министерство образования и науки российской федерации

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

в г. Смоленске

Кафедра  
электроники и микропроцессорной техники

РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

### по дисциплине «Приемопередающие электронные устройства»

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Студент группы ПЭ1-14 |  |  |  | Осипова А.С. |
|  | дата сдачи |  | подпись |  |
| Руководитель |  |  |  | к.т.н., доцент Астахов С.П. |
|  |  |  | подпись |  |

Смоленск 2017

Задание 1

Расчёт параметров одноконтурной входной цепи супергетеродинного приёмника

Одноконтурная входная цепь супергетеродинного приёмника, с промежуточной частотой (рис. 1.1)  перестраивается в частотном диапазоне от до. Необходимые для расчётов параметры указаны в табл. 1.1.

Таблица 1.1 — Исходные данные к заданию

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Номер варианта (*Nж*) |
| 10 |
| , *МГц* | 140 |
| , *МГц* | 300 |
| , *МГц* | 35 |
| , *кГц* | 10 |
| Вид связи с антенной | Трансформаторная |
| Вид связи с УРЧ | Внешнеемкостная |
| Настройка гетеродина | Нижняя |

Моделирование одноконтурной входной цепи супергетеродинного приемника было проведено в программе схемотехнического проектирования *Micro-Cap 9*, которая находится в свободном доступе (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 –– Схема одноконтурной входной цепи супергетеродинного приемника

Далее, необходимо рассчитать и построить нормированные амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) входной цепи при её настройке на крайние частоты диапазона, при эквивалентной добротности контура Qэ равной Qэ=100. В данном варианте настройка гетеродина –– нижняя.

На рис. 1.2 показаны амплитудно-частотная характеристика схемы (АЧХ) и фазо-частотная характеристика схемы (ФЧХ).

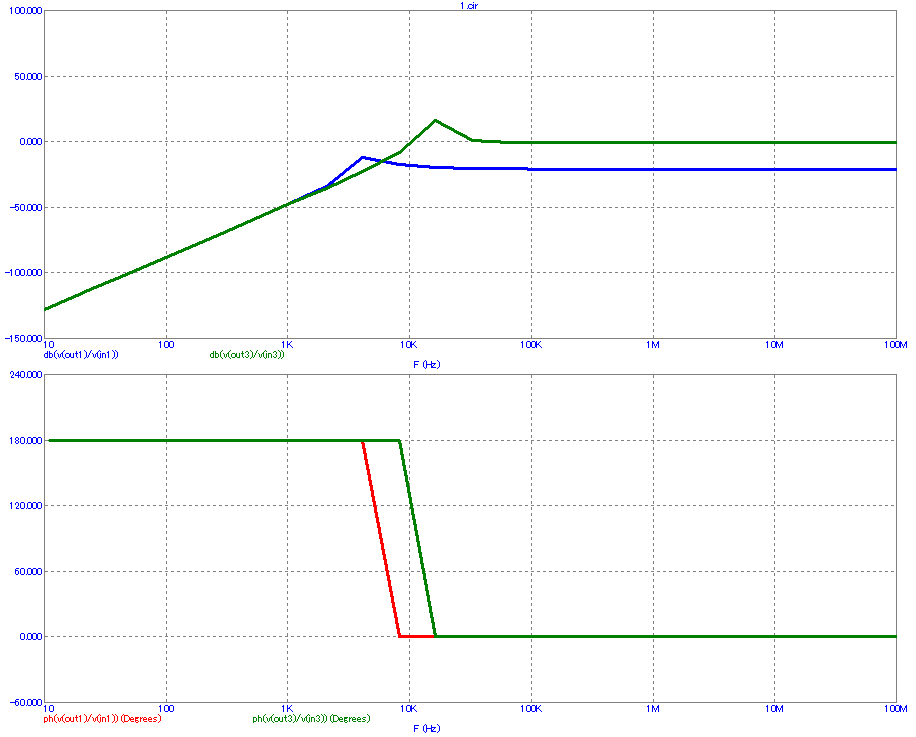
****

Рисунок 1.2 — АЧХ и ФЧХ схемы

Диапазон измерения для АЧХ и ФЧХ выбран от 10 *Гц* до 100 *МГц*.

При составлении электрической схемы входной цепи необходимо предусмотреть элементы, позволяющие выполнять её настройку на заданную частоту (конденсатор переменной ёмкости или варикап), а также подстройку резонансной частоты в небольших пределах.

Расчёт нормированной АЧХ входной цепи, настроенной на частоту , осуществляется по формуле:



где — дискретные значения частот, изменяющиеся с выбранным шагом в диапазоне, перекрывающем значения и .

Расчет нормированной АЧХ произведен в программе *Micro-Cap.*

Первым каналом называется сигнал промежуточной частоты

Частота зеркального канала определяется по формуле:

,

в которой знак минус соответствует нижней настройке гетеродина, знак плюс соответствует верхней настройке гетеродина. Так как настройка гетеродина верхняя, перепишем данную формулу со знаком плюс.

Частота зеркального канала для ;

Частота зеркального канала для ;

Частота соседнего канала равна

Частота соседнего канала для ;

Частота соседнего канала для ;

Коэффициент прямоугольности АЧХ на заданном уровне , определятся по формуле:

,

где и — полосы пропускания входной цепи на уровне и 0,7 соответственно.

**Вывод:** в среде Micro-Cap 9 была реализована электрическая схема одноконтурной входной цепи супергетеродинного приёмника (вид связи с антенной — трансформаторный, вид связи с УРЧ — внешнеемкостной). Был произведён расчёт необходимых параметров одноконтурной входной цепи супергетеродинного приёмника. Также, была получена нормированная амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и фазо-частотные характеристика (ФЧХ) схемы.

Задание 2

Расчет внутренних и внешних параметров диодного смесителя

Вольтамперная характеристика диода, на котором построен диодный смеситель, аппроксимирована функцией (2.1):

Напряжение гетеродина характеризуется амплитудой Umг.

Была составлена электрическая схема диодного смесителя (рис. 2.1).

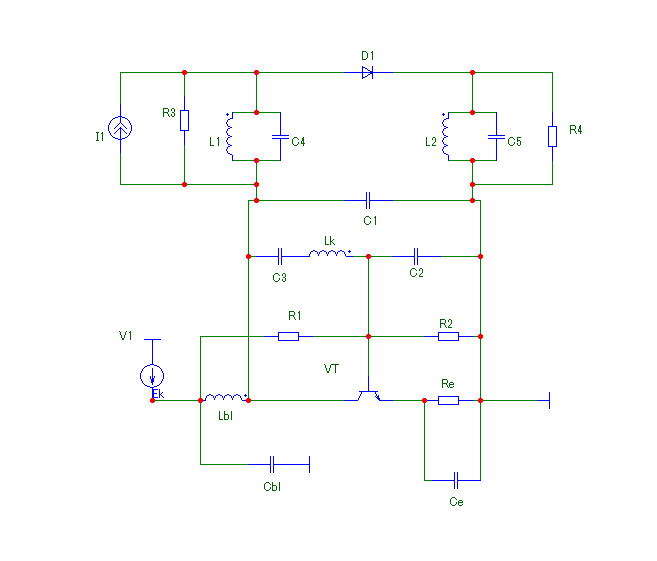


Рисунок 2.1 –– Электрическая схема диодного смесителя

Таблица 2.1 — Исходные данные к заданию 2

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение |
| IS , А | 10-9 |
| a, 1/В | 35 |
| Umг, мВ | 70 |

Внутренними параметрами смесителя называют его *Y*-параметры.

Смесительный диод в первом приближении рассматривается как симметричная активную нелинейная проводимость, которая изменяется периодически под действием напряжения гетеродина.

Крутизна преобразования диодного смесителя определяется по формуле

где *I*1(*aUт*г) — модифицированная функция Бесселя первого порядка от мнимого аргумента *aUт*г.

Расчет модифицированной функции Беселя осуществляется по следующей формуле:

,

где Г- гамма функция, рассчитывается по следующей формуле:

,

где *f* равняется:

,

где *v –* номер порядка.

Соответственно модифицированная функция Бесселя первого порядка от мнимого аргумента *aUт*г будет выглядеть следующим образом:

Тогда крутизна преобразования диодного смесителя равна:

Входная и выходная проводимости диодного смесителя одинаковы и рассчитываются по формуле:

где *I*0(*aUт*г) — модифицированная функция Бесселя нулевого порядка от мнимого аргумента *aUт*г.

Соответственно модифицированная функция Бесселя нулевого порядка от мнимого аргумента *aUт*г будет выглядеть следующим образом:

Тогда крутизна преобразования диодного смесителя равна:

К внешним параметрам смесителя относят коэффициенты передачи прямого и обратного преобразования частоты, коэффициент передачи по мощности, а также входную и выходную проводимости смесителя.

В режиме согласования проводимость нагрузки gн смесителя равна его характеристической проводимости gх:

При этом диодный смеситель имеет одинаковые коэффициенты прямого и обратного преобразования по напряжению

и равные входную и выходную проводимости:

gвх = gвых = gн.

Коэффициент передачи по мощности смесителя определяется выражением:

**Вывод**: согласно теории, у современных резистивных диодных преобразователей частоты, коэффициент передачи по мощности варьируется в пределах от 0.2 до 0.3. Рассчитанный коэффициент передачи по мощности диодного смесителя попадает в указанный промежуток, следовательно, расчеты произведены верно.

Задание 3

Расчет параметров гетеродина (LC-автогенератора)

В соответствии с методикой расчета, выбрать транзистор и рассчитать параметры элементов автогенератора построенного по схеме емкостной трехточки (схема Клаппа) для частоты генерируемых колебаний.

В Microcap собрать схему автогенератора в соответствии с проведенными расчетами, получить график генерируемых колебаний и сравнить их частоту с заданной. Исходные данные представлены в таблице 1.

Схема ёмкостной трёхточки представлена на рис.1.

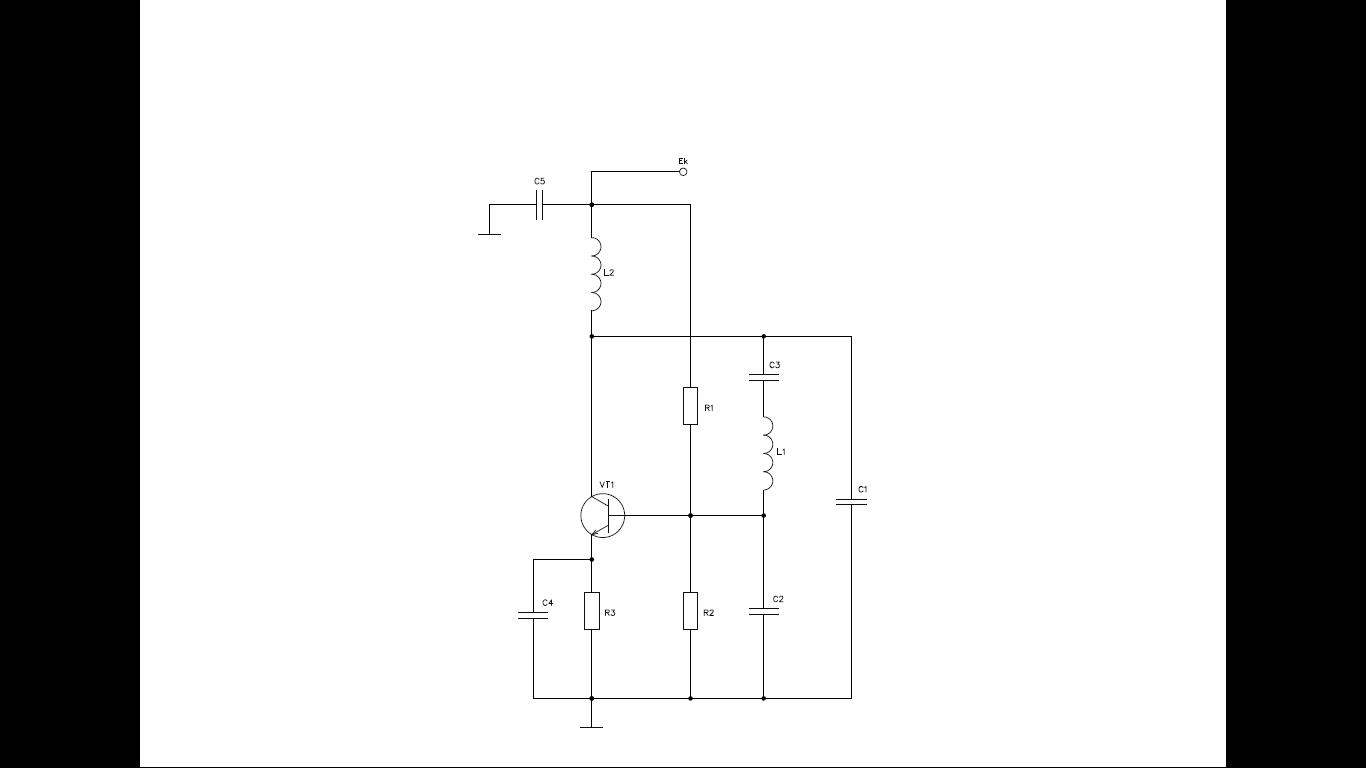


Рисунок 3.1 –– Принципиальная схема ёмкостной трёхточки.

Для расчёта схемы автогенератора выберем транзистор KT3202В. Параметры транзистора представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Параметры транзистора

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип транзистора | Ikmax, мА | Ukmax, В | β0  (h21э) | τк,  пс | Cб,  пФ | Pkmax, мВт | fT,  МГц |
| КТ3102В | 100 | 30 | 500 | 100 | 6 | 250 | 150 |

Параметры, используемые в расчёте представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 -Данные используемые в расчётах

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Обозначение | Значение |
| Температурный потенциал | φT | 0.026В |
| Коэффициент Берга для пост. составляющей | α0 | 0.269 |
| Коэффициент Берга для первой гармоники | α1 | 0.455 |
| Угол отсечки коллекторного тока | θ | 75° |
| Косинус угла коллекторного тока | *cos(θ)* | 0.259 |
| Волновое сопротивление | ρ | 200 Ом |
| Добротность | Q | 150 |
| Граничный коэффициент использования коллекторного напряжения | ξгр | 0.875 |

1. Проверим параметры выбранного транзистора на соответствие заданию.

Амплитуда импульса коллекторного тока:



Сопротивление материала базы:



Крутизна статических ВАХ при низких частотах:



Граничная частота транзистора по крутизне:





Следовательно, данный транзистор пригоден для построения автогенератора заданной частоты.

2. Расчёт параметров схемы

Напряжения источника коллекторного питания:



Коэффициент использования коллекторного напряжения:



Оптимальное значение сопротивления резистора:



Амплитуда первой гармоники коллекторного тока:



Постоянная составляющая коллекторного тока:



Крутизна транзистора по первой гармонике:



Индуктивность катушки контура:



Ёмкость контура:



Коэффициент включения контура в коллекторную цепь:



Отношение ёмкостей:



Значение емкостей в контуре:











Сопротивление ветви контура между базой и эмиттером:



Сопротивление делителя:



Постоянная составляющая тока базы:



Сопротивления R1 и R2:





Ёмкость эмиттера:



В соответствии с рядом Е24:

















3. Моделирование автогенератора в программе Micro-cap:

На рис. 3.2 представлена схема автогенератора в программе Micro-cap.



Рисунок 2 –– Схема ёмкостной трёхточки

На рис. 3.3 и 3.4 представлен результат моделирования рассчитанной схемы.



Рисунок 3.3 –– Выходное напряжение RC-генератора



Рисунок 3.4 –– Выходное напряжение RC-генератора



Полученная частота приблизительно равна заданной.

**Вывод:** в ходе данной работы были рассчитаны значения элементов ёмкостной трёхточки. Полученное значение частоты приблизительно равно заданному.