цепи нагрузки остаётся при этом постоянной?
9. Как изменится частота настройки УРС, если ёмкость контура уменьшить в 4 раза?
10. Как изменится частота настройки УРС, если ёмкость контура увеличить в 4 раза?
11. Каковы особенности избирательности по соседнему каналу и по зеркальному каналу?
12. Как измерить полосу пропускания УРС с помощью Multisim?
13. Как измерить коэффициент усиления УРС с помощью программы Multisim?
14. Какие функции выполняют органы управления двухканального осциллографа программы Multisim?

4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 **«ИССЛЕДОВАНИЕ АМПЛИТУДНОГО ДЕТЕКТОРА»**

Цели работы:

1. Исследовать характеристики амплитудного детектора.
2. Приобретение и закрепление практических навыков работы с интерактивным эмулятором радиосхем Multisim.

Подготовка к лабораторной работе.

1. Ознакомиться с описанием лабораторной работы.
2. Изучить теоретический материал по теме лабораторной работы [4] и методики проведения измерений, подробно изложенные в материалах учебно-методических пособий [1, 2, 3].
3. Подготовить в рабочей тетради отчёт по лабораторной работе, в котором должны содержаться: цель работы, схема измерений, а при необходимости – краткие теоретические сведения, таблицы измерений и расчётные формулы (допускается таблицы измерений и расчётные формулы вносить в отчёт на окончательном этапе оформления отчёта, чтобы избежать помарок в отчёте, производя расчёты и предварительное оформление таблиц на черновиках).

Краткие теоретические сведения по теме.

Детекторы радиоприёмных устройств предназначены для преобразования принимаемых модулированных радиосигналов в колебания, соответствующие передаваемому сообщению. Другими словами детектор осуществляет демодуляцию радиосигнала (т.е. операцию, обратную модуляции), поэтому его иногда называют демодулятор.

В зависимости от вида модуляции радиосигнала, с которым может работать детектор (т.е. может детектировать), различают амплитудные детекторы (АД), частотные детекторы (ЧД) и фазовые детекторы (ФД).

Самыми простыми из амплитудных детекторов являются диодные детекторы, построенные на полупроводниковых диодах. Однако, несмотря на свою простоту, эти детекторы обладают достаточно хорошими параметрами.

Отметим, что бывают схемы амплитудных детекторов с последовательной нагрузкой (последовательный детектор), и с параллельной нагрузкой (параллельный детектор). Эти названия отражают способ соединения нелинейного элемента и нагрузки. В современных приёмниках, как правило, применяется схема амплитудного детектора с последовательной нагрузкой. На рис. 4.1 представлена схема простейшего последовательного амплитудного детектора, выполненного на полупроводниковом диоде.

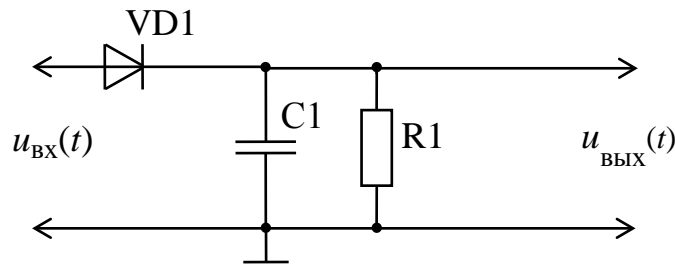


Рис. 1.1 – Схема последовательного амплитудного детектора

Как видно из рис. 4.1, амплитудный детектор состоит из полупроводникового диода VD1, конденсатора C1 и резистора R1. В этом детекторе нелинейным элементом является диод VD1, а нагрузкой – резистор R1. На вход детектора поступает амплитудно-модулированный сигнал (рис. 4.2) либо с УРС, либо с УПЧ.

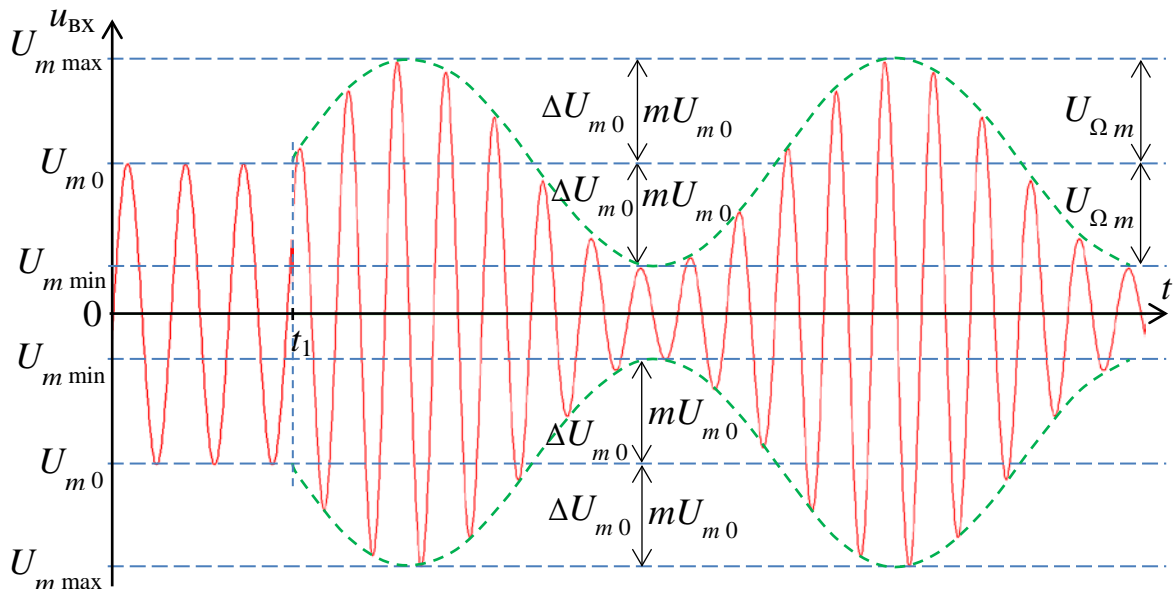


Рис. 4.2 – Временная диаграмма амплитудно-модулированного сигнала.

Как известно, у амплитудно-модулированного сигнала (АМ-сигнала) амплитуда высокочастотной несущей изменяется во времени по закону изменения амплитуды низкочастотного модулирующего сигнала. По временной диаграмме, изображённой на рис. 4.2, можно определить, что начиная с момента времени t_1 высокочастотный сигнал (несущая) модулируется низкочастотным синусоидальным сигналом. А до момента времени t_1 модуляция отсутствует, поэтому амплитуда высокочастотного сигнала (несущей) на этом промежутке времени не изменяется и равна $U_{m 0}$.

Амплитудно-модулированный сигнал, подаваемый на вход амплитудного детектора можно описать в общем случае следующей формулой:

$$u_{\text{вх}}(t) = U_m(t) \sin(\omega_0 t + \psi), \quad (4.1)$$

где $U_m(t)$ – огибающая амплитудно-модулированного входного сигнала;
 ω_0 – циклическая (круговая) частота несущей;
 ψ – начальная фаза несущей.

Если начальная фаза ψ равна 0, то выражение (4.1) упрощается:

$$u_{\text{вх}}(t) = U_m(t) \sin \omega_0 t. \quad (4.2)$$

Огибающая амплитудно-модулированного сигнала описывается формулой

$$\begin{aligned} U_m(t) &= U_{m0} + U_{\Omega m} \sin(\Omega t + \varphi) = U_{m0} + mU_{m0} \sin(\Omega t + \varphi) = \\ &= U_{m0} [1 + m \sin(\Omega t + \varphi)], \end{aligned} \quad (4.3)$$

где U_{m0} – амплитуда немодулированной несущей входного сигнала;
 $U_{\Omega m}$ – амплитуда низкочастотного модулирующего сигнала;
 Ω – круговая частота низкочастотного модулирующего сигнала;
 m – коэффициент модуляции.

Коэффициент модуляции m характеризует отклонения амплитуды несущего колебания ΔU_{m0} вверх и вниз от её среднего значения U_{m0} . Он рассчитывается как отношение величины соответствующего отклонения к величине U_{m0} . Если отклонения вверх и вниз неодинаковы, то такая модуляция называется несимметричной. В этом случае для каждого отклонения будет свой коэффициент модуляции. Если отклонения вверх и вниз одинаковы, то такая модуляция называется симметричной (на рис. 4.2 приведён пример симметричной модуляции) и тогда m имеет только одно значение, которое можно рассчитать по формуле

$$m = \frac{\Delta U_{m0}}{U_{m0}}. \quad (4.4)$$

Из этой формулы можно найти, что

$$\Delta U_{m0} = mU_{m0}. \quad (4.5)$$

На рис. 4.2 отклонения амплитуды несущего колебания вверх и вниз от её среднего значения U_{m0} обозначены и как ΔU_{m0} , и как mU_{m0} , поскольку они

отражают одну и ту же характеристику АМ-сигнала. Более того, эта же характеристика напрямую связана и с амплитудой низкочастотного модулирующего сигнала $U_{\Omega m}$, что тоже отражено на рис. 4.2.

Если начальная фаза φ равна 0, то выражение (4.3) упрощается:

$$\begin{aligned} U_m(t) &= U_{m0} + U_{\Omega m} \sin \Omega t = U_{m0} + mU_{m0} \sin \Omega t = \\ &= U_{m0} [1 + m \sin \Omega t]. \end{aligned} \quad (4.6)$$

Подставив выражение (4.6) в (4.2) получим формулу, описывающую амплитудно-модулированное колебание с нулевыми начальными фазами ψ и φ , поступающее на вход амплитудного детектора:

$$u_{\text{ВЫХ}}(t) = U_{m0} [1 + m \sin \Omega t] \sin \omega_0 t. \quad (4.7)$$

На выходе амплитудного детектора в результате детектирования получается низкочастотный сигнал $u_{\text{ВЫХ}}(t)$, повторяющий закон изменения амплитуды входного сигнала $u_{\text{ВХ}}(t)$:

$$u_{\text{ВЫХ}}(t) = U_{m0} [1 + m \sin \Omega t]. \quad (4.8)$$

Раскрыв скобки, получим:

$$u_{\text{ВЫХ}}(t) = U_{m0} + mU_{m0} \sin \Omega t. \quad (4.9)$$

Анализируя формулу (4.9), можно сделать вывод, что выходное напряжение имеет две составляющих: постоянную составляющую, равную амплитуде несущей U_{m0} и переменную составляющую $mU_{m0} \sin \Omega t$, являющуюся полезным сигналом, или сигналом, содержащим в себе передаваемую информацию (рис. 4.3). Выделение из радиосигнала именно этого полезного сигнала и является целью детектирования.

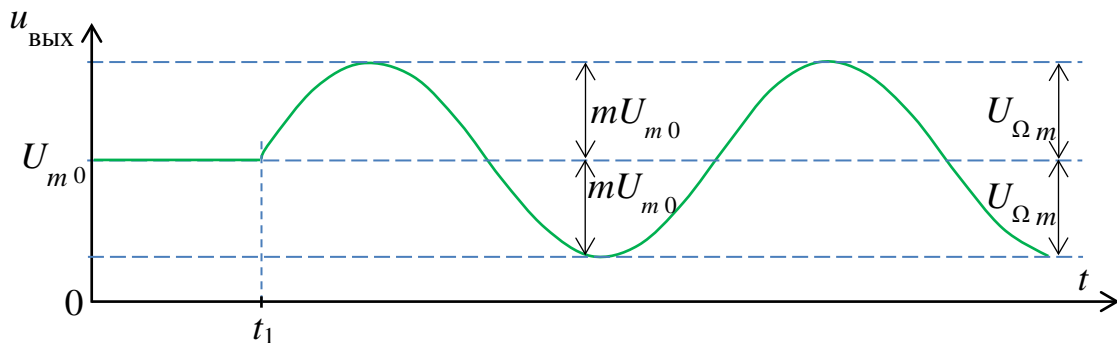


Рис. 4.3 – Временная диаграмма сигнала на выходе АМ-детектора.

Как следует из формулы (4.9), амплитуда выходного сигнала зависит от амплитуды несущей U_{m0} и от коэффициента глубины модуляции m .

Порядок выполнения работы.

Для проведения исследования необходимо собрать схему, представленную на рис. 4.4.

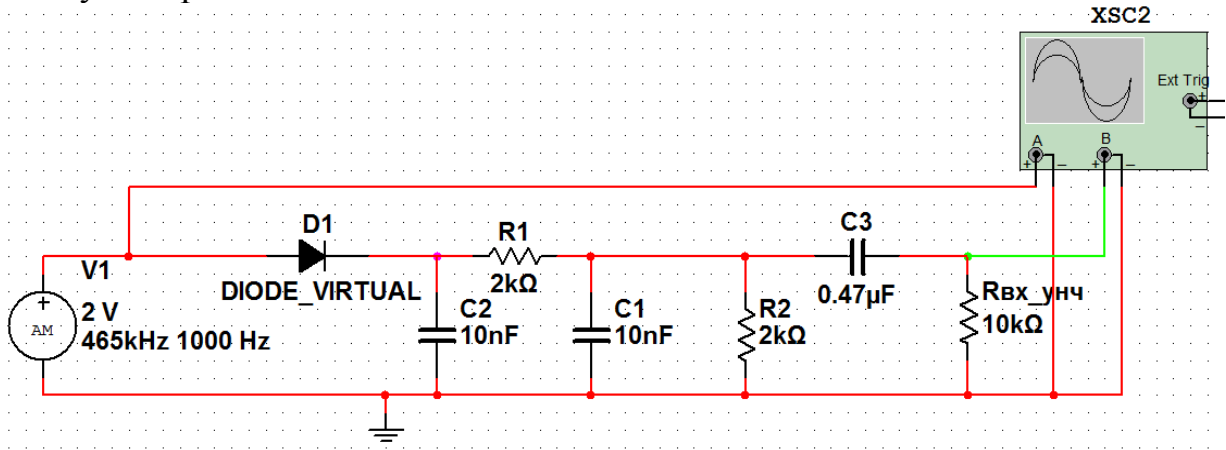


Рис. 4.4 Схема измерений

На рис. 4.4 представлен амплитудный детектор с разделённой нагрузкой. На его вход поступает амплитудно-модулированный сигнал с генератора V1. Нагрузку со стороны следующего за детектором каскада (усилитель низких частот – УНЧ) имитирует резистор $R_{вх\ УНЧ}$. Для исследования детектора применяется двухканальный осциллограф.

Задание 1. Снять зависимость амплитуды U_H на выходе амплитудного детектора от амплитуды сигнала на входе и рассчитать коэффициент передачи амплитудного детектора.

Ход выполнения задания.

Соберите схему по рис. 4.4. На генераторе V1 в соответствующих полях установите такие же значения, как на рис. 4.5.

Label	Display	Value	Fault	Pins	Variant	User fields
Carrier Amplitude:		0.1			V	
Carrier Frequency:		465			kHz	
Modulation Index:		0.3				
Intelligence Frequency:		1000			Hz	

Рис. 4.5 Параметры генератора V1

Запустите работу схемы. С помощью осциллографа проконтролируйте сигнал на входе детектора и на нагрузке $R_{\text{ВХ}}$ УНЧ. Для удобства наблюдения сигналов цвета каналов сделайте разными, например, канал А – красный, канал В – зелёный. **Измерения проводите с помощью курсоров осциллографа.**

Внимание! Поскольку после запуска в схеме происходят переходные процессы, то для правильного измерения напряжения на сопротивлении нагрузки $R_{\text{ВХ}}$ УНЧ следует дождаться установившегося режима работы схемы (схема должна проработать не менее 0,05 сек).

Изменяя амплитуду несущей $U_{\text{НЕС}}$ генератора V1 от 0,1 В до 2 В с шагом 0,1 В, снимите значения амплитуды $U_{\Omega \text{ Вых}}$ на выходе амплитудного детектора и занесите в таблицу 4.1. Учítывая, что коэффициент глубины модуляции имеет значение $m = 0,3$, рассчитайте для каждого значения несущей величину амплитуды низкочастотной огибающей на входе амплитудного детектора по формуле:

$$U_{\Omega \text{ ВХ}} = m U_{\text{НЕС}} \quad (4.10)$$

и занесите в таблицу 4.1.

Для каждого значения амплитуды рассчитайте коэффициент передачи амплитудного детектора по переменному току

$$K_{\text{д}} = U_{\Omega \text{ Вых}} / U_{\Omega \text{ ВХ}}. \quad (4.11)$$

Таблица 4.1.

$U_{\text{НЕС}}, \text{ В}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	...	...	1,8	1,9	2
$U_{\Omega \text{ ВХ}}, \text{ В}$										
$U_{\Omega \text{ Вых}}, \text{ В}$										
$K_{\text{д}}, \text{ раз}$										

По полученным данным постройте график зависимости $K_{\text{д}}(U_{\Omega \text{ ВХ}})$. Объясните полученный результат.

Задание 2. Измерить амплитудно-частотные искажения амплитудного детектора (зависимость коэффициента передачи амплитудного детектора от частоты модуляции).

Ход выполнения задания.

Соберите схему по рис. 4.4. На генераторе V1 установите коэффициент глубины модуляции $m = 0,5$.

Изменяя на генераторе V1 частоту модулирующего колебания ($F_{\text{мод}}$) от 10 Гц до 10 кГц (см. таблицу 4.2), вычисляйте коэффициент передачи

амплитудного детектора по формуле (4.11), занося результаты измерений и расчётов в таблицу 4.2.

Таблица 4.2.

$F_{\text{МОД}}$, кГц	0,01	0,1	0,2	...	0,9	1	2	...	9	10
$U_{\Omega \text{ ВХ}}$, В										
$U_{\Omega \text{ ВЫХ}}$, В										
$K_{\text{Д}}$, раз										

По полученным данным постройте график зависимости $K_{\text{Д}}(\Omega)$ занесите в отчёт в виде графика. Объясните полученный результат.

Содержание отчёта по лабораторной работе: Название, цель работы, схема измерений, результаты выполнения заданий, выводы. В выводах следует отразить полученные результаты экспериментальных исследований, объяснить вид построенных графиков и сравнить результаты экспериментов с теоретическими положениями.

Контрольные вопросы:

1. Какие функции выполняет детектор в радиоприёмнике?
2. Как классифицируют детекторы?
3. Какие основные характеристики применяют для детекторов?
4. Какой детектор исследовался в лабораторной работе? В чём его особенность?
5. В чём заключается принцип работы амплитудного детектора?
6. Каково назначение каждого радиоэлемента в исследуемой схеме?
7. Как объяснить ход полученных в лабораторной работе зависимостей?
8. Как изменяется коэффициент передачи детектора в зависимости от амплитуды входного напряжения?
9. Почему в амплитудном детекторе наблюдаются амплитудно-частотные искажения?
10. Как измерить коэффициент передачи амплитудного детектора по переменному току с помощью Multisim?
11. Какие параметры и как настраиваются в генераторе АМ-сигналов программы Multisim?
12. Какие функции выполняют органы управления двухканального осциллографа программы Multisim?

5 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 «ИССЛЕДОВАНИЕ ДИОДНО-РЕЗИСТИВНОГО РЕГУЛЯТОРА УСИЛЕНИЯ»

Цели работы:

1. Исследовать характеристики последовательного и параллельного диодно-резистивных регуляторов усиления.
2. Приобретение и закрепление практических навыков работы с интерактивным эмулятором радиосхем Multisim.

Подготовка к лабораторной работе.

1. Ознакомиться с описанием лабораторной работы.
2. Изучить теоретический материал по теме лабораторной работы [4] и методики проведения измерений, подробно изложенные в материалах учебно-методических пособий [1, 2, 3].
3. Подготовить в рабочей тетради отчёт по лабораторной работе, в котором должны содержаться: цель работы, схема измерений, а при необходимости – краткие теоретические сведения, таблицы измерений и расчётные формулы (допускается таблицы измерений и расчётные формулы вносить в отчёт на окончательном этапе оформления отчёта, чтобы избежать помарок в отчёте, производя расчёты и предварительное оформление таблиц на черновиках).

Краткие теоретические сведения по теме.

Одной из основных регулировок в радиоприёмнике является регулировка усиления. Это связано с тем, что уровни сигналов, действующих на вход приёмника, меняются в чрезвычайно больших пределах – от нескольких раз до десятков и сотен тысяч раз. Это, прежде всего, обусловлено различным расстоянием до разных радиостанций, их разной мощностью, использованием разных антенн с разными коэффициентами усиления. Кроме этого величина радиосигнала также значительно меняется в зависимости от условий распространения радиоволн.

Для обеспечения нормальной работы радиоприёмника в условиях изменения уровня входного сигнала необходимо предусмотреть соответствующую величину регулирования усиления, которая называется динамическим диапазоном регулировки усиления. Регулировка усиления может осуществляться с помощью управляемых делителей (иногда их называют аттенуаторами), которые различают по способу включения регулирующего элемента.

На рис. 5.1, а) приведена эквивалентная схема с последовательным (продольным) включением регулирующего элемента, на рис. 5.1, б) – схема с параллельным (поперечным) включением регулирующего элемента.

Принцип действия управляемых делителей заключается в перераспределении напряжения входного сигнала $U_{вх}$ между сопротивлением ре-

гулирующего элемента R_p и активным сопротивлением R .

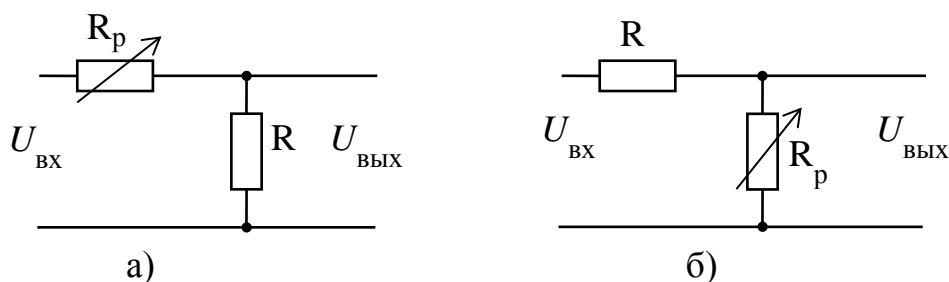


Рис. 5.1 – Эквивалентные схемы управляемых делителей.

В качестве регулирующих элементов управляемых делителей могут быть использованы переменные резисторы, биполярные и полевые транзисторы, высокочастотные диоды и диодные сборки. Наибольшее распространение получили диодно-резистивные делители

Порядок выполнения работы.

Для проведения исследования необходимо собрать схему, представленную на рис. 5.2.

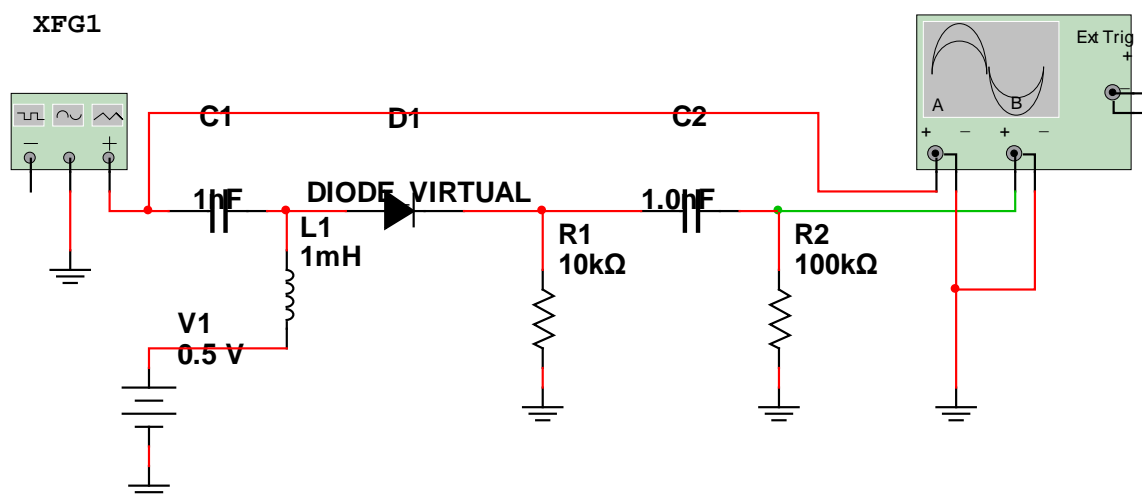


Рис. 5.2 Последовательный диодно-резистивный регулятор усиления (схема измерений)

На рис. 5.2 представлен последовательный диодно-резистивный регулятор усиления. На его вход с генератора XFG1 поступает синусоидальный сигнал с частотой 465 кГц и напряжением амплитудой 10 мВ. Нагрузку со стороны следующего за регулятором каскада имитирует резистор R2. Для исследования диодно-резистивного регулятора усиления применяется двухканальный осциллограф.

Задание 1. Снять зависимость амплитуды $U_{\text{вых}}$ на резисторе R2 от напряжения $U_{\text{инп}}$ источника питания V1 и занести данные в таблицу 5.1. Рассчитать по полученным данным коэффициент передачи диодно-резистивного регулятора в размах и в дБ.

Таблица 5.1.

$U_{\text{инп}}, \text{В}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	...	...	1,8	1,9	2
$U_{\text{вых}}, \text{В}$										
$K, \text{раз}$										
$K, \text{дБ}$										

По полученным данным постройте график зависимости $K(U_{\text{инп}})$, дБ. Объясните полученный результат.

Для проведения дальнейшего исследования необходимо собрать схему, представленную на рис. 5.3.

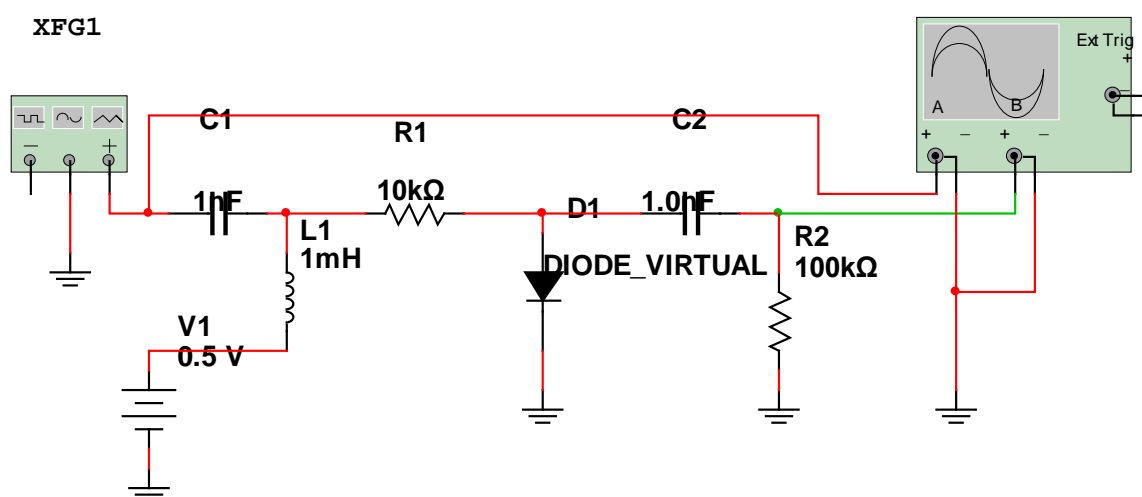


Рис. 5.3 Параллельный диодно-резистивный регулятор усиления (схема измерений)

На рис. 5.3 представлен параллельный диодно-резистивный регулятор усиления. На его вход с генератора XFG1 поступает синусоидальный сигнал с частотой 465 кГц и напряжением амплитудой 10 мВ. Нагрузку со стороны следующего за регулятором каскада имитирует резистор R2. Для исследования диодно-резистивного регулятора усиления применяется двухканальный осциллограф.

Задание 2. Снять зависимость амплитуды $U_{\text{вых}}$ на резисторе R2 от напряжения $U_{\text{инп}}$ источника питания V1 и занести данные в таблицу 5.2. Рассчитать по полученным данным коэффициент передачи диодно-резистивного регулятора в размах и в дБ.

Таблица 5.2.

$U_{\text{ин}}, \text{В}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	...	...	1,8	1,9	2
$U_{\text{вых}}, \text{В}$										
$K, \text{раз}$										
$K, \text{дБ}$										

По полученным данным постройте график зависимости $K(U_{\text{ин}})$, дБ. Объясните полученный результат.

Содержание отчёта по лабораторной работе: Название, цель работы, схема измерений, результаты выполнения заданий, выводы. В выводах следует отразить полученные результаты экспериментальных исследований, объяснить вид построенных графиков и сравнить результаты экспериментов с теоретическими положениями.

Контрольные вопросы:

1. С какой целью в РПрУ применяют регулировку усиления?
2. Чем вызвана необходимость регулировки усиления в РПрУ?
3. Какие виды регулировки усиления вам известны? В чём их особенности?
4. Что такое динамический диапазон радиоприёмника?
5. В чём заключается принцип работы диодно-резистивных делителей (или диодно-резистивных регуляторов усиления)?
6. Какие токи и как протекают в схемах, исследуемых в лабораторной работе диодно-резистивных делителей?
7. Каково назначение каждого радиоэлемента в исследуемых схемах?
8. Как объяснить ход полученных в лабораторной работе зависимостей?
9. Почему в исследуемых схемах диодно-резистивных делителей коэффициент передачи изменяется по-разному под действием одного и того же управляющего напряжения?
10. Как измерить коэффициент передачи диодно-резистивных делителей по переменному току с помощью Multisim?
11. Какие параметры и как настраиваются в источнике управляющего напряжения V1 в программе Multisim?
12. Какие функции выполняют органы управления двухканального осциллографа программы Multisim?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основная литература

1. Медведев И.И. Исследование устройств приёма и обработки сигналов с помощью интерактивного эмулятора радиосхем Multisim. Часть 1. – Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2012. – 64 с.
2. Медведев И.И. Исследование устройств приёма и обработки сигналов с помощью интерактивного эмулятора радиосхем Multisim. Часть 2: учебно-методическое пособие – Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2013. – 76 с.
3. Медведев И.И. Исследование устройств приёма и обработки сигналов с помощью интерактивного эмулятора радиосхем Multisim. Часть 3: учебно-методическое пособие – Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2014. – 65 с.
4. Медведев И.И. Устройства приёма и обработки сигналов: курс лекций – Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2014. – 124 с.
5. Бокова О.И., Жайворонок Д.А., Хохлов Н.С., Медведев И.И. Устройства приёма и обработки сигналов: учебное пособие – 2-е изд. перераб. и доп. – Воронеж: ВИ МВД России, 2013. – 228 с.

Игорь Иванович Медведев

УСТРОЙСТВА ПРИЁМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Практикум

Воронежский институт МВД России
394065 Воронеж, просп. Патриотов, 53