

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

**Кафедра радиотехнических систем**

**В. П. Пушкарёв**

**РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА: ИССЛЕДОВАНИЕ  
ДИАПАЗОННОГО ПРЕСЕЛЕКТОРА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ  
СВЯЗЯХ С НЕНАСТРОЕННОЙ АНТЕННОЙ**

**Методические указания  
по выполнению лабораторных работ для самостоятельной  
подготовки студентов специальностей направлений  
«Радиотехника», «Телекоммуникации»**

**Томск 2016**

## **Пушкарёв В. П.**

Радиоприемные устройства: методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки «Радиотехника» и «Телекоммуникации» / В. П. Пушкарёв. – Томск : РТФ, ТУСУР, 2016. – 39 с.

Методические указания содержат краткие сведения из теории расчета технических характеристик. Приведены варианты схемотехнических решений отдельных узлов радиоприемного устройства. Изложены методика проведения лабораторных работ и рекомендации по исследованию устройств приема и обработки сигналов.

Методические указания предназначены для студентов специальностей направлений «Радиотехника», «Телекоммуникации» и для студентов других специальностей, изучающих основы построения радиоприемных устройств, обучающихся на всех формах обучения, а также для самостоятельной подготовки.

## СОДЕРЖАНИЕ

Основные сокращения и условные обозначения .....	5
1 Введение.....	6
2 Описание программной среды Qucs.....	8
2.1 Назначение программного обеспечения. Область использования .....	8
2.2 Описание программного продукта Qucs .....	8
2.2.1 Описание работы программы Qucs при аналоговом моделировании .....	8
2.2.2 Работа с подсхемами .....	11
2.2.3 Основные правила работы со схемами с варьируемыми параметрами или элементами .....	13
2.2.4 Вывод результатов измерения технических параметров.....	14
3 Основные требования к оформлению отчета .....	17
3.1 Правила и порядок выполнения лабораторной работы .....	17
3.2 Основные требования оформления отчета.....	17
3.2.1 Правила оформления пояснительной записки по отчету .....	17
3.2.2 Правила оформления результатов исследований.....	18
3.2.3 Требования к написанию выводов .....	19
4 Лабораторная работа № 1 «Исследование диапазонной входной цепи при различных связях с ненастроенной антенной» .....	20
4.1 Цель работы .....	20
4.2 Описание электрической принципиальной схемы входной цепи .....	20
4.3 Краткие сведения из теории анализа входной цепи.....	22
4.4 Расчетное задание .....	24
4.5 Экспериментальное задание .....	26
4.6 Указания и рекомендации по проведению исследования.....	27
4.7 Рекомендации по оформлению экспериментальных результатов и выводов исследования .....	27
4.8 Вопросы для самостоятельной подготовки.....	28

5 Лабораторная работа № 2 «Исследование диапазонного селективного усилителя радиочастоты».....	30
5.1 Цель работы .....	30
5.2 Описание электрической принципиальной селективного усилителя радиочастоты .....	30
5.3 Краткие сведения из теории анализа селективного усилителя радиочастоты .....	31
5.4 Расчетное задание .....	33
5.5 Экспериментальное задание .....	35
5.6 Указания по проведению экспериментального исследования .....	35
5.7 Рекомендации по оформлению экспериментальных результатов и выводов исследования .....	36
5.8 Вопросы для самостоятельной подготовки.....	36
Список литературы .....	38
Приложение А	
Пример оформления титульного листа.....	39

**ОСНОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ**

АЦ – антенная цепь

АЧХ – амплитудно-частотная характеристика

ВАХ – вольт-амперная характеристика

ВЦ – входная цепь

СВ – диапазон длинных волн

УРЧ – усилитель радиочастоты

УМ – угловая модуляция

УРЧ – усилитель радиочастоты

ЭА – эквивалент антенны

$d_k$  – конструктивное затухание

$d_э$  – эквивалентное затухание

$L_k$  – индуктивность контура

$\Delta f$  – абсолютная расстройка

$f$  – текущая частота

$f_0$  – резонансная частота

$C_k$  – емкость контура

$r_k$  – сопротивление потерь в контуре

$Q_k$  – конструктивная добротность контура

$Q_э$  – эквивалентная добротность контура

$\rho_k$  – волновое сопротивление контура

$g_э$  – эквивалентная проводимость

$m$  – коэффициент включения в контур

$n$  – коэффициент трансформации

$\rho$  – волновое сопротивление контура

$\xi$  – обобщенная расстройка контура

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для изучения студентами радиотехнических специальностей (бакалавров, специалистов и магистров) диапазонного преселектора, имеющего в своем составе диапазонную входную цепь с различными связями с ненастроенной антенной и диапазонный селективный усилитель радиочастоты. При изучении дисциплины обучающиеся должны выполнить лабораторные работы по исследованию отдельных узлов радиоприёмного устройства.

Целью проведения лабораторных работ по дисциплине является закрепление теоретических знаний и получение практических навыков исследования основных узлов и элементов радиоприемного устройства, а также привитие навыков в оформлении практических результатов экспериментального исследования.

При организации и проведении лабораторных работ решаются следующие задачи: освоение основ построения радиоприемных устройств, освоение методик проектирования по заданным показателям качества, получение практических навыков исследования основных элементов радиоприемного устройства.

Методические указания включают две лабораторные работы, в которых исследуются такие основные узлы радиоприемного устройства, как входные цепи при различных связях с ненастроенной антенной; усилитель радиочастоты, содержащий колебательный контур с двойной автотрансформаторной связью.

В результате выполнения лабораторных работ обучающийся должен закрепить:

- знания по основам построения структурных схем устройств приёма и обработки сигналов;
- освоить основные принципы и методы расчета, проектирования и анализа качества радиоприемных устройств;

– развить навыки исследования и конструирования отдельных узлов радиоприемного устройства.

Студент должен уметь применять современные методы проектирования и анализа качественных показателей качества радиоприемных устройств.

Выполнение лабораторных работ базируется на основе знаний в области физико-математической подготовки и знания основ теории электрических цепей, радиотехнических цепей и сигналов, схемотехники аналоговых электронных устройств, радиоавтоматики.

Выполненные лабораторные работы позволят понять основные принципы работы радиоприёмных устройств, облегчить работу над курсовым проектом. Расчетами результирующих технических характеристик подтверждаются правильность выбора структурной схемы и наиболее важных частей принципиальной схемы.

## 2 ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ QUCS

### 2.1 Назначение программного обеспечения.

#### Область использования

Qucs (произносится [kju:ks]) – симулятор цепей с графическим пользовательским интерфейсом. Программный продукт Qucs предназначен для моделирования и анализа характеристик, происходящий в аналоговых и цифровых устройствах. Он способен выполнять различные виды моделирования (например, на постоянном токе, S-параметров и т. д.). При моделировании сложных схем программа позволяет использовать работу с подсхемами. Программный продукт Qucs можно скачать с официального сайта по ссылке:

<https://sourceforge.net/projects/qucs/files/qucs-binary/0.0.19-snapshots/qucs-0.0.19.150523-git-0046130-win32.exe/download>

### 2.2 Описание программного продукта Qucs

#### 2.2.1 Описание работы программы Qucs при аналоговом моделировании

При первом запуске Qucs создает папку «\*.qucs» в Вашей заранее открытой папке. Каждый файл сохраняется в этой папке или в одной из ее подпапок. После загрузки Qucs показывается главное окно (рис. 2.1).

В поле главного окна программного обеспечения Qucs слева находится область (1), содержание которой зависит от состояния вкладок, расположенных над ней: «Компоненты» (2), «Содержание» (3) и «Проекты» (4). Справа Вы увидите рабочую область (6), в которой содержатся схемы, документы показа данных и т. д. С помощью вкладок (5) над этой областью можно быстро переключиться на любой документ, открытый в данный момент. После запуска Qucs активируется вкладка «Проекты» (4). Так как Вы запустили программу в первый раз, эта область пустая, поскольку у Вас еще нет ни одного проекта. Нажмите кнопку «Создать» прямо над областью (1) и откроется диалоговое окно. Введите имя для Вашего первого проекта,



например «Типовые радиотехнические звенья», и нажмите кнопку «Создать». Qucs создает папку проекта в папке «~/\*/.qucs», для этого примера. Каждый файл, принадлежащий этому новому проекту, будет сохранен в этой папке. Новый проект немедленно открывается (это можно прочесть в заголовке окна) и вкладки переключаются на «Содержание» (3), где показывается содержание открытого в данный момент проекта. У Вас еще нет ни одного документа, поэтому нажмите кнопку сохранения на панели инструментов (или используйте главное меню: «Файл» → «Сохранить») чтобы сохранить документ без названия, который заполняет рабочую область (6). После этого появится диалоговое окно для ввода имени нового документа. Введите «firstSchematic» и нажмите кнопку «Сохранить».

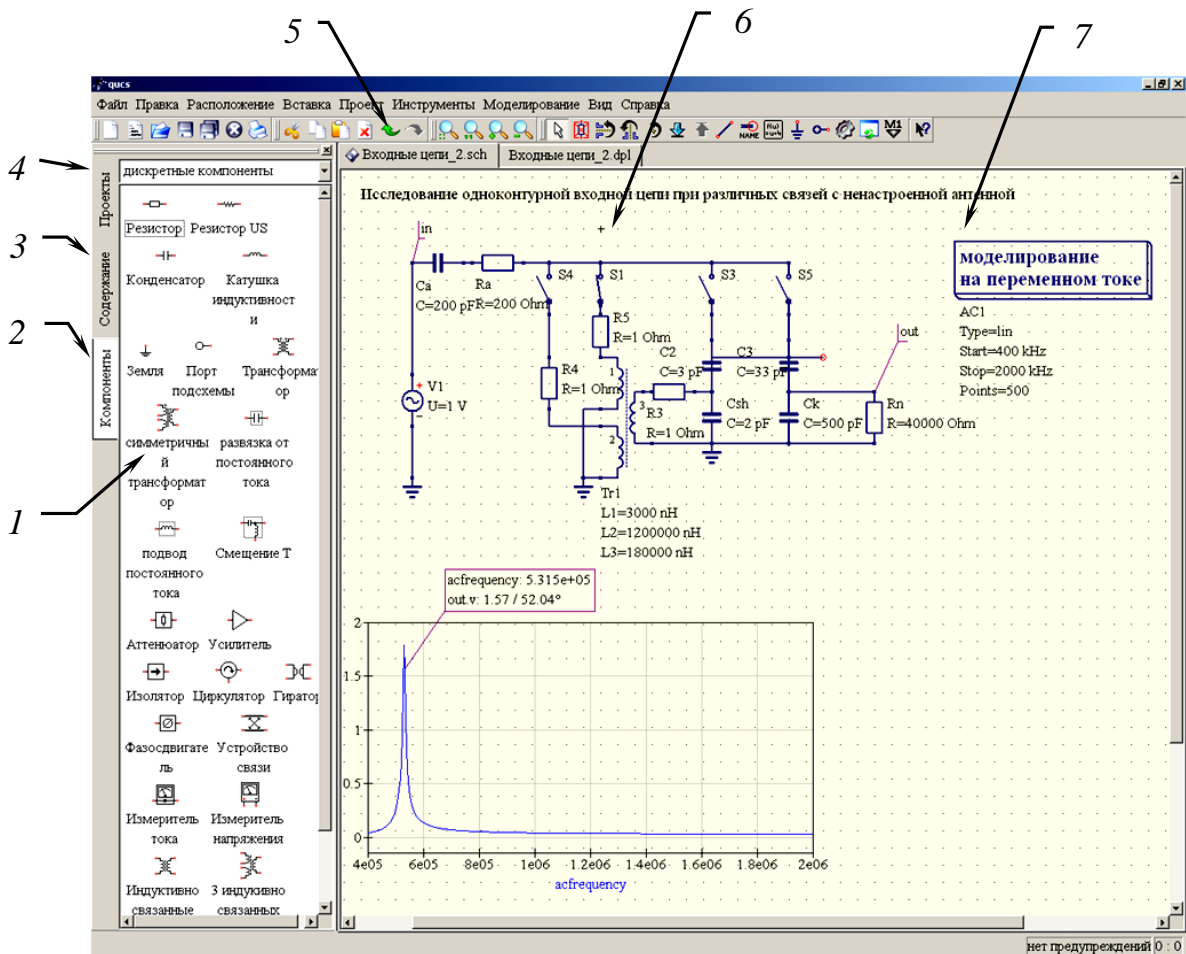


Рис. 2.1 – Главное окно Qucs

Для моделирования процессов, происходящих в схемах по переменному и постоянному токам, необходимо перейти во вкладку «Компоненты»

(2), а затем из раздела «Дискретные компоненты» курсором мыши перенести необходимые элементы в рабочую область (б), составив таким образом исследуемую схему (рис. 2.1). Источник тока или напряжения находится в классе компонентов «Источники», обозначение заземления может быть взято из класса «Дискретные компоненты» или с панели инструментов, требуемое моделирование определяется с помощью больших блоков моделирования, находящихся в классе компонентов «Виды моделирования». Для изменения номиналов элементов схемы достаточно дважды кликнуть левой кнопкой мыши и в открывшемся диалоговом окне в поле редактирования изменить его величину, затем нажать *Enter*. Чтобы соединить компоненты, нажмите кнопку с проводником на панели инструментов или воспользуйтесь главным меню: «Вставка» → «Проводник». Затем переместите курсор на незанятый вывод, помеченный маленьким красным кружком. Нажатие кнопки мыши на нем позволяет начать проводник. Теперь передвиньте курсор к конечной точке и снова нажмите левую кнопку мыши. Теперь компоненты соединены. Для изменения направления изгиба проводника нажмите правую кнопку мыши прежде чем делать конечную точку. Вы можете также закончить проводник, не нажимая ни на свободный вывод, ни на проводник: просто дважды нажмите левую кнопку мыши.

Для запуска моделирования нажмите кнопку моделирования на панели инструментов или используйте меню: «Моделирование» → «Моделировать». В открывшемся окне будет показано продвижение процесса. После успешного завершения моделирования открывается окно для вывода результатов. Результаты модулирования могут быть представлены в виде диаграммы. В левой области главного окна отображаются компоненты «Диаграммы», который выбирается автоматически. Нажмите на «Табличная», перейдите в рабочую область рабочего стола и поместите ее, нажав левую кнопку мыши. Открывается диалоговое окно, где можно выбрать, что следует показать в новой диаграмме. В левой области видно имя узла, которое

Вы задали: «Input». Двойным нажатием левой кнопки мыши на нем перенесите его в правую область главного окна. Выход из диалога осуществляется нажатием кнопки «Ok». Теперь виден результат моделирования: 0.666667 В.

Измерения значений постоянного тока или напряжения в цепи исследуемой схемы осуществляются с помощью амперметра или вольтметра. Выбор измерительного прибора производится в разделе «Компоненты» (2). Необходимый прибор выбирается из раздела «Измерители» (4). «Измеритель тока» или «Измеритель напряжения» курсором переносится на поле с изображением электрической схемы, а затем производится их подключение к заданным участкам цепи (рис. 2.1). При необходимости вывода значений в виде результата математических операций, например коэффициента передачи, в главном меню выбирается опция «Уравнение» и помещается в удобную часть рабочего стола экрана. Затем задается математическая операция с присвоением символа, написанием математического выражения или производится обозначение переменной. В дальнейшем эта переменная может быть использована при выводе графической зависимости. Для более подробного пояснения действий достаточно воспользоваться разделом «Справка» главного меню приложения.

### 2.2.2 Работа с подсхемами

Подсхемы используются, чтобы внести большую ясность в схему. Это очень полезно в больших схемах или в схемах, в которых какой-либо блок компонентов появляется несколько раз.

В Qucs каждая схема, содержащая вывод подсхемы, является подсхемой. Вывод подсхемы можно получить с помощью панели инструментов, списка компонентов (в разделе «Дискретные компоненты») или меню («Вставка» → «Вставить вывод»). После того как вставлены все выводы подсхемы (например, два), нужно сохранить подсхему (например, нажав *CTRL + S*). При просмотре содержимого проекта (рис. 2.1) можно увидеть,

что теперь справа от имени схемы стоит «2-портовый» (столбец «Примечание»). Эта пометка есть у всех документов, которые являются подсхемами. Теперь перейдите в схему, где Вы хотите использовать эту подсхему. Затем нажмите на имя подсхемы (в просмотре содержимого). Снова войдя в область документов, Вы видите, что теперь можно поместить подсхему в главную схему. Сделайте так и закончите схему. Теперь можно выполнить моделирование. Результат будет такой же, как если бы все компоненты подсхемы были помещены непосредственно на схему.

Если выбрать компонент-подсхему (нажав на ее обозначение в схеме), то можно войти в подсхему, нажав *CTRL + I* (эта функция доступна через панель инструментов и через меню). Можно вернуться, нажав *CTRL + H*.

Если Вас не устраивает обозначение компонента подсхемы, Вы можете поместить свое собственное. Для этого сделайте схему подсхемы текущим документом и перейдите к меню: «Файл» → «Изменить обозначение схемы». Если схема уже обозначена, то автоматически будет создано простое обозначение. Это обозначение можно редактировать. После завершения сохраните его. Теперь поместите его на другую схему, и вот у Вас новое обозначение.

Как и у всех других компонентов, у подсхем могут быть параметры. Для создания своих собственных параметров вернитесь в редактор, где вы редактировали обозначение подсхемы, и дважды нажмите левую кнопку на тексте параметра подсхемы. Появится диалоговое окно, в котором Вы можете заполнить параметры начальными значениями и описаниями. Когда Вы это закончите, закройте диалоговое окно и сохраните подсхему. При использовании подсхемы возможно редактирование так же, как и в других компонентах.

### 2.2.3 Основные правила работы со схемами с варьируемыми параметрами или элементами

При проведении экспериментального исследования возникает необходимость изменения параметров элементов схемы с изменяемыми величинами по заранее разработанному алгоритму или в заданных пределах. Для установки пределов изменения параметров элемента с варьируемыми параметрами необходимо ввести в область с исследуемой схемой вкладку «Развертка параметра» из раздела «Компоненты», установленного в режиме «Виды моделирования» (рис. 2.2).

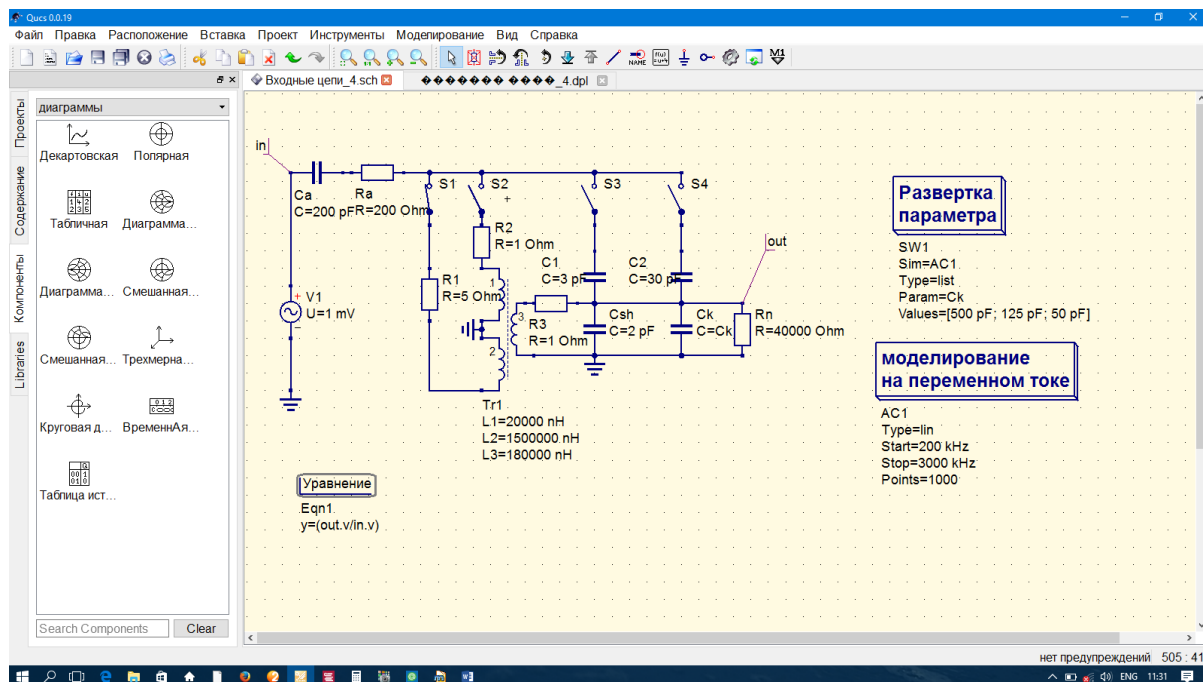


Рис. 2.2 – Главное окно Qucs. Исследуемая схема с элементами индикации исследуемых процессов

Для осуществления процесса моделирования из раздела «Компоненты» выбирается опция «Моделирование на переменном токе» или «Моделирование на постоянном токе» и курсором мыши переносится на поле со схемой исследуемого объекта, как это изображено на рисунке (рис. 2.2). Для удобства изменения элемента с варьируемыми параметрами используется опция «Развёртка параметра», также взятая из раздела «Компоненты» → «Моде-

лирование». В информационном окне развертки параметра вводится минимальное, среднее и максимальное значения номинала изменяемого элемента исследуемой схемы. Среднее значение изменяемого номинала элемента схемы должно соответствовать среднему значению аргумента исследуемой зависимости.

После входа в режим «Развёртка параметра» производится установка элемента, в котором будут изменяться параметры, и устанавливаются значения номиналов элемента. Для этого нажмите на панели инструментов кнопку для метки проводника или воспользуйтесь меню: «Вставка» → «Метка» проводника. Далее нажмите кнопку мыши на выбранном проводнике. Откроется диалоговое окно, в которое можно ввести имя узла, например «Input», «Out» или другую надпись в соответствии с его назначением, затем нажмите кнопку «Ok».

#### **2.2.4 Вывод результатов измерения технических параметров**

Вывод результатов расчета характеристик исследуемой схемы производится после проведения процедуры моделирования нажатием клавиши *F2* в виде файла с расширением \*.dpl. Для представления результатов в графическом или табличном видах необходимо выбрать вид представления результатов в разделах «Компоненты» и «Диаграммы». Выбрав нужное представление результатов, его необходимо вывести на свободное поле и установить наименование параметров, при необходимости определив границы их изменения. Результаты требуется представить в декартовой системе координат в частотной или временной области.

Для удобства анализа результатов можно воспользоваться возможностями специальных математических операций, например вывода на экран значения АЧХ в децибелах или размах, ФЧХ в градусах, это осуществляется с помощью задаваемой опции «Уравнение» с присвоением порядкового номера, например «Eqn1». При этом необходимо указать узлы выхода (Out) и

входа (In) (рис. 2.2). В качестве примера для представления АЧХ исследуемого объекта уравнение «Eqn1» будет иметь вид « $y=dB(out/in.v)$ » в дБ, « $y=(out/in.v)$ » в размах (рис. 2.2). Описание ФЧХ исследуемой схемы будет определяться другим уравнением, например «Eqn2», представляемым в виде « $Phase=phase(out/in.v)$ ».

При необходимости получения результатов моделирования для конкретного случая, например значение коэффициента передачи « $y$ » и фазы « $Phase$ » на произвольной частоте, оно производится с помощью маркера «M1». Маркер захватывается с помощью мыши в верхней панели основной панели программного обеспечения и удерживается до его установки на экспериментальной зависимости (рис. 2.3). Для получения результатов с заданной точностью необходимо двойным нажатием левой клавиши мыши на сноску маркера задать необходимую точность расчета, а также вид результатов моделирования. Число установок маркеров вывода графических зависимостей не ограничивается и определяется потребностью исследователя.

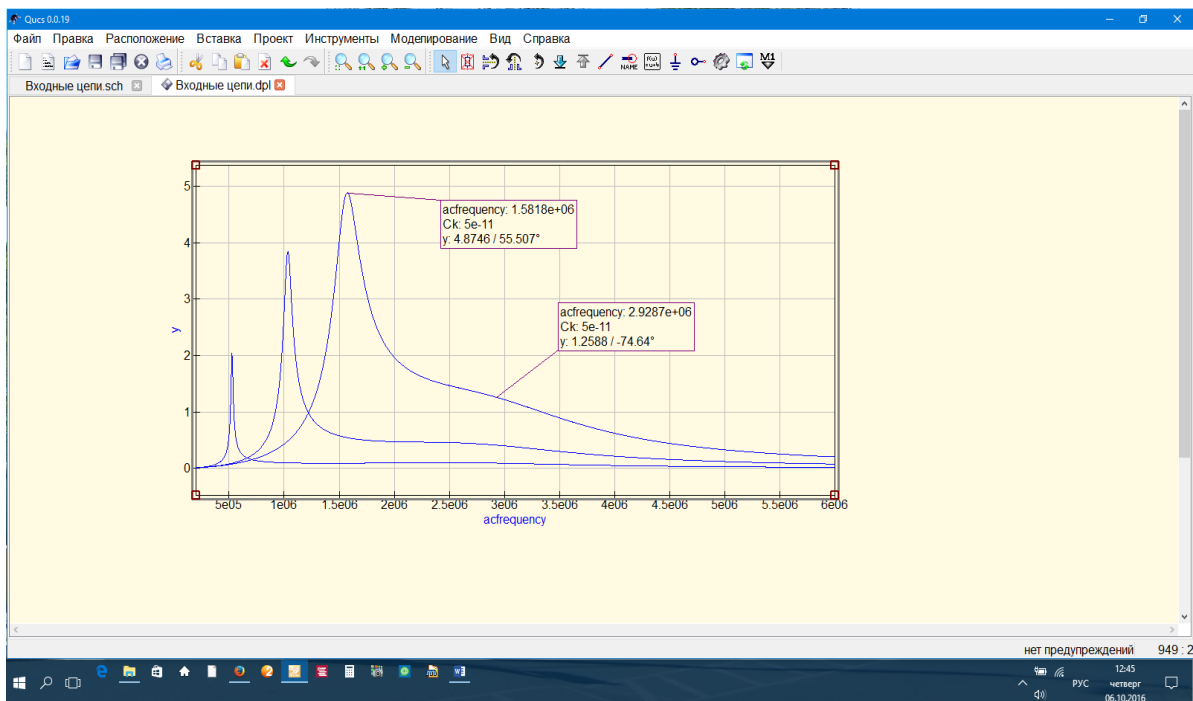


Рис. 2.3 – Результаты моделирования входной цепи с укороченной связью с ненастроенной антенной на нижней, средней и верхней частотах диапазона

Изменение положения маркера на частотной оси производится с помощью стрелок вправо «→» или «←» влево клавиатуры компьютера (рис. 2.3). При наличии нескольких графических зависимостей на одном рисунке с помощью кнопок управления «↑» и «↓» можно переместить маркер с одной графической зависимости на другую.

Вывод результатов расчета характеристик исследуемой схемы производится после проведения процедуры моделирования нажатием клавиши *F2* в виде файла с расширением \*.dpl. Для представления результатов в графическом или табличном видах необходимо выбрать вид представления результатов в разделах «Компоненты» и «Диаграммы». Выбрав нужное представление результатов, его необходимо вывести на свободное поле и установить наименование параметров, при необходимости определив границы их изменения. Результаты требуется представить в декартовой системе координат в частотной или временной области.

Для получения дополнительной информации, например при использовании специальных математических операций, следует использовать опцию «Справка», находящуюся на верхней части главного окна Qucs.



## **3 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА**

### **3.1 Правила и порядок выполнения лабораторной работы**

Для успешного выполнения лабораторной работы необходима тщательная подготовка. Необходимо предварительно изучить цель работы, основные сведения из теории и принципы работы исследуемой электрической принципиальной схемы.

Электрическая принципиальная схема исследуемого объекта находится в подкаталоге соответствующей лабораторной работы, в данном случае в подкаталогах «Входные цепи» или «УРЧ». Для подключения схемы необходимо загрузить файл с расширением \*.sch. Загрузка файла может быть выполнена захватом мышкой и переносом на поле виртуального рабочего стола программного обеспечения Qucs.

Результатом выполнения лабораторной работы является отчет, оформленный в соответствии с требованиями, представленными в методических указаниях. Варианты исходного задания приведены в настоящих указаниях.

### **3.2 Основные требования оформления отчета**

#### **3.2.1 Правила оформления пояснительной записки по отчету**

#### **Требования к содержанию отчета по лабораторным работам**

Структура отчета:

- титульный лист (см. приложение А);
- цель работы и задачи исследования;
- основная часть;
- выводы (заключение);
- ответы на контрольные вопросы;
- список использованной литературы;
- приложения.

Отчет по лабораторной работе должен содержать наименование темы лабораторной работы, цель и задачу исследования. В нем приводится исследуемая электрическая принципиальная схема, краткое ее описание, а при необходимости и ее эквивалентная схема. В основной части отчета по лабораторной работе излагаются результаты теоретического расчета и результаты экспериментальных исследований. В завершении исследований представляются выводы по каждому пункту исследования. В выводах необходимо представить количественную и качественную оценку исследуемых зависимостей или/и схем с обязательным пояснением причин изменения их поведения и характера зависимостей или исследуемого параметра.

### **Требования к оформлению отчета о лабораторной работе**

При оформлении отчетов по текстовым работам (контрольным и лабораторным) следует руководствоваться требованиями образовательного стандарта вуза: ОС ТУСУР 01-2013. Работы студенческие по направлениям подготовки и специальностям технического профиля. Общие требования и правила оформления. Режим доступа:

[http://www.tusur.ru/export/sites/ru.tusur.new/ru/education/documents/inside/tech\\_01-2013\\_new.pdf](http://www.tusur.ru/export/sites/ru.tusur.new/ru/education/documents/inside/tech_01-2013_new.pdf)

### **3.2.2 Правила оформления результатов исследований**

Все результаты теоретического расчета и экспериментального исследования рекомендуется приводить в виде таблиц и/или графиков (рисунков). Предпочтительно, чтобы результаты исследований представлялись в виде графиков. Графические зависимости по возможности приводятся на одном рисунке. Такое представление дает возможность провести сравнительный анализ зависимостей при различных вариантах схемотехнической реализации или при различных изменениях входных параметров исследуемого объекта.

### 3.2.3 Требования к написанию выводов

Выполнение лабораторной работы завершается написанием выводов по каждому пункту задания на экспериментальное исследование. Формирование каждого вывода производится в три этапа: описательный, констатирующий и пояснения закономерностей и/или причин их изменения или отклонения от теории. На первом этапе необходимо проиллюстрировать результаты экспериментального исследования в графическом или табличном виде и описать поведение зависимостей при различных режимах исследования. На втором, констатирующем этапе необходимо представить качественную и количественную оценку исследуемой зависимости и описать характер изменения ее поведения. На третьем этапе по каждому пункту исследования производится анализ причин поведения теоретических и экспериментальных зависимостей с последующей оценкой результатов расчетной и экспериментальной зависимостей, а также необходимо пояснить причину их расхождения. В завершение выводов необходимо представить общие закономерности поведения измеряемых зависимостей и их связи с параметрами исследуемой схемы или системы.

## 4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 «ИССЛЕДОВАНИЕ ДИАПАЗОННОЙ ВХОДНОЙ ЦЕПИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СВЯЗЯХ С НЕНАСТРОЕННОЙ АНТЕННОЙ»

### 4.1 Цель работы

Объектом изучения в лабораторной работе является диапазонная входная цепь с емкостной, индуктивной и комбинированной связями с ненастроенной антенной, а целью является исследование:

- частотных зависимостей резонансного коэффициента передачи при различных связях с ненастроенной антенной;
- частотных зависимостей полосы пропускания входной цепи при емкостной связи с ненастроенной антенной;
- коэффициента перекрытия диапазонной входной цепи при различных связях с ненастроенной антенной.

### 4.2 Описание электрической принципиальной схемы входной цепи

Электрическая принципиальная схема входной цепи средневолнового диапазона изображена на рисунке 4.1.

Схема диапазонной входной цепи позволяет исследовать частотные характеристики для случаев использования емкостной, индуктивной и комбинированной связей с ненастроенной антенной. Антенна представлена в виде простейшего эквивалента антенны, состоящего из цепи  $C_a = 200$  пФ,  $R_a = 200$  Ом. Колебательный контур ВЦ образован следующими элементами: индуктивность  $L_3$ , монтажная емкость схемы  $C_{sh}$  и емкость контура с изменяемыми параметрами  $C_k$ . Пределы изменения емкости  $C_k$  находятся в пределах 50...500 пФ. Конкретный вариант номиналов емкости контура и исследуемой схемы (таблица 4.1) определяется согласно выбранному варианту лабораторной работы. Величины связи между катушками индуктивной связи и контуром входной цепи могут быть изменены в соответствии с заданными

требованиями двойным нажатием левой клавиши мышки, предварительно установив курсор на поле с изображением катушек связи.

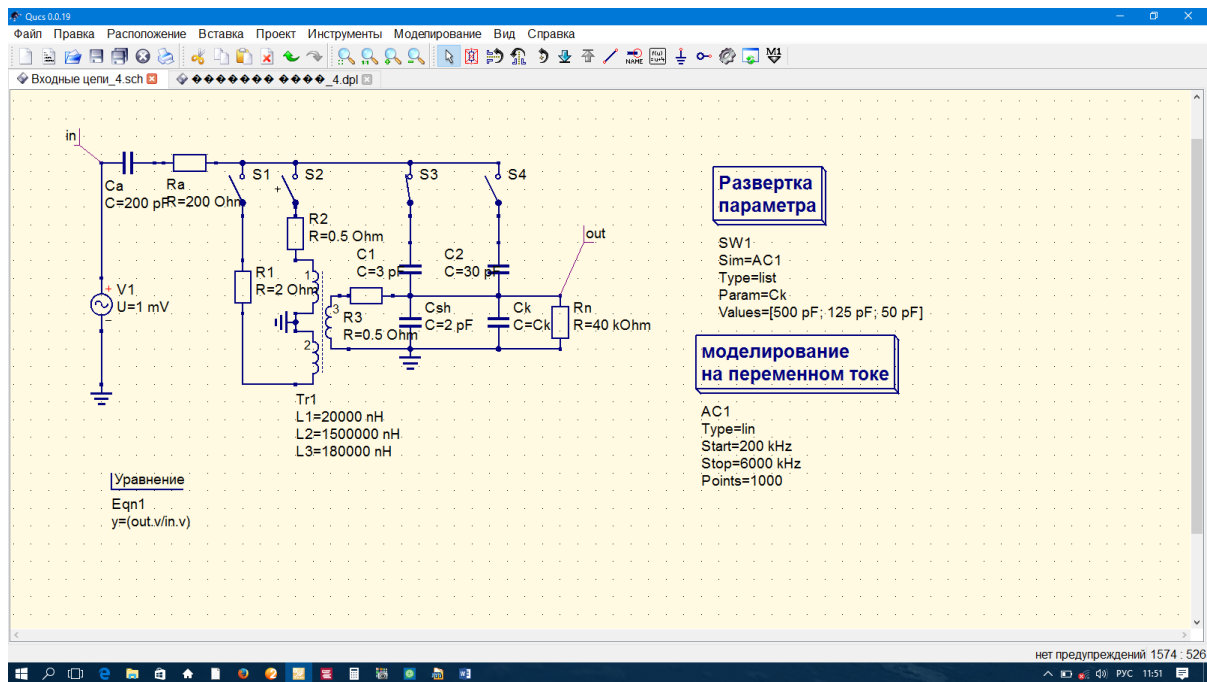


Рис. 4.1 – Электрическая принципиальная схема ВЦ

Переключения цепей для исследования ВЦ осуществляются переключателями  $S_1 \dots S_4$ . Конденсаторы  $C_1$  и  $C_2$  позволяют обеспечить внешнеемкостную связь с ненастроенной антенной. При исследовании индуктивной связи ВЦ с антенной используются индуктивности  $L_1$  (в режиме укорочения) и  $L_2$  (в режиме удлинения). Сопротивления  $R_1$  и  $R_2$  эмитируют потери в катушках связи с антенной. Нагрузкой ВЦ является сопротивление  $R_n$ .

Исследования проводятся в диапазоне средних волн, ориентировочные границы которого лежат в пределах  $500 \dots 1\ 600\text{ кГц}$ . Все исследования проводятся относительно узла подключения нагрузки. Исследуемые процессы представляются в виде АЧХ контура для трех частотных значений настройки ВЦ, выводимые разверткой параметра  $C_k$ , которые выводятся в окне вывода данных расчета. Вид представления информации берется из раздела «Компоненты» опции «Диаграммы», а далее производится выбор

декартовой системы координат. Границы представления графических результатов исследования могут быть вставлены в автоматическом или ручном режиме.

### 4.3 Краткие сведения из теории анализа входной цепи

Резонансный коэффициент передачи входной цепи (рис. 4.1):

$$K_0 = \frac{U_{\text{ВЫХ}}(f_0)}{E_A} \quad (4.1)$$

где  $U_{\text{ВЫХ}}(f_0)$  – напряжение сигнала резонансной частоты на нагрузке  $R_n$ ;

$E_a$  – э.д.с. сигнала в антенне.

Для ВЦ с емкостной связью с ненастроенной антенной резонансный коэффициент передачи ВЦ определяется выражением:

$$K_0 = \frac{(2\pi \cdot f_0)^2 \cdot C_{\text{АЦ}} \cdot L}{d_{\text{Э}}} \quad (4.2)$$

где  $C_{\text{АЦ}} = \frac{C_a \cdot C_{\text{СВ}}}{C_a + C_{\text{СВ}}}$  – полная емкость антенной цепи;

$C_{\text{АЦ}}$  и  $C_{\text{СВ}}$  – емкость антенны и емкость связи контура ВЦ с ненастроенной антенной соответственно;

$L, d_{\text{Э}}$  – индуктивность и эквивалентное затухание контура ВЦ с учетом потерь собственных и вносимых в контур антенной цепью и нагрузкой.

Эквивалентное затухание входной цепи с учетом потерь, вносимых антенной и нагрузкой, определяется выражением:

$$d_{\text{Э}} = d_{\text{К}} + (2\pi \cdot f_0)^3 \cdot C_{\text{АЦ}}^2 \cdot R_a \cdot L + \frac{2\pi \cdot f_0 \cdot L}{R_n} \quad (4.3)$$

где  $d_{\text{К}}$  – конструктивное затухание контура;

$R_a$  – сопротивление антенны.

Полоса пропускания ВЦ, с учетом вносимых потерь со стороны антенной цепи и нагрузки определяется выражением:

$$P_{\text{ВЦ}} = f_0 d_{\text{Э}} \quad (4.4)$$

Изменение границ диапазона рабочих частот ВЦ при различных значениях емкости связи обусловлено вносимой реактивностью. При этом диапазон перекрываемых частот смещается в сторону меньших частот. Это смещение характеризуется коэффициентом перекрытия по частоте:

$$K_{\text{Пф}} = \sqrt{\frac{C_{\text{Эmax}}}{C_{\text{Эmin}}}} = \sqrt{\frac{C_{\text{Кmax}} + C_{\text{АЦ}}}{C_{\text{Кmin}} + C_{\text{АЦ}}}} \quad (4.5)$$

где  $C_{\text{Эmax}}$  и  $C_{\text{Эmin}}$  – максимальная и минимальная эквивалентная емкость контура ВЦ с учетом вносимой емкости антенной цепи;

$C_{\text{Кmax}} = C_{\text{max}} + C_{\text{М}}$ ,  $C_{\text{Кmin}} = C_{\text{min}} + C_{\text{М}}$  – полная емкость контура ВЦ без учета вносимых реактивностей со стороны антенны и нагрузки;

$C_{\text{max}}$ ,  $C_{\text{min}}$  – максимальное и минимальное значения переменного конденсатора контура ВЦ, соответственно;

$C_{\text{М}}$  – емкость монтажа схемы входной цепи.

Границы диапазона принимаемых частот определяются выражениями:

$$f_{0\text{min}} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C_{\text{Эmax}}}}, \quad f_{0\text{max}} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C_{\text{Эmin}}}} \quad (4.6)$$

Входная цепь с индуктивной (трансформаторной) связью состоит из двух контуров, настроенных на разные частоты. Один контур образован индуктивностью связи  $L_{\text{св}}$  и емкостью антенной цепи  $C_{\text{АЦ}}$ . Частота резонанса антенного контура определяется выражением:

$$f_{\text{АЦ}} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L_{\text{св}} \cdot C_{\text{АЦ}}}} \quad (4.7)$$

Второй контур ВЦ настроен на частоту сигнала рабочего диапазона и перестраивается в пределах  $f_{\text{Сmin}}$  и  $f_{\text{Сmax}}$ .

При условии, что  $f_{\text{АЦ}} < f_{\text{Сmin}}$ , имеет место режим удлинения, характеризуется коэффициентом удлинения:

$$K_{\text{удл}} = \frac{f_{\text{Сmin}}}{f_{\text{АЦ}}} \quad (4.8)$$

При условии, что  $f_{\text{АЦ}} > f_{\text{Сmax}}$  имеет место режим укорочения, характеризуется коэффициентом укорочения:

$$K_{\text{ук}} = \frac{f_{\text{АЦ}}}{f_{\text{Сmax}}} \quad (4.9)$$

В схеме с индуктивной связью ВЦ с антенной в контур входной цепи вносится индуктивность, параллельно подключаемая контуру ВЦ. При этом в режиме удлинения диапазон принимаемых частот смещается в сторону больших частот, практически меняя коэффициент перекрытия по частоте.

В схеме с комбинированной связью (в режиме удлинения) изменение резонансного коэффициента передачи обусловлено влиянием индуктивной и емкостной связями. Это позволяет получить минимальное изменение резонансного коэффициента передачи во всем рабочем диапазоне принимаемых частот.

Переключение вида связи контура входной цепи с ненастроенной антенной выполняются переключателями  $S_1 \dots S_4$ .

## 4.4 Расчетное задание

4.4.1 Используя аналитические выражения (4.2) и (4.3), рассчитать резонансный коэффициент передачи и полосу пропускания в начале, середине и конце диапазона принимаемых частот для схемы с емкостной связью, предварительно определив границы рабочих частот (4.6). Значения элементов электрической принципиальной схемы взять из таблицы 4.1 в соответствии с вариантом.



Таблица 4.1 – Значения элементов контура входной цепи

№ варианта	Варьируемые элементы входной цепи		
	$C_{sh}$ , пФ	$C_3$ , пФ	$C_4$ , пФ
1	1.0	2.0	28.0
2	1.2	2.1	28.2
3	1.4	2.2	28.4
4	1.6	2.3	28.6
5	1.8	3.4	28.8
6	2.0	2.5	30.0
7	2.2	2.6	30.2
8	2.4	2.7	30.4
9	2.6	2.8	30.6
10	2.8	2.9	30.8
11	3.0	3.0	31.0
12	3.2	3.1	31.2
13	3.4	3.2	31.4
14	3.6	3.3	31.6
15	3.8	3.4	31.8
16	4.0	3.5	32.0
17	4.2	3.6	32.2
18	4.4	3.7	32.4
19	4.6	3.8	32.6
20	4.8	3.9	32.8

Значения индуктивностей контурной катушки и катушек связи, перестраиваемой емкости контура, сопротивления потерь, а также коэффициенты связи между индуктивностями принимаются по умолчанию, как установлены в данных и указано на электрической принципиальной схеме (рис. 4.2). Величина конструктивного затухания в расчетной части принимается  $d_k = 0.01$ .

4.4.2 Используя выражения (4.3) и (4.4), рассчитать полосу пропускания в начале, середине и в конце диапазона схемы ВЦ с емкостной связью с ненастроенной антенной. Значения емкостей связи взять в соответствии номиналами электрической принципиальной схемы, элементы колебательного контура – из таблицы 4.1.

4.4.3 Используя формулу (4.5), рассчитать коэффициент перекрытия по частоте  $K_{if}$ , для схемы с емкостной связью с ненастроенной антенной.

## 4.5 Экспериментальное задание

4.5.1 Загрузка файла «Входные цепи.sch» с электрической принципиальной схемой производится из подкаталога «01 Входные цепи» путем захвата курсором «мышки» и удерживая левой кнопки манипулятора вносите в рабочее поле приложения «Qucs» или проводится сборка схемы. После загрузки файла (сборки), для проведения экспериментального исследования необходимо внести коррективы номиналов элементов ВЦ из таблицы 4.1.

4.5.2 Для диапазонной входной цепи с емкостной связью с ненастроенной антенной в средневолновом диапазоне длин волн снять частотные зависимости  $K_0 = Y(f_0)$  и  $\Pi_{ВЦ} = \varphi(f_0)$  при двух величинах емкости связи.

Определить коэффициент перекрытия по частоте.

4.5.3 Для входной цепи с укороченной антенной снять частотную зависимость  $K_0 = Y(f_0)$ .

Определить частоту резонанса антенной цепи.

Определить коэффициент перекрытия по частоте.

4.5.4 Для входной цепи с удлиненной антенной снять частотную зависимость  $K_0 = Y(f_0)$ .

Определить частоту резонанса антенной цепи.

Определить коэффициент перекрытия по частоте.

4.5.5 Для входной цепи с комбинированной связью с антенной снять частотную зависимость  $K_0 = Y(f_0)$ .

Определить значение емкости связи, при которой изменение резонансного коэффициента передачи в пределах диапазона изменения принимаемых частот будет минимально.

Определить коэффициент перекрытия по частоте.

## 4.6 Указания и рекомендации по проведению исследования

4.6.1 Экспериментальные исследования ВЦ проводятся для схемы, элементы которой необходимо взять из таблицы 4.1, в соответствии с принятыми правилами, сделав необходимые корректировки в исходной электрической принципиальной схеме.

4.6.2 Для удобства расчета резонансного коэффициента передачи напряжение входного сигнала рекомендуется принять равным 1 мВ или воспользоваться специальными математическими функциями.

4.6.3 Полоса пропускания для емкостной связи контура ВЦ с антенной определяется по уровню 0.707 относительно уровня напряжения, соответствующего резонансу входной цепи.

4.6.4 Исследования частотных зависимостей изменения резонансного коэффициента передачи ВЦ производятся не менее чем на трех частотах диапазона: на нижней, верхней и средней. При этом необходимо фиксировать частоты, полосу пропускания ВЦ (при емкостных связях с антенной).

4.6.5 Измерение резонансной частоты антенной цепи для индуктивной связи контура ВЦ с антенной (см. пп. 4.5.3 и 4.5.4) производится при минимальном значении коэффициента удлинения (укорочения). В режиме укорочения значение резонансной частоты антенной цепи определяется по характерному изменению АЧХ (рис. 2.3).

## 4.7 Рекомендации по оформлению экспериментальных результатов и выводов исследования

4.7.1 Результаты расчета и экспериментального исследования рекомендуется сводить в таблицу.

4.7.2 Графические зависимости  $K_0 = Y(f_0)$  для всех видов связи ВЦ с ненастроенной антенной необходимо представить на одном графике. На этом же графике представить и результаты теоретического расчета частотной зависимости для емкостной связи с ненастроенной антенной.

Емкостная связь $C_3$			
Частота	$f_{\min}$	$f_{\text{ср}}$	$f_{\max}$
Частота сигнала, кГц			
$K_0$			
$P_{\text{ВЦ}}$ , кГц			
$K_{\text{Пф}}$			
Емкостная связь $C_4$			
Частота сигнала, кГц			
$K_0$			
$P_{\text{ВЦ}}$ , кГц			
$K_{\text{Пф}}$			
Индуктивная связь в режиме укорочения			
Частота сигнала, кГц			
$K_0$			
$K_{\text{Пф}}$			
Резонансная частота антенной цепи, кГц			
Индуктивная связь в режиме удлинения			
Частота сигнала, кГц			
$K_0$			
$K_{\text{Пф}}$			
Резонансная частота антенной цепи, кГц			
Комбинированная связь (величина $C_3$ определяется самостоятельно)			
Частота сигнала, кГц			
$K_0$			
$K_{\text{Пф}}$			

4.7.3 Графические зависимости полосы пропускания контура для емкостной связи привести на одном графике совместно с результатами теоретического исследования.

#### 4.8 Вопросы для самостоятельной подготовки

1. Дайте определение входной цепи.
2. Почему в радиоприемных устройствах используется ненастроенная антенна?
3. Каково назначение входной цепи в радиоприемных устройствах?
4. Какими основными качественными показателями характеризуются входные цепи?
5. Что такое «эквивалент» антенны?

6. Каков характер зависимости  $K_0 = Y(f_0)$  для емкостной связи ВЦ с ненастроенной антенной?
7. Чем вызвано изменение коэффициента перекрытия по частоте при изменении величины емкости связи ВЦ с ненастроенной антенной?
8. Почему и как меняется полоса пропускания при изменении величины емкости связи ВЦ с ненастроенной антенной?
9. Каков характер зависимости  $K_0 = Y(f_0)$  для индуктивной связи ВЦ с ненастроенной антенной в режиме «удлинения»?
10. Объяснить характер зависимости  $K_0 = Y(f_0)$  для индуктивной связи ВЦ с ненастроенной антенной в режиме «удлинения»?
11. Каков характер зависимости  $K_0 = Y(f_0)$  для индуктивной связи ВЦ с ненастроенной антенной в режиме «укорочения»?
12. Объяснить характер зависимости  $K_0 = Y(f_0)$  для индуктивной связи ВЦ с ненастроенной антенной в режиме «укорочения»?
13. Каков характер зависимости  $K_0 = Y(f_0)$  для комбинированной связи ВЦ с ненастроенной антенной?
14. Объясните характер зависимости  $K_0 = Y(f_0)$  для комбинированной связи ВЦ с ненастроенной антенной?
15. Чем обусловлено наличие резонанса контура антенной цепи?
16. Дайте сравнительную оценку изменения коэффициента перекрытия по частоте для емкостной, индуктивной и комбинированной связи контура ВЦ, в режиме «удлинения», с ненастроенной антенной, а также объясните причину изменения границ рабочих частот.

## 5 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 «ИССЛЕДОВАНИЕ ДИАПАЗОННОГО СЕЛЕКТИВНОГО УСИЛИТЕЛЯ РАДИОЧАСТОТЫ»

### 5.1 Цель работы

Цели работы по исследованию диапазонного селективного усилителя радиочастоты:

- исследование частотных зависимостей резонансного коэффициента усиления  $K_0 = Y(f_0)$  для режимов слабого и сильного шунтирования колебательного контура УРЧ;
- исследование частотных зависимостей полосы пропускания  $\Pi_{\text{ВЦ}} = \varphi(f_0)$  для режимов слабого и сильного шунтирования колебательного контура УРЧ;
- исследование избирательных свойств по дополнительным каналам приема.

### 5.2 Описание электрической принципиальной селективного усилителя радиочастоты

Электрическая принципиальная схема входной цепи средневолнового диапазона изображена на рисунке (рис. 5.1).

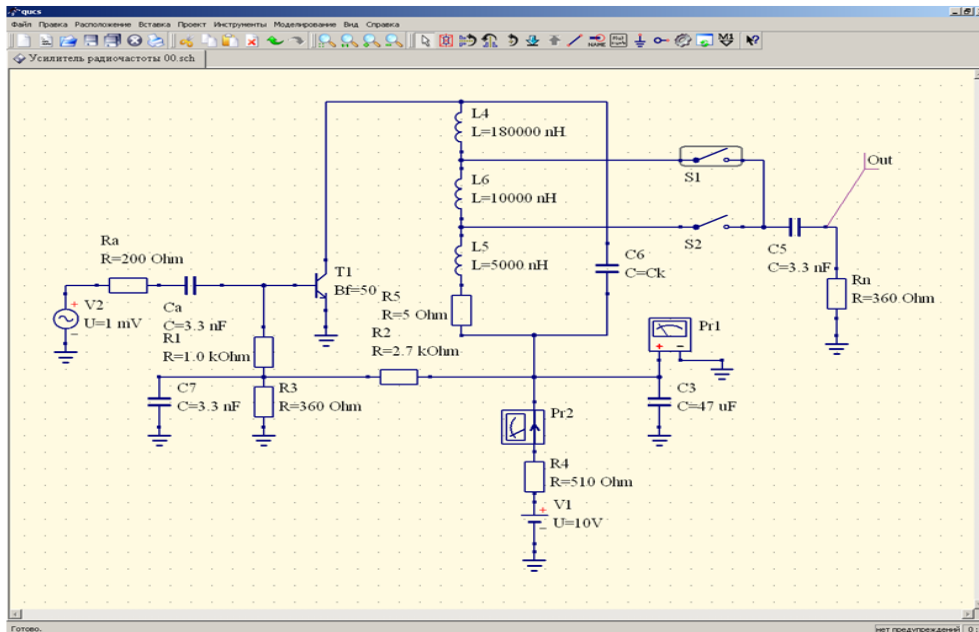


Рис. 5.1 – Электрическая принципиальная схема селективного УРЧ

Селективный УРЧ выполнен на биполярном транзисторе Т1 и колебательной контуре, образованного индуктивностью  $L=L_4+L_5+L_6$  и емкостью  $C=C_k$ . Переключение параметров связи нагрузки с контуром УРЧ выполняется переключателями  $S_1$  и  $S_2$ .

### 5.3 Краткие сведения из теории анализа селективного усилителя радиочастоты

Обобщенная эквивалентная схема селективного усилителя радиочастоты с одиночным колебательным контуром без учета влияния обратной связи представлена на рисунке 5.2.

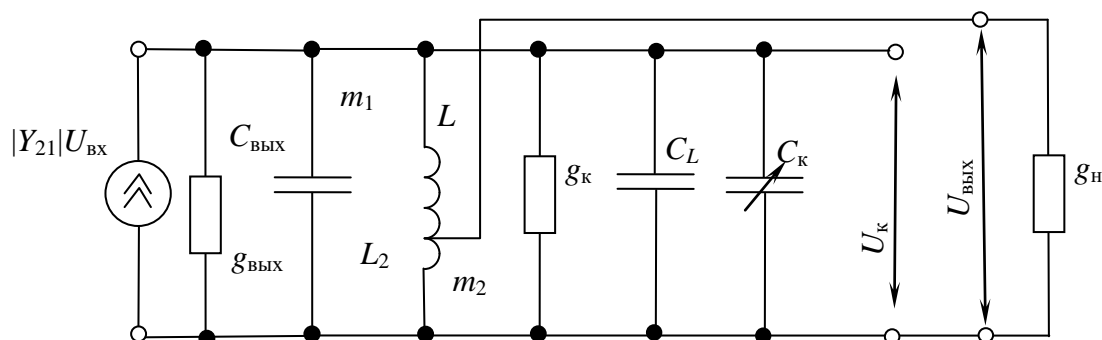


Рис. 5.1 – Эквивалентная схема УРЧ:

где  $m_1 = 1$  – коэффициент включения в контур усилительного каскада;

$$m_2 = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{К}}} \text{ – коэффициент включения в контур входа следующего каскада;}$$

када;

$$C_{\text{ВЫХ}} \approx C_{22} \text{ – выходная емкость усилительного каскада;}$$

$C_{\text{К}}, C_{\text{L}}$  – емкость конденсатора контура и собственная емкость катушки  $L$ ;

$g_{\text{ВЫХ}} \approx g_{22}, g_{\text{Н}} \approx g_{11}$  – выходная проводимость усилительного каскада и входная проводимость следующего каскада

$g_{\text{К}}$  – резонансная проводимость контура УРЧ;

$|Y_{21}|$  – модуль крутизны усилительного элемента УРЧ;

$U_{\text{ВХ}}$  – напряжение на входе усилительного каскада.

Модуль коэффициента передачи селективного усилителя определяется выражением

$$K = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{|Y_{21}| \cdot m_1 \cdot m_2}{g_{\text{Э}} \sqrt{1 + \xi^2}},$$

где  $g_{\text{Э}} = m_1^2 \cdot g_{22} + g_{\text{К}} + m_1^2 \cdot g_{11}$  - эквивалентная резонансная проводимость контура;

$$\xi = Q_{\text{Э}} \cdot \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right) - \text{обобщенная расстройка контура УРЧ};$$

$$Q_{\text{Э}} = \frac{1}{d_{\text{Э}}},$$

$$d_{\text{Э}} = d_{\text{К}} \cdot \left( 1 + m_1^2 \cdot \frac{g_{22}}{g_{\text{К}}} + m_2^2 \cdot \frac{g_{11}}{g_{\text{К}}} \right) - \text{эквивалентное затухание контура}$$

УРЧ;

$d_{\text{К}}$  - конструктивное (собственное) затухание контура УРЧ.

Модуль резонансного коэффициента передачи селективного УРЧ с перестройкой частоты изменением емкости:

$$K_0 = \frac{U_{\text{ВЫХ}}(f_0)}{U_{\text{ВХ}}(f_0)} = \frac{|Y_{21}| \cdot m_1 \cdot m_2}{g_{\text{Э}}} = \frac{|Y_{21}| \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot 2\pi \cdot f_0 L}{d_{\text{Э}}}$$

Уравнение нормированной амплитудно-частотной характеристики селективного усилителя с одиночным колебательным контуром определяется выражением:

$$Y(f_0) = \frac{K}{K_0} = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi^2}}$$

Оптимальный коэффициент включения  $m_{2\text{опт}}$  (при фиксированном коэффициенте включения  $m_1$ ), обеспечивающий режим согласования нагрузки  $g_{\text{Г}}$  с контуром УРЧ:

$$m_{2\text{опт}} = \sqrt{\frac{g_{\text{К}} + m_1^2 \cdot g_{11}}{g_{\text{Г}}}}.$$

Коэффициент включения нагрузки в колебательный контур определяется выражением:



$$m_2 = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{К}}} = \frac{\varpi_2}{\varpi_{\text{К}}} = \sqrt{\frac{L_{[\text{мкГн}]}}{L_{2[\text{мкГн}]}}}$$

где  $\varpi_2$ ,  $\varpi_{\text{К}}$  – число витков отвода катушки на нагрузку и число витков контурной катушки соответственно.

Избирательность УРЧ определяется выражением:

$$\sigma = \frac{1}{Y(f_0)} = \sqrt{1 + \xi^2} \text{ [раз]} \text{ или } \sigma = 20 \cdot \lg \sqrt{1 + \xi^2} \text{ [дБ]}.$$

Величина обобщенной расстройки относительно канала прямого прохода при использовании УРЧ в приемнике супергетеродинного типа определяется соотношением:

$$\xi = Q_{\text{Э}} \cdot \left( \frac{f_{\text{пр}}}{f_0} - \frac{f_0}{f_{\text{пр}}} \right).$$

Величина обобщенной расстройки контура УРЧ относительно зеркального канала определяется соотношением:

$$\xi = Q_{\text{Э}} \cdot \left( \frac{f_0 + 2f_{\text{пр}}}{f_0} - \frac{f_0}{f_0 + 2f_{\text{пр}}} \right),$$

где  $f_{\text{пр}} = 465$  кГц – промежуточная частота.

## 5.4 Расчетное задание

5.4.1 Произвести расчет коэффициентов включения сопротивления нагрузки УРЧ в контур и индуктивности контурной  $L_4$  если полная индуктивность контура равна 180 мкГн. Значения катушек связи принять  $L_5 = 5$  мкГн,  $L_6 = 10$  мкГн, конструктивное затухание контура  $d_{\text{к}} = 0.01$ .

5.4.2 Установить значения максимальной и минимальной емкости контура, используя данные таблицы 5.1, согласно варианту.

Таблица 5.1 – Значения элементов контура УРЧ

№ варианта	Варьируемые элементы контура УРЧ	
	$C_{\min}$ , пФ	$C_{\max}$ , пФ
1	40	520
2	41	518
3	42	516
4	43	514
5	44	512
6	45	498
7	46	496
8	47	494
9	48	492
10	49	490
11	50	488
12	51	486
13	52	484
14	53	482
15	54	480
16	55	478
17	56	476
18	57	474
19	58	472
20	59	470

5.4.3 Рассчитать частотные зависимости резонансного коэффициента передачи и полосу пропускания для УРЧ в диапазоне рабочих частот для режимов слабого и сильного шунтирования. Модуль крутизны усилительного элемента  $|Y_{21}| = 150 \text{ мА/В}$ .

5.4.4 Рассчитать неравномерность резонансного коэффициента передачи эквивалентную добротность колебательного контура УРЧ.

5.4.5 Рассчитать избирательность селективного УРЧ по прямому и зеркальному каналам для приемника супергетеродинного типа на краях диапазона рабочих частот. Промежуточная частота равна 465 кГц. Проанализировать полученные результаты.

## 5.5 Экспериментальное задание

5.5.1 Загрузка файла «Усилитель радиочастоты.sch» с исследуемой электрической принципиальной схемой селективного усилителя УРЧ производится из подкаталога «02 УРЧ» путем захвата курсором «мышки» и удерживая левой кнопки манипулятора вносите в рабочее поле приложения «Qucs». После загрузки файла, для проведения экспериментального исследования необходимо внести коррективы номиналов элементов ВЦ из таблицы 5.1.

5.5.2 Снять и построить частотную зависимость резонансного коэффициента усиления  $K_0 = Y(f_0)$  для двух значений автотрансформаторной связи контура УРЧ с нагрузкой. Определить коэффициент перекрытия по частоте.

5.5.3 Снять и построить частотную зависимость полосы пропускания  $P_{ВЦ} = \varphi(f_0)$  для двух значений автотрансформаторной связи контура УРЧ с нагрузкой.

5.5.4 Измерить и определить характер изменения избирательных свойств по прямому и зеркальному каналам при слабой и сильной автотрансформаторной связях контура УРЧ с нагрузкой на нижних и верхних частотах диапазона для случая супергетеродинного приема. Промежуточная частота равна 465 кГц. Настройка гетеродина в приемнике – верхняя.

## 5.6 Указания по проведению экспериментального исследования

5.6.1 Произвести подготовку принципиальной схемы в соответствии с рисунком 5.1 и таблицей 5.1 и определить величину изменения конденсатора при заданных значениях индуктивности колебательного контура УРЧ.

5.6.2 Оценка избирательных свойств УРЧ по прямому и зеркальному каналам произвести из условия минимума обобщенной расстройки.

## 5.7 Рекомендации по оформлению экспериментальных результатов и выводов исследования

5.7.1 Результаты расчета и экспериментального исследования рекомендуется сводить в таблицу.

Переключатель $S_1$ замкнут, $S_2$ – разомкнут (сильное шунтирование)			
Частота	$f_{\min}$	$f_{\text{ср}}$	$f_{\max}$
Частота сигнала, кГц			
$K_0$			
ПВЦ, кГц			
$K_{\text{Пф}}$			
Переключатель $S_1$ – разомкнут, $S_2$ – замкнут (слабое шунтирование)			
Частота сигнала, кГц			
$K_0$			
ПВЦ, кГц			
$K_{\text{Пф}}$			

5.7.2 Экспериментальные и теоретические зависимости  $K_0 = Y(f_0)$  для всех видов связи с нагрузкой необходимо представить на одном графике.

5.7.3 Экспериментальные и теоретические частотные зависимости полосы пропускания селективного усилителя для режимов слабого и сильного шунтирования также необходимо представить на одном графике  $\Pi_{\text{урч}} = \varphi(f_0)$ .

## 5.8 Вопросы для самостоятельной подготовки

1. Каково назначение усилителя радиочастоты?
2. Каковы особенности работы УРЧ в приемнике супергетеродинного типа?
3. Определите назначение элементов электрической принципиальной схемы УРЧ.
4. Каков путь протекания постоянной и переменной составляющих коллекторного, базового и эмиттерного токов транзистора УРЧ?
5. Каково назначение УРЧ цепи в радиоприемных устройствах?
6. Покажите и объясните характер изменения резонансного коэффициента передачи УРЧ с перестраиваемым одиночным контуром.

7. Объясните характер изменения избирательных свойств по прямому каналу диапазонного селективного УРЧ.
8. Объясните характер изменения избирательных свойств по зеркальному каналу диапазонного селективного УРЧ.
9. Объясните характер измерения частотной зависимости резонансного коэффициента для слабого шунтирования контура УРЧ.
10. Объясните характер измерения частотной зависимости резонансного коэффициента для сильного шунтирования контура УРЧ.
11. Как влияет изменение коэффициента включения в контур на селективные характеристики УРЧ?
12. Как зависит полоса пропускания УРЧ от коэффициента включения сопротивления нагрузки в колебательный контур?
13. Как влияет режим работы усилительного элемента на коэффициент передачи УРЧ?
14. Как влияет режим работы усилительного элемента на полосу пропускания УРЧ?
15. Как осуществляется стабилизация режима работы усилительного элемента в УРЧ?

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Пушкарёв В. П. Устройства приема и обработки сигналов : учеб. пособие / В. П. Пушкарёв. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. – 203 с.

2. Пушкарёв В. П. Устройства приема и обработки сигналов: учеб. методическое пособие / В. П. Пушкарёв. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2005. – 69 с.

3. Пушкарёв В. П. Устройства приема и обработки сигналов : учеб. метод. пособие / В. П. Пушкарёв. – Томск : ТМЦДО, 2012. – 278 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А****Пример оформления титульного листа**

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение  
высшего образования

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

Кафедра радиотехнических систем (РТС)

Лабораторная работа № 1

**Тема: Исследование диапазонной входной цепи  
при различных связях с ненастроенной антенной**

Выполнил студент гр. 1В6  
\_\_\_\_\_ Иванов А. В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Проверил Доцент каф. СРС  
\_\_\_\_\_ Колесов А. Н.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.