

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное бюджетное государственное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования

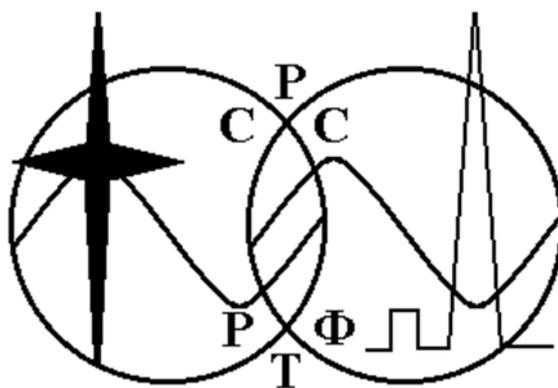
**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

**Кафедра средств радиосвязи**

**ПУШКАРЕВ В.П.**

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО КОНТУРА  
С ЭЛЕКТРОННОЙ ПЕРЕСТРОЙКОЙ ЧАСТОТЫ**

Учебно-методическое пособие по лабораторной работе в  
компьютерной среде QUCS по дисциплине «Устройства  
приема и обработки сигналов», «Радиоприемные устрой-  
ства», «Устройства приема и преобразования сигналов»  
для студентов радиотехнических специальностей



Томск – 2012

Пушкарев В.П.

Исследование колебательного контура с электронной перестройкой частоты: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе в компьютерной среде QUCS по дисциплине «Устройства приема и обработки сигналов», «Радиоприемные устройства», «Устройства приема и преобразования сигналов» для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. 2012. – 25 с.

Учебно-методическое пособие содержит краткие сведения из теории расчета технических характеристик и приведены варианты схемотехнических решений отдельных узлов радиоприемного устройства, изложены методика проведения и рекомендации по их исследованию.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов специальностей направления «Радиотехника», «Телекоммуникации» и для студентов других специальностей, изучающих основы построения радиоприемных устройств, обучающихся на всех формах обучения.

© Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012

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

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

**Кафедра средств радиосвязи**

УТВЕРЖДАЮ

зав. каф. СРС

\_\_\_\_\_ Мелихов С.В.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО КОНТУРА  
 С ЭЛЕКТРОННОЙ ПЕРЕСТРОЙКОЙ ЧАСТОТЫ**

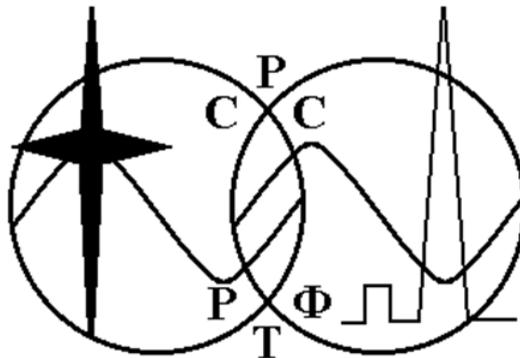
Учебно-методическое пособие по лабораторной работе в компьютерной среде QUCS по дисциплине «Устройства приема и обработки сигналов», «Радиоприемные устройства», «Устройства приема и преобразования сигналов» для студентов радиотехнических специальностей

Разработчик

Доцент каф. СРС

\_\_\_\_\_ В.П. Пушкарёв

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.



## АННОТАЦИЯ

Целью учебно-методического пособия по лабораторным работам по дисциплинам направления подготовки «Радиотехника» и «Телекоммуникации» является укрепление теоретических знаний и получение практических навыков исследования основных узлов и элементов радиоприемного устройства, а также привитие навыков в оформлении практических результатов экспериментального исследования.

Учебно-методические указания содержат лабораторные работы, в которых исследуются такие основные узлы радиоприемного устройства как: избирательные цепи с электронной перестройкой, входные цепи при различных связях с ненастроенной антенной; усилитель радиочастоты, содержащий колебательный контур с двойной автотрансформаторной связью; преобразователь частоты; линейный детектор амплитудно-модулированных сигналов и импульсный и пиковый детектор.

## СОДЕРЖАНИЕ

ОСНОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ.....	7
1. ВВЕДЕНИЕ .....	9
2. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ QUCS. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА .....	10
2.1. Назначение программного обеспечения область использования .....	10
2.2. Описание программного продукта Qucs.....	10
2.2.1. Описание работы программы Qucs при аналоговом моделировании .	10
2.2.2. Работа с подсхемами.....	12
2.2.3. Основные правила работы со схемами с варьируемыми параметрами или элементами .....	14
2.2.4. Вывод результатов измерения технических параметров.....	15
2.3. Правила и порядок выполнения лабораторной работы .....	15
2.4. Основные требования оформления отчета .....	16
2.4.1. Правила оформления пояснительной записки по отчету .....	16
2.4.2. Правила оформления результатов исследований .....	16
2.4.3. Требования к написанию выводов .....	16
3. ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО КОНТУРА С ЭЛЕКТРОННОЙ ПЕРЕСТРОЙКОЙ ЧАСТОТЫ .....	18
3.1. Цель работы .....	18
3.2. Описание электрической принципиальной схемы .....	18
3.1. Краткие сведения из теории анализа контура с электронной перестройкой частоты .....	19
3.2. Расчетное задание .....	20
3.3. Экспериментальное задание .....	21
3.4. Указания и рекомендации по проведению исследования.....	21
3.5. Рекомендации по оформлению экспериментальных результатов и выводов исследования .....	22
3.6. Вопросы для самостоятельной подготовки .....	23
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	24
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Пример оформления титульного листа.....	25

## ОСНОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

АД	- амплитудный детектор
АМ	- амплитудная модуляция
АПЧ	- автоматическая подстройка частоты
АРУ	- автоматическая регулировка усиления
АЦ	- антенная цепь
АЧХ	- амплитудно-частотная характеристика
АЭ	- активный элемент
ВАХ	- вольтамперная характеристика
ВЦ	- входная цепь
Г	- гетеродин
ДВ	- диапазон длинных волн
ДД	- динамический диапазон
ИД	- импульсный детектор
КВ	- диапазон коротких волн
ПД	- пиковый детектор
УВЧ	- усилитель высокой частоты
УКВ	- ультракоротковолновый диапазон
УМ	- угловая модуляция
УПЧ	- усилитель промежуточной частоты
УРЧ	- усилитель радиочастоты
ФМ	- фазовая модуляция
ЧМ	- частотная модуляция
ЧД	- частотный детектор
$d_k$	- 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

Дисциплины «Радиоприёмные устройства», «Устройства приёма и обработки сигналов», «Приём и обработка сигналов», «Приём и преобразование сигналов» являются одной из основных специальных дисциплин в инженерной подготовке по направлению специальностей «Радиотехника» и «Телекоммуникации» и других направлений. Целью изучения дисциплины является подготовка студентов к разработке современных радиоприемных устройств обработки радиосигналов. Основными задачами изучения дисциплины является освоение основ построения радиоприемных устройств, освоение методик проектирования по заданным показателям качества. В результате изучения дисциплины студент должен знать основы построения структурных схем устройств приёма и обработки сигналов и освоить основные принципы и методы расчета, проектирования и конструирования. Студент должен уметь применять современные методы проектирования и анализа качественных показателей качества радиоприемных устройств. Изучение дисциплины базируется на основе физико-математической подготовки и знания дисциплин: основы теории электрических цепей, электродинамика и распространение радиоволн, радиотехнические цепи и сигналы, схемотехника аналоговых электронных устройств, радиоавтоматика и т.д.

При изучении дисциплины «Радиоприёмные устройства» должен выполнить лабораторные работы по исследованию отдельных узлов радиоприёмного устройства, так приёмника в целом. Выполненные лабораторные работы позволят понять основные принципы работы радиоприёмных устройств, облегчить работу на курсовом проекте, определяемой учебным планом по радиотехническим специальностям. На этапе курсового проектирования проводится выбор, обоснование и расчет структурной и электрической принципиальных схем радиоприёмного устройства. Расчетами результирующих технических характеристик подтверждаются правильность выбора структурной схемы и наиболее важных частей принципиальной схемы.

## 2. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ QUCS. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

### 2.1. Назначение программного обеспечения область использования

Qucs (произносится: kju:ks) - симулятор цепей с графическим пользовательским интерфейсом. Программный продукт Qucs предназначен для моделирования и анализ 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.

### 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).

На поле главного окна программного обеспечения Qucs, с левой стороны, находится область (1), содержание которой зависит от состояния вкладок, расположенных над ней: «Компоненты» (2), «Содержание» (3) и «Проекты» (4). С правой стороны расположена рабочая 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, «Входные цепи» 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 прочитать 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 кноп-

ку 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».

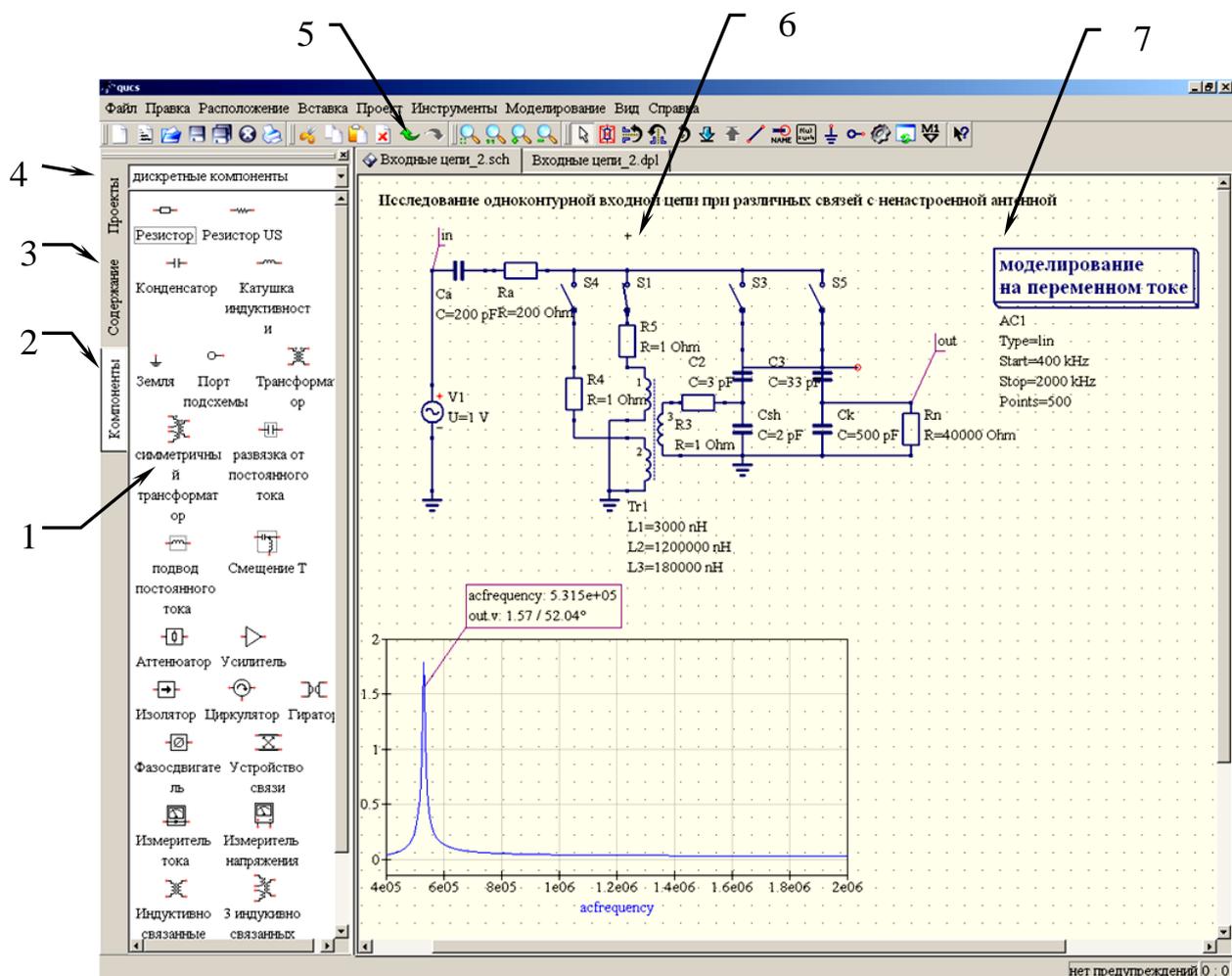


Рис. 2. 1. Главное окно Qucs

Для моделирования процессов в схемах на переменном или постоянном токах, необходимо во вкладке «Компоненты» (2) «дискретные компоненты» и перенеся курсором мыши необходимые элементы составить 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 сделать двойное нажатие левой кнопки

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 начинает проводник. Теперь передвиньте курсор к конечной точке и снова нажмите 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 сделайте двойное нажатие левой кнопки мыши.

Для запуска моделирования нажмите кнопку моделирования на панели инструментов или используйте меню: Моделирование ->Моделировать. Откроется окно и покажет продвижение процесса. После успешного завершения моделирования открывается документ показа данных. Обычно все это происходит так быстро, что Вы увидите лишь быстрое мелькание. Теперь Вам нужно поместить диаграмму, чтобы увидеть результаты моделирования. Слева находится класс компонентов «диаграммы», который выбирается автоматически. Нажмите на "Табличная", перейдите в рабочую область 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». Сделайте двойное нажатие кнопки мыши на нем, и оно будет перенесено в правую область. Выйдите из диалога нажатием кнопки «Ок». Теперь виден результат моделирования: 0.666667 вольт.

Измерения значений постоянного тока или напряжения в цепи, исследуемой схемы, осуществляются с помощью амперметра или вольтметра. Выбор измерительного прибора производится в разделе «Компоненты» (2) выбирается из раздела «Измерители» (4) курсором переносится на поле с изображением электрической схемы «Измеритель тока» или «Измеритель напряжения», а затем производится их подключение к заданным участкам цепи (Рис. 2. 1).

### **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 дискретных компонентах) или меню (Вставка->Вставить вывод). После того, как вставлены все выводы подсхемы (например, два), нужно сохранить подсхему (например, нажав CTRL-S). Если посмотреть в просмотр содержимого проекта (рис. 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 компонент подсхемы, то Вы можете нарисовать свое собственное и поместить текст компоненты туда, где Вам будет удобно. Просто сделайте схему подсхемы текущим документом и перейдите к меню: Файл->Изменить обозначение схемы. Если Вы уже не нарисовали обозначение для этой схемы, то автоматически будет создано простое обозначение. Это обозначение можно редактировать, рисуя линии и дуги. 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).

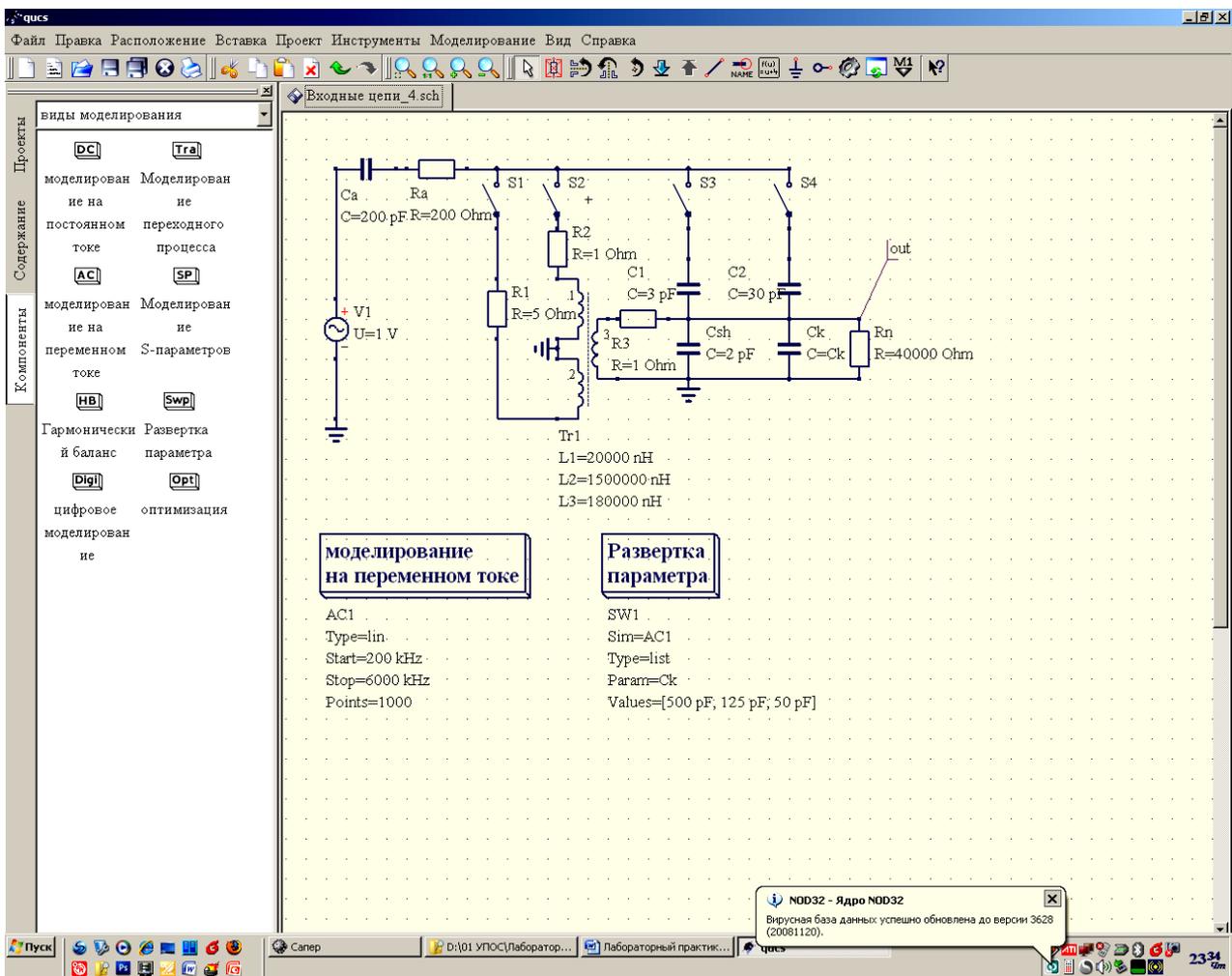


Рис. 2. 2. Главное окно Qucs Исследуемая схема с элементами индикации исследуемых процессов

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 изображенного на ри-

сунке. Для удобства изменения элемента с варьируемыми параметрами используется опция «Развёртка параметра», также взятая из раздела «компоненты» - «моделирование». В информационном окне развёртки параметра вводится минимальное, среднее и максимальное значение номинала изменяемого элемента исследуемой схемы, в данном случае емкости контура. Среднее значение изменяемого номинала элемента схемы (емкости контура) должно соответствовать среднему значению аргументу исследуемой зависимости (средней частоте диапазона перестройки контура входной цепи).

После входа в режим «Развёртка параметра» производятся 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 и можно ввести имя узла. Напишите «Input», «out» или другую надпись в соответствии с его назначением, а затем нажмите кнопку «Ok».

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

Вывод результатов расчета характеристик исследуемой схемы производится после проведения процедуры моделирования нажатием на клавишу  $F2$  и выводятся в виде файла с расширением \*.dpl. Для представления результатов в графическом или табличном видах, необходимо выбрать вид представления результатов из раздела «Компоненты» и «Диаграммы» выбрать нужное представление результатов и вывести на свободное поле и установить наименование параметров, и при необходимости определить границы их изменения.

#### **2.3. Правила и порядок выполнения лабораторной работы**

Для успешного выполнения лабораторной работы необходима тщательная ее подготовка, предварительно изучив цель работы, основные сведения из теории и принцип работы исследуемой электрической принципиальной схемы. В рабочей тетради должны быть подготовлены необходимые исходные данные и таблицы для занесения результатов экспериментальных исследований. Вариант номиналов элементов исследуемой электрической принципиальной схемы, выдаются преподавателем на первом занятии.

Перед началом первой лабораторной работы необходимо на рабочем столе в каталоге «Лабораторный практикум по УПОС» сформировать рабочую папку (подкаталог), где будут сохраняться все ре-

зультаты лабораторных работ. Для упрощения поиска информации по лабораторным работам, при формировании имени папки, рекомендуется использовать номер группы и имя студента.

При выполнении лабораторной работы необходимо соблюдать порядок на рабочем месте.

## **2.4. Основные требования оформления отчета**

### **2.4.1. Правила оформления пояснительной записки по отчету**

Пояснительная записка оформляется в виде отчета по каждой лабораторной работе отдельно. Отчет оформляется один на подгруппу на бумажном носителе и должен содержать наименование темы лабораторной работы, цель и задачу исследования, приводится исследуемая электрическая принципиальная схема, краткое ее описание, а при необходимости и эквивалентную исследуемую схему. 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 поведения и характера зависимостей или исследуемого параметра.

### **2.4.2. Правила оформления результатов исследований**

Все результаты теоретического расчета и экспериментального исследования рекомендуются 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 входных параметрах исследуемого объекта.

### **2.4.3. Требования к написанию выводов**

Заключительная часть выполненной лабораторной работы завершается написанием выводов по каждому исследуемому пункту задания на экспериментальное исследование. Формирование каждого вывода производится в два этапа: констатирующего и пояснения закономерностей и причин их изменения. На констатирующем этапе

необходимо представить качественную и количественную оценку исследуемой зависимости и описать характер изменения ее поведения. При формировании анализа причин поведения теоретических и экспериментальных зависимостей следует произвести сравнение результатов расчетной и экспериментальной зависимостями, а также пояснить причину их расхождения. В завершение своих выводов необходимо представить общие закономерности поведения измеряемых зависимостей и их связи с параметрами исследуемой схемы.

### 3. ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО КОНТУРА С ЭЛЕКТРОННОЙ ПЕРЕСТРОЙКОЙ ЧАСТОТЫ

#### 3.1. Цель работы

Целью работы является исследование частотных зависимостей:

- резонансного коэффициента передачи колебательного контура с электронной перестройкой частоты на варикапах;
- полосы пропускания при различных схемах включения и режимах работы варикапов;
- коэффициента перекрытия по частоте при различных схемах включения дополнительных подстроечных элементов.

#### 3.2. Описание электрической принципиальной схемы

Электрические принципиальные схемы колебательного контура средневолнового диапазона с электронной перестройкой частоты изображены на рисунках (Рис. 3. 1, Рис. 3. 2). Колебательный контур с несимметричным включением варикапа образован индуктивностью  $L_k$ , и емкостью схемы  $C_{sh}$  и последовательно соединенной разделительной емкостью  $C_{sh1}$  и емкостью варикапа  $D2$ . Сопротивление  $R_p$  определяют реальные потери, вносимые в контур.

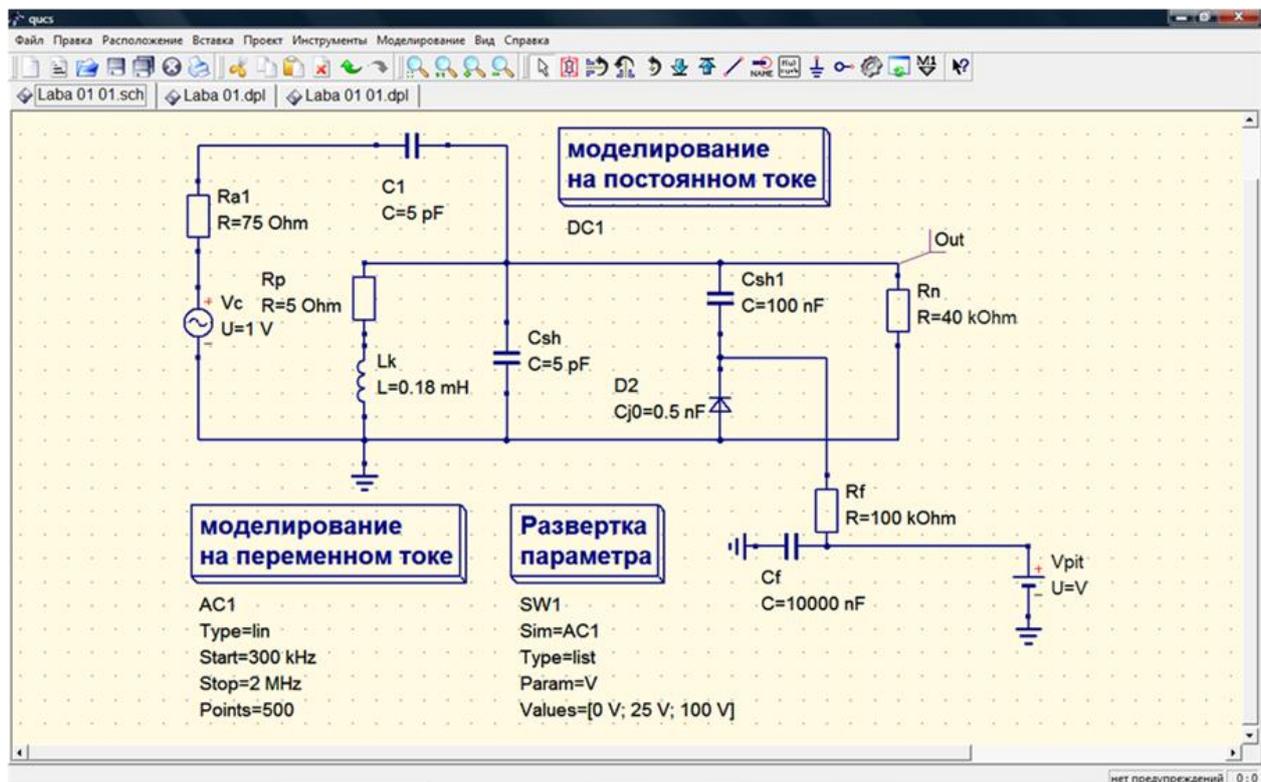


Рис. 3. 1. Электрическая принципиальная схема колебательного контура с электронной перестройкой по частоте

Схема колебательного контура с встречно-последовательным соединением варикапов D1 и D2 (Рис. 3. 2).

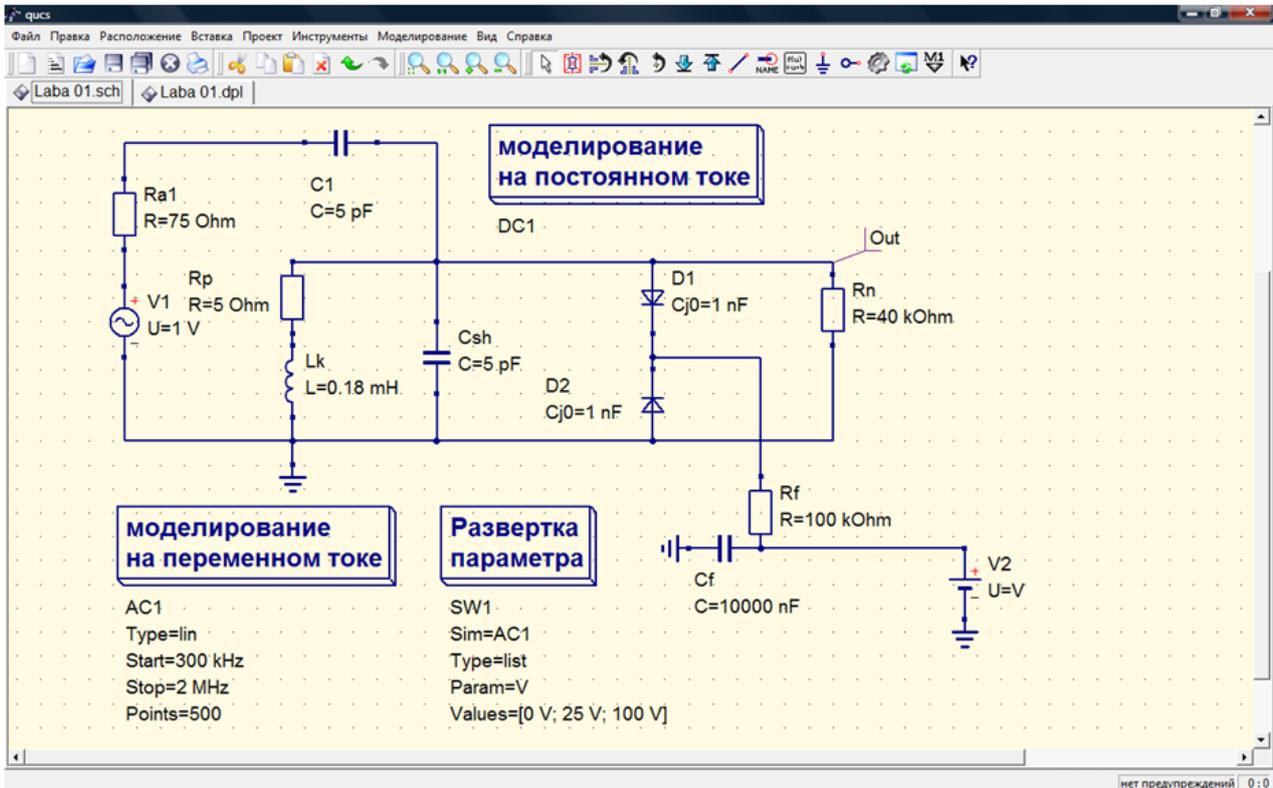


Рис. 3. 2. Электрическая принципиальная схема колебательного контура с электронной перестройкой по частоте

Напряжение управления на варикапы подается через сопротивление R1 и изменяется в пределах заданным преподавателем (см. таблицу 3.1).

### 3.1. Краткие сведения из теории анализа контура с электронной перестройкой частоты

Вольт-фарадная характеристика зависимости емкости варикапа от напряжения управления описывается выражением

$$C_v \overset{\sim}{=} C_0 \cdot \left[ \frac{U_0}{U} \right]^n, \quad (3.1)$$

где  $C_0$  - справочное значение емкости, пФ;

$U_0$  - справочное напряжение управления, В;

$U$  - напряжение управления, В;

$n$  – технологический коэффициент плавности  $p$ - $n$  – перехода ( $n=0.5$ ,  $n=0.33$ ).

Зависимость частоты настройки резонансного контура от напряжения управления

$$f(U) = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C(U)}} \quad (3.2)$$

Коэффициент перекрытия по частоте определяется выражением

$$K_{\text{Пф}} = \sqrt{\frac{C_{\text{Э max}}}{C_{\text{Э min}}}} = \sqrt{\frac{C_{\text{К max}} + C_{\text{sh}}}{C_{\text{К min}} + C_{\text{sh}}}}, \quad (3.3)$$

где  $C_{\text{К max}}$  и  $C_{\text{К min}}$  - максимальное и минимальное эквивалентное значение емкости ветви с варикапами, имеющие переменные параметры, соответственно.

Для схемы (Рис. 3. 1) эквивалентная емкость ветви с варикапом описывается выражением

$$C_{\text{К}} = \sqrt{\frac{C_{j0} \cdot C_{\text{sh1}}}{C_{j0} + C_{\text{sh1}}}}.$$

Для схемы (Рис. 3. 2) эквивалентная емкость с варикапом описывается выражением

$$C_{\text{К}} = \sqrt{\frac{C_{j0} \cdot C_{\text{sj0}}}{C_{j0} + C_{\text{sj0}}}} = 0.5 \cdot C_{\text{sj0}}.$$

Необходимые данные для расчета и экспериментального исследования зависимостей контура с электронной перестройкой приведены в таблице 3.1. Номер варианта определяется и выдается преподавателем.

### 3.2. Расчетное задание

3.2.1. Используя аналитические выражения (3.1), (3.2) рассчитать зависимость резонансный коэффициент передачи и полосу пропускания в начале, середине и конце диапазона принимаемых частот для схемы с емкостной связью, предварительно определив границы рабочих частот. Значения параметров варикапов электрической принципиальной схемы (Рис. 3. 1, Рис. 3. 2) взять из таблицы 3.1, в соответствии с указанием преподавателя.

Таблица 3.1. Справочные значения параметров варикапов

Номер варианта	Справочное значение емкости, пФ	Напряжение, при задано справочное значение емкости, В	Коэффициент аппроксимации	Пределы изменения напряжения управления, В
1.	1000	1	0,5	0...100
2.	950	2	0,33	1...90
3.	900	3	0,5	2...100
4.	850	4	0,33	3...110
5.	800	5	0,5	0...100
6.	750	1	0,33	1...90
7.	700	2	0,5	2...100
8.	650	3	0,33	3...110
9.	600	4	0,5	0...100
10.	550	5	0,33	1...90

3.2.2. Используя выражения (3.1) и (3.2), рассчитать зависимость резонансного коэффициента передачи от частоты для схем (Рис. 3. 1, Рис. 3. 2) и определить частотный диапазон схемы колебательного контура с электронной перестройкой. Значения параметров варикапов взять из таблицы 3.1.

3.2.3. Используя формулу (3.3) рассчитать коэффициент перекрытия по частоте  $K_{Пф}$ , для различных схем колебательного контура.

### 3.3. Экспериментальное задание

3.3.1. Для проведения экспериментального исследования необходимо собрать схему (Рис. 3. 1) и задать параметры варикапов из таблицы 3.1. в соответствии с указаниями преподавателя.

3.3.2. Для схем колебательного контура с электронной перестройкой частоты снять зависимости  $K_0 = Y(f_0)$  и  $\Pi_{ВЦ} = \varphi(f_0)$  для схем (Рис. 3. 1, Рис. 3. 2) в начале, середине и в конце частотного диапазона.

Определить коэффициент перекрытия по частоте.

### 3.4. Указания и рекомендации по проведению исследования

3.4.1. Экспериментальные исследования проводится для схемы, варикапы которой необходимо взять из таблицы 3.1, в соответствии с вариантом выданного преподавателем, задания и провести необходимые корректировки в исходной электрической принципиальной схеме.

3.4.2. Для удобства расчет резонансного коэффициента передачи напряжение входного сигнала рекомендуется принять равное 1 мВ.

3.4.3. Полоса пропускания контура определяется по уровню 0.707 относительно уровня напряжения соответствующего резонансу входной цепи.

3.4.4. Исследования частотных зависимостей изменения резонансного коэффициента передачи производятся не менее чем на трех частотах диапазона. При этом необходимо фиксировать частоты, полосу пропускания ВЦ (для различных схем включения варикапов).

### 3.5. Рекомендации по оформлению экспериментальных результатов и выводов исследования

3.5.1. Результаты расчета и экспериментального исследования рекомендуется сводить в таблицу

Схема №1 (Рис. 3. 1)			
Частота	$f_{\min}$	$f_{\text{ср}}$	$f_{\max}$
Частота сигнала, кГц			
$E_A$ , мВ			
$U_{\text{вых}}$ , мВ			
$K_0$			
$\Pi_{\text{ВЦ}}$ , кГц			
$K_{\text{пф}}$			
Схема №2 (Рис. 3. 2)			
Частота сигнала, кГц			
$E_A$ , мВ			
$U_{\text{вых}}$ , мВ			
$K_0$			
$\Pi_{\text{ВЦ}}$ , кГц			
$K_{\text{пф}}$			

3.5.2. Графические зависимости  $K_0 = Y(f_0)$  для всех схем необходимо представить на одном графике. На этом же графике представить и результаты теоретического расчета частотной зависимости резонансного коэффициента передачи.

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

### 3.6. Вопросы для самостоятельной подготовки

1. Дать определение колебательного контура с электронной перестройкой по частоте.
2. Каково назначение электронной перестройкой по частоте в радиоприемных устройствах?
3. Какими основными качественными показателями характеризуются колебательные контура с электронной перестройкой по частоте?
4. Какой характер зависимости  $K_0 = Y(f_0)$  с электронной перестройкой по частоте?
5. Чем вызвано изменение границ частотного диапазона и коэффициента перекрытия по частоте при изменении схемы включения варикапов?
6. Почему и как меняется частотная зависимость полосы пропускания колебательного контура для различных схем включения варикапов?
7. Что происходит с техническими показателями колебательного контура при различных включениях варикапов если напряжение управления равно нулю?
8. Дать сравнительную оценку изменения коэффициента перекрытия по частоте для различных схем включения варикапов в колебательный контур.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пушкарев В.П., Устройства приема и обработки сигналов: Учебное пособие. – Томск Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2005. – 200 с.
2. Пушкарев В.П., Устройства приема и обработки сигналов: Учебное методическое пособие. – Томск Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2005. – 69 с.
3. Мелихов С.В., Назаренко М.К., Колесов А.Н. Руководство к лабораторным работам по «Устройства приема и обработки сигналов», «Радиоприемные устройства», «Устройства приема и преобразования сигналов», «Прием и обработка сигналов» для студентов радиотехнических специальностей. Часть 1. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2006. – 42 с.
4. Устройства приема и обработки сигналов: Учебное методическое пособие. — Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2007. — 174 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Пример оформления титульного листа

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное бюджетное государственное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУ-  
СУР)

Кафедра средств радиосвязи

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.