**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Санкт-Петербургский государственный**

**электротехнический университет**

**«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)**

**Кафедра РЭС**

Курсовая РАБОТА

**по дисциплине «Устройства генерирования и формирования радиосигналов»**

Тема: Проектирование устройства генерирования  
и формирования радиосигналов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студент гр. 1181 |  | Константинов Н.С. |
| Преподаватель |  | Сафин В.Г. |

Санкт-Петербург

2024

# ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

|  |
| --- |
| Студент Константинов Н.С. |
| Группа 1181 |
| Тема работы: проектирование устройства генерирования и формирования радиосигналов |
| Исходные данные:   |  |  |  | | --- | --- | --- | | Тип ОКГ | Частота, МГц | Тип транзистора | | 2 | 4 | ГТ311 |   Табл. 1. Параметры опорного кварцевого генератора |
| Табл. 2. Параметры синтезатора сетки частот   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | Тип ССЧ | Минимальная частота, МГц | Максимальная частота, МГц | Макс. номер комб. сост. | Шаг сетки частот, кГц | | 2 | 5 | 20 | 6 | 1 | |
| Табл. 3. Параметры усилителя мощности   |  |  | | --- | --- | | Тип транзистора | Уровень выходной мощности, Вт | | БТ | 535 | |
| Табл. 4. Параметры модулятора   |  |  | | --- | --- | | Тип модуляции | Тип модулятора | | АЗА | Фазокомпенсационный | |
| Табл. 5. Параметры БКФ   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | Тип фильтра | Коэф. перекрытия | Порядок | Номер фильтра | | ПФ | 1,5 | 5 | 2 | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Предполагаемый объем пояснительной записки:  Не менее 20 страниц. | | |
| Дата выдачи задания: | | |
| Дата сдачи курсовой работы: | | |
| Дата защиты курсовой работы: | | |
| Студент |  | Константинов Н.С. |
| Преподаватель |  | Сафин В.Г. |

# АННОТАЦИЯ

Данная курсовая работа по дисциплине «Радиотехнические цепи и сигналы» посвящена синтезу математической модели согласованного с заданным сигналов фильтра и рассмотрению её характеристик. В ходе выполнения работы были рассчитаны параметры фильтра, согласованного с сигналом. В работе проведён теоретический анализ прохождения сигнала через фильтр, который с ним согласован, а также прохождение через это фильтр прямоугольного видеоимпульса. Проведено сравнение работы согласованного и квазиоптимального фильтра.

**SUMMARY**

This course work on the discipline "Radio circuits and signals" is devoted to the synthesis of the mathematical model of the filter matched to a given signal and consideration of its characteristics. In the course of the work were calculated parameters of the filter matched with the signal. Theoretical analysis of signal passage through the filter, which is matched with it, as well as the passage through this filter rectangular video pulse. The work of the matched and quasi-optimal filter is compared.

# ВВЕДЕНИЕ

Нужен генератор

Одним из основных требований, предъявляемых к генераторам, является обеспечение высокой стабильности частоты генерируемых колебаний, определяющей точность и разрешающую способность радиолокационных и радионавигационных систем, погрешность измерений в устройствах измерительной техники, качественные характеристики и надёжность систем связи, радиовещания и телевидения.

ПЕРЕПИСАТЬ

**СОДЕРЖАНИЕ**

[ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ 2](#_Toc184006684)

[АННОТАЦИЯ 4](#_Toc184006685)

[ВВЕДЕНИЕ 5](#_Toc184006686)

[1. Расчёт параметров и режима работы опорного кварцевого генератора 7](#_Toc184006687)

[1. Расчёт параметров транзистора 8](#_Toc184006688)

[2. Расчёт параметров колебательной системы 9](#_Toc184006689)

[3. Расчет энергетических параметров автогенератора 11](#_Toc184006690)

[4. Расчет цепи питания транзистора 13](#_Toc184006691)

[2. Расчёт оконечного каскада 16](#_Toc184006692)

[1. Параметры биполярного транзистора 16](#_Toc184006693)

[2. Расчёт выходной цепи транзистора 16](#_Toc184006694)

[3. Расчёт входной цепи 19](#_Toc184006695)

[4. Схема оконечного каскада 22](#_Toc184006696)

# Расчёт параметров и режима работы опорного кварцевого генератора

Проектирование устройства происходит на базе транзистора ГТ311, параметры которого приведены ниже, в табл. 6.

Табл. 6. Параметры транзистора ГТ311

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип проводимости | Основные параметры | | | | | | | Предельные параметры | | | |
| fт\_min, МГц | fт\_ma x, МГц | Sгр, А/В | β0 | Еб0, В | Cк, пФ | rб, Ом | Uк.доп, В | uэ-б.доп, В | iк.доп, А | Рк.доп, Вт |
| n-p-n | 300 | 800 | 0,05 | 50 | 0,25 | 3 | 60 | 12 | 2 | 0,05 | 0,15 |

Подбирая кварцевый резонатор, будем руководствоваться следующими соображениями: резонансная частота должна быть несколько ниже ; если имеется несколько резонаторов с требуемой частотой, предпочтение следует отдать резонатору с большей добротностью и меньшим значением .

Таким образом, параметры выбранного резонатора сведены в табл. 7.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| , МГц | , Ом |  | , пФ | , мВт |
| 3,999931 | 44 | 58000 | 4 | 2 |

Табл. 7. Параметры кварцевого резонатора

Для обеспечения высокой стабильности амплитуды колебаний угол отсечки коллекторного тока в стационарном режиме выбирается из условия . Зададимся углом отсечки . Коэффициенты Берга при таком угле осечки равны: ; .

## Расчёт параметров транзистора

Произведём расчёт параметров транзистора и для удобства представления значения параметров транзистора сведём в табл. 8.

#### Максимально возможная амплитуда импульса коллекторного тока транзистора

, значит принимаем .

#### Постоянная составляющая коллекторного тока

#### Первая гармоника коллекторного тока

#### Определение параметров крутизны

#### Амплитуда первой гармоники напряжения на базе транзистора

Табл. 8. Параметры транзистора ОКГ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Величина | Вычисление | Значение | Ед. измерения |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

## Расчёт параметров колебательной системы

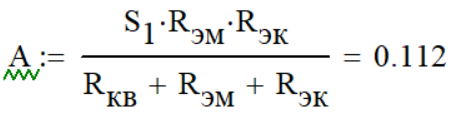
Произведём расчёт параметров колебательной системы и цепи обратной связи. Для удобства представления значения параметров колебательной системы сведены в табл. 9.

#### Сопротивление резистора в эмиттерной цепи

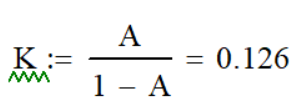
#### Резистивное сопротивление, результирующее параллельного соединения входного сопротивления транзистора и резистора в эмиттерной цепи

#### Зададим эквивалентное сопротивление контура в точках подключения кварцевого резонатора

#### Вспомогательный параметр А



#### Отношение емкостей



#### Эквивалентное сопротивление контура

#### Параметры колебательной системы

#### Индуктивность, нейтрализующая ёмкость кварцедержателя

Табл. 9. Параметры элементов колебательной системы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Величина | Вычисление | Значение | Единица измерения |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

## Расчет энергетических параметров автогенератора

Опираясь на полученные ранее значения параметров транзистора и элементов колебательной системы, рассчитаем энергетические параметры автогенератора. Для удобства представления значения энергетических параметров автогенератора представлены в табл. 10.

#### Вспомогательный параметр

#### Сопротивление коллекторной нагрузки

#### Амплитуда напряжения на коллекторе

#### Напряжение источника коллекторного питания

Напряжение источника коллекторного питания выбирается из условия работы в недонапряжённом режиме: . Принимаем значение .

Рассчитаем для проверки режима работы транзистора:

Т.к. режим работы транзистора подобран корректно.

#### Расчёт мощности, потребляемой от источника напряжения

#### Расчёт мощности, отдаваемой транзистором

#### Расчёт мощности, рассеиваемой на коллекторе

#### Коэффициент полезного действия коллекторной цепи

Для удобства представления сведём все полученные величины в табл. 10.

Табл. 10. Энергетические параметры автогенератора

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Величина | Вычисление | Значение | Ед. измерения |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

## Расчет цепи питания транзистора

#### Постоянная составляющая тока базы

#### Напряжение смещения на базе

#### Ток базового делителя

#### Сопротивление в эмиттерной цепи

#### Напряжение источника коллекторного питания

#### Сопротивление R2 резисторного делителя

#### Сопротивление R1 резисторного делителя

#### Сопротивление резисторного делителя

#### Ёмкость конденсатора

Емкость конденсатора должна быть достаточно велика для обеспечения фильтрации переменной составляющей, но должна обеспечивать стационарный режим колебаний АГ, то есть отсутствие режима прерывистой генерации и самомодуляции.

Подберём значение из стандартного ряда:

#### Ёмкость блокировочных конденсаторов ,

#### Ёмкость

Разделительную емкость выбирают исходя из того, что ее сопротивление должно быть намного меньше сопротивления нагрузки - входного сопротивления датчика опорных частот ().

Подберём значение из стандартного ряда:

Для удобства представления сведём все полученные величины в табл. 11.

Табл. 11. Элементы цепи питания транзистора

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Величина | Вычисление | Значение | Ед. измерения |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

# Расчёт оконечного каскада

## Параметры биполярного транзистора

В соответствии с техническим заданием усилитель мощности в должен быть построен на базе биполярного транзистора. Учтём, что необходимый уровень мощности на выходе –

Для обеспечения необходимого уровня мощности подойдёт модель биполярного транзистора 2Т931А, технические характеристики которого приведены в табл. 12.

Табл. 12. Параметры БТ 2Т931А

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | uк доп, В | iкm доп, А | Iк0 доп, А | fт, МГц | β0=h21оэ | Lэ, нГн |
| 2Т931A | 60 | - | 15 | 400 | 50 | 0.3 |
| Lб, нГн | Lк, нГн | Ск, пФ | rб, Ом | rнас, Ом | Rт п-к, 0С/Вт | tп доп,0С |
| 1.5 | 1.5 | 200 | 0.5 | 0.3 | 0.8 | 160 |

## Расчёт выходной цепи транзистора

#### Температура корпуса

Учитывая параметры транзистора , зададимся температурой корпуса .

#### Мощность, рассеиваемая на коллекторе

#### Напряжение питания коллектора

#### Крутизна линии граничного режима

#### Амплитуда импульса коллекторного тока

Зададим предельное значение .

Выберем количество двухтактных ячеек равное 4.

Тогда,

Угол отсечки .

#### Амплитуда первой гармоники коллекторного тока

#### Амплитуда постоянной составляющей коллекторного тока

Согласно технической документации . Рассчитанное значение соответствует требуемому уровню тока.

#### Остаточное напряжение на коллекторе

#### Амплитуда переменного напряжения на коллекторе

#### Сопротивление нагрузки по первой гармонике, ощущаемое одним транзистором

Стандартного кабеля с таким сопротивлением нет, поэтому возьмём ближайшее стандартное сопротивление (РП- 4-7-11).

Пересчитаем полученные ранее данные согласно подобранному волновому сопротивлению.

#### Амплитуда импульса коллекторного тока

#### Амплитуда первой гармоники коллекторного тока

#### Амплитуда постоянной составляющей коллекторного тока

#### Остаточное напряжение на коллекторе

#### Амплитуда переменного напряжения на коллекторе

Согласно технической документации . Рассчитанное значение соответствует требуемому уровню напряжения.

#### Мощность по первой гармонике, отдаваемая в нагрузку одним транзистором

#### Мощность, потребляемая транзистором от источника питания

#### Мощность, рассеиваемая на коллекторе

#### Коэффициент полезного действия по цепи коллектора

## Расчёт входной цепи

Физическая эквивалентная схема транзистора (рис.3а), эквивалентная схема (рис. 3б), в структуре которой отсутствуют связи входной и выходной цепей.

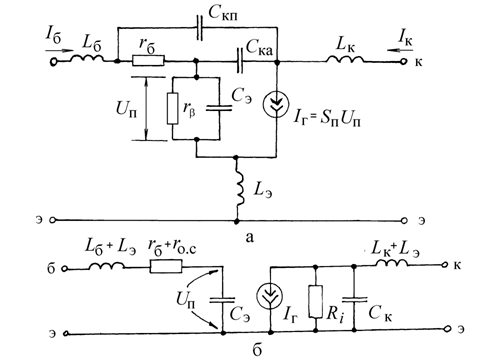


Рис. 1. Эквивалентные схемы биполярного транзистора

#### Выходное сопротивление транзистора

Выходное сопротивление транзистора на частотах выше , обусловленное внутренней обратной связью через ёмкость коллекторного перехода :

При работе транзистора с отсечкой коллекторного тока необходимо учитывать эффект увеличения эквивалентного сопротивления по первой гармонике

- коэффициент приведения внутреннего сопротивления ( при угле отсечки ).

#### Нагрузочный коэффициент

Нагрузочный коэффициент, учитывающий уменьшение коллекторного тока по отношению к току внутреннего генератора

#### Индуктивная и резистивная составляющие входного сопротивления транзистора

Учтём, что , .

#### Добротность входной цепи на верхней рабочей частоте

#### Усреднённое за время протекания тока значение крутизны транзистора по переходу

#### Усреднённое значение диффузионной ёмкости открытого эмиттерного перехода

#### Первая гармоника тока внутреннего генератора в эквивалентной схеме транзистора

Первая гармоника коллекторного тока транзистора при коротком замыкании нагрузки

#### Амплитуда напряжения на эмиттерном переходе в открытом состоянии

#### Эквивалентная емкость входной цепи

Учтём, что резонансная частота последовательного контура, которому эквивалентна входная цепь транзистора с учетом коррекции, выбирается равной верхней рабочей частоте усилителя

#### Ёмкость корректирующего конденсатора

Для обеспечения требуемого значения последовательно с базой транзистора включается корректирующий конденсатор

#### Корректирующий резистор

#### Параметры элементов цепи балластной нагрузки

#### Амплитуда напряжения на входе корректирующей цепи одного плеча усилителя

#### Мощность, необходимая для возбуждения каскада

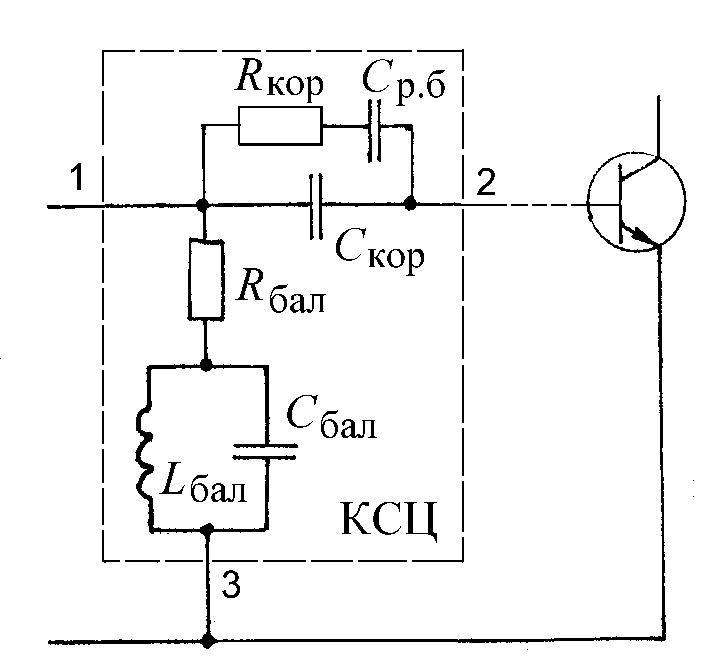


Рис. 2. Цепь коррекции

#### Коэффициент усиления каскада по мощности

## Схема оконечного каскада

#### Расчёт параметров разделительных элементов

Подберём значение из стандартного ряда:

Индуктивность .

Подберём значение из стандартного ряда:

Емкость

Подберём значение из стандартного ряда:

Емкость 1

Подберём значение из стандартного ряда:

Емкость

Подберём значение из стандартного ряда:

Емкость - она предотвращает замыкание источников смещения в базовой цепи через проводники линий входного трансформатора

Подберём значение из стандартного ряда:

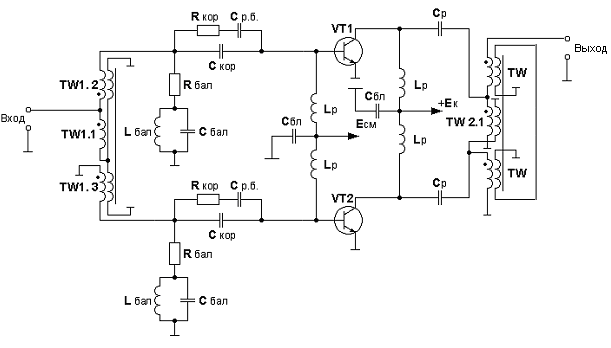
****

Рис. . Схема оконечного каскада