Уральский Государственный Технический Университет

Радиотехнический факультет

Кафедра Радиопередающих устройств

"Устройства формирования и генерирования сигналов"

"Оконечный каскад однополосного связного передатчика"

Екатеринбург 2004

**Задание**

Составить структурную схему однополосного связного передатчика, рассчитать режим оконечной ступени со следующими параметрами:

* Диапазон рабочих частот 1,8-3,0 МГц;
* Мощность 6,0 Вт;
* Антенна провод длиной 20 м;
* Подавление внеполосных излучений 40 дБ;
* Питание от аккумуляторов устройство 12 В.

Рассчитать согласующее устройство оконечной ступени и пояснить назначение всех элементов схемы.

**Содержание**

Введение 4

Расчетная часть 5

1.1 Выбор и обоснование структурной схемы передатчика 5

1.2 Выбор транзистора для выходной ступени передатчика 5

2. Расчет режима оконечной ступени 8

2.1 Расчет коллекторной цепи 8

2.2 Расчет базовой цепи 10

1.3 Расчет антенны 13

1.4 Расчет согласующей цепи оконечной ступени с антенной 13

1.5 Конструктивный расчет параметров катушек 14

Назначение элементов схемы 19

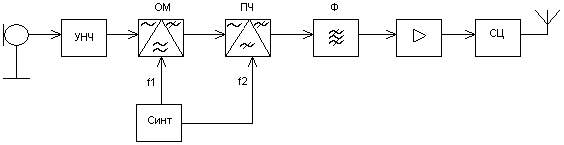
Заключение 21

# Введение

Радиопередающее устройство (РПУ) – необходимый элемент любой системы передачи информации по радио – будь то система радиосвязи, навигационная или телеметрическая системы. Параметры радиопередатчиков разнообразны и определяются конкретными техническими требованиями к системе передачи данных. РПУ представляет собой достаточно сложную систему, в состав которой входит высокочастотный тракт, модулятор для управления колебаниями высокой частоты в соответствии с передаваемой информацией, источники питания, устройства охлаждения и защиты. Связные коротковолновые (f=1,5-30 МГц) передатчики работают в режиме однополосной модуляции и используются для звуковой связи.

# Расчетная часть

## 1.1 Выбор и обоснование структурной схемы передатчика



УНЧ – усилитель низкой частоты;

ОМ – однополосный модулятор (в который входит амплитудный модулятор и фильтр, выделяющий одну из боковых);

ПЧ – преобразователь частоты однополосно-модулированных колебаний;

Ф – фильтр для подавления побочных продуктов при преобразовании частоты;

Синт – источник необходимых поднесущих колебаний;

СЦ – согласующая цепь.

Сигнал с микрофона через предварительный усилитель низкой частоты попадает в однополосный модулятор, где сигнал модулирует некоторую промежуточную частоту (например, f1=128 кГц). Затем однополосный модулированный сигнал подается на преобразователь частоты и переносится на частоту f2, которую можно менять в некотором диапазоне. Затем однополосно-модулированный сигнал подается на оконечный усилитель и через согласующую цепь на антенну.

## 1.2 Выбор транзистора для выходной ступени передатчика

Мощность в фидере связного КВ передатчика, работающего в диапазоне 1,8-3,0 МГц равна 6,0 Вт. Т.к. между фидерным разъемом коллекторной цепью транзистора стоит цепь связи, на сопротивлениях потерь элементов цепи связи бесполезно теряется часть колебательной мощности, генерируемой транзистором. В зависимости от схемы цепи согласования, мощности и рабочей частоты передатчика величина КПД цепи связи ηЦС = 0,7…0,9. Примем величину ηЦС = 0,7. Мощность, на которую следует рассчитывать ГВВ, равна: Р1 = РФ/ηЦС = 6 / 0,7 = 8,57 Вт.

Справочная величина мощности, отдаваемой транзистором, должна быть не менее 12 Вт.

В однополосных связных передатчиках используются биполярные транзисторы коротковолнового диапазона (1,5-30 МГц) с линейными проходными характеристиками. По диапазону частот и по заданной мощности можно выделить следующие транзисторы 2T951Б, 2Т955А, 2Т921А. 2Т951Б, 2Т955А.

При одинаковой выходной мощности ГВВ на этих приборах будут иметь разный КПД и коэффициент усиления по мощности. Из группы транзисторов нужно выбрать тот, который обеспечивает наилучшие электрические характеристики усилителя мощности.

Коэффициент полезного действия каскада связан с величиной сопротивления насыщения транзистора – r НАС. Чем меньше его величина, тем меньше остаточное напряжение в граничном режиме и выше КПД генератора.

Коэффициент усиления по мощности КР зависит от ряда параметров транзистора – коэффициента передачи тока базы βО, частоты единичного усиления

f T и величины индуктивности эмиттерного вывода LЭ. При прочих равных условиях КР будет тем больше, чем выше значение βО, f T и меньше LЭ.

Из приведенных транзисторов минимальный rНАС у транзистора 2Т951Б.

rНАС=2,4 Ом;

rэ=0 Ом;

rб=3 Ом;

β0=32;

fт=194 МГц;

Ск=65 пФ;

Сэ=600 пФ;

Lэ=3,8 нГн;

Uкэ.доп=60 В;

Uбэ.доп=4 В;

Iк0=3 А;

Eотс=0,7В;

Диапазон рабочих частот – 1.5..30МГц;

PН=20 Вт;

Режим работы – линейный, <-30дБ.

## 2. Расчет режима оконечной ступени

### 2.1 Расчет коллекторной цепи

Определим коэффициент использования выходного напряжения (Uвых).



Возьмем угол отсечки (θ) равным 900, что обеспечит лучшую линейность амплитудных характеристик усилителя, тогда α1(θ) = 0,5; при Ек=12В, ξгр получается комплексным, чтобы этого избежать увеличим Ек.



При Ек=28В ξгр получается равным 0,881, что обеспечивает приемлемый КПД.

Определим амплитуду напряжения между коллектором и эмиттером в граничном режиме:

Uкгр = Ек·ξгр;

Uкгр = 28В·0,881 = 24,664 В.

Найдем первую гармонику тока коллектора:



Определим постоянную составляющую коллекторного тока:



Определим подводимую мощность P0.

P0 = Eк·Iк0,

P0 = 28·0,443 ≈ 12,417 Вт < Pдоп = 1/2Uкэдоп ·Iк0доп = 0,5\*36В\*8А = 144 Вт.

Определим мощность, рассеиваемую в виде тепла:

Pк1 = P0 - P1,

Pк1 = 12,417 – 8,57 = 3,845 Вт.

Определим коэффициент полезного действия (η).



Определим сопротивление коллектора (Rк)



### 2.2 Расчет базовой цепи

Рассчитаем амплитуду тока базы:



где χ = 1 + γ1(θ) 2πfТCкRк

χ = 1 + 0,5·2·3,14·100·106·65·10-12·35,484 ≈ 2,15



Постоянные составляющие базового и эмиттерного токов:

Iб0 = I к0/β 0

Iб0 = 0,934/26 = 0,014А;

Iэ0 = Iк0 + Iб0

Iэ0 = 0,443 + 0,014 = 0,475А.

Максимальное обратное напряжение на эмиттерном переходе, для того чтобы Uбэ мах было меньше с Uбэ доп Rд (сопротивление резистора, включенного по РЧ между базой и эмиттером) должно быть 8 Ом, но Rд>>rβ=0.034 Ом:



Напряжение смещения на эмиттерном переходе:



Для того чтобы не вводить отдельный источник питания для подачи отрицательного смещения, можно использовать схему с автосмещением. Если взять напряжение смещения по постоянному току 0,7В, то Rсм=2,8 Ом; Ссм=8,8 мкФ (XCсм на частоте 1,8 МГц должно быть много меньше Rсм). Uост=28В‑24,664В=3,336В => R3=(Uост/Iк0) – Rсм=4,73 Ом.

Rкэ вычисляем зная Iб0, Eп и Rд. (Еп-Еб)/Rкэ=Iб0+Еб/Rд Rкэ=Rд(Еп-Еб)/(Iб0Rд+Еб)= =268,966 Ом.

Рассчитаем элементы схемы:



LвхОЭ = 3,8·10-9 + 3,8·10-9/2,15+5·10-9 ≈ 10,567 нГн;



Входное сопротивление транзистора (Zвх = rвх + jXвх):



δ=0,1; α1=0,93; α2=0,68.



Входная мощность:



Коэффициент усиления по мощности транзистора:

kp = P1/Pвх; kp1 = 8,57/0,832=10,306; kp2 = 8,57/0,924=9,276.

## 1.3 Расчет антенны

λ1=с/f1=3·108м/с / 1,8·106с-1=166,67 м.

λ2=с/f2=3·108м/с / 3·106с-1=100 м.

1. Из конструктивных соображений выберем для антенны провод сечением 2 мм2, соответственно радиус провода – 0,798 мм.
2. Длина антенны значительно меньше длины рабочей волны , тогда волновое сопротивление антенны рассчитываем по формуле:



Ом



1. Найдем входное сопротивление:

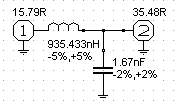
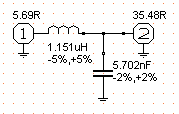
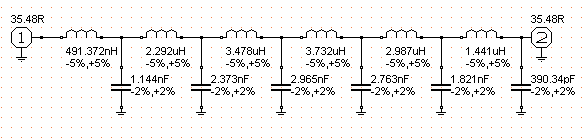


## 1.4 Расчет согласующей цепи оконечной ступени с антенной

Согласующая цепь должна включать в себя:

* + фильтр нижних частот, обеспечивающий затухание 40 дБ на частоте равной 2∙fн, и 0дБ на частоте fв, тогда будет обеспечено заданное подавление внеполосных излучений на всем рабочем диапазоне. Входное и выходное сопротивления равны Rк=35,48 Ом.
  + перестраиваемый трансформатор сопротивлений, обеспечивающий преобразование выходного сопротивления оконечного усилительного каскада к активному сопротивлению антенны.
  + перестраиваемое устройство, компенсирующее реактивную составляющую входного сопротивления антенны.

Фильтр нижних частот, удовлетворяющий выше указанным условиям, выбираем при помощи программы RFSim и трансформатор сопротивлений.



Т.к. реактивная составляющая входного сопротивления антенны меньше нуля, то антенну можно представить в виде последовательно соединенных конденсатора и резистора. Для компенсации реактивной составляющей входного сопротивления антенны, последовательно с антенной необходимо поставить катушку индуктивности такого же сопротивления (L=Xc/2πf). Соответственно, эта катушка должна быть перестраиваемой в пределах от 292/(2∙3,14∙1,8∙106)=2,58∙10-5 Гн до 89/(2∙3,14∙3∙106)=4,72∙10-6 Гн.

## 1.5 Конструктивный расчет параметров катушек

Порядок расчета.

**1.** Задаются отношением длины намотки катушки l к ее диаметру D (для катушек диаметром до 50 мм обычно берут l/D=0.5…0.8, а для больших катушек мощных каскадов l/D=1…2).

**2.** Диаметр провода катушки выбираем исходя из соображений ее допустимого нагрева:



где d – диаметр провода, [мм];

I – радиочастотный ток, [А];

ΔT – разность температур провода и окружающей среды, [К] (для катушек ГВВ принимают ΔT=40…50 К);

f – частота тока, [МГц].

**3.** Выбирается шаг намотки (теоретические исследования и практика проектирования рекомендуют g=(1.3…1.5) d).

**4.** Число витков спирали катушки

,



где Lрасч – расчетное значение индуктивности, [Гн];

D – диаметр катушки, [мм];

F (l/D) – коэффициент формы катушки

Расчет.

Ток протекающий в катушке индуктивности Lбл1 это ток Iб0=0,014А, ток протекающий в катушке индуктивности Lбл2 это ток Iк0=0,443А, ток протекающий в катушках индуктивности фильтра, трансформатора сопротивлений и компенсирующей катушки будет не больше .



Соответственно, диаметры проводов катушек будут: 7,42 мкм; 0,235 мм 0,26 мм.

Расчет.

Блокировочные.

Катушка Lбл1=5 мГн; d=0,01 мм; Iб0=0,014А;

Внешний диаметр – 20,02 мм.

Внутренний диаметр – 20,01 мм.

Шаг между витками – 0,01 мм.

Длина катушки – 3,88 мм.

Длина провода – 24,39 м.

Количество слоев – 1.

Количество витков – 388.

Количество витков в слое – 388.

Количество витков в слое – 87.

Индуктивность – 4,993463 мГн.

Катушка Lбл2=5 мГн; d=0,25 мм; Iк0=0,443А;

Внешний диаметр – 23,5 мм

Внутренний диаметр – 21,75 мм

Шаг между витками – 1,75 мм

Длина катушки – 21,89 мм

Длина провода – 41,89 м

Количество слоев – 7

Количество витков – 613

Количество витков в слое – 87

Индуктивность – 5,002767 мГн.

Фильтр.

Катушка L1=0,491 мкГн; d=0,3 мм; Iб0=0,491А;

Внешний диаметр – 10,6 мм

Внутренний диаметр – 10,3 мм

Шаг между витками – 0,3 мм

Длина катушки – 1,5 мм

Длина провода – 0,16 м

Количество слоев – 1

Количество витков – 5

Количество витков в слое – 5

Индуктивность – 0,000441 мГн

Катушка L2=2,29 мкГн; d=0,3 мм; Iб0=0,491А;

Внешний диаметр – 10,6 мм

Внутренний диаметр – 10,3 мм

Шаг между витками – 0,3 мм

Длина катушки – 4,2 мм

Длина провода – 0,45 м

Количество слоев – 1

Количество витков – 14

Количество витков в слое – 14

Индуктивность – 0,00228 мГн

Катушка L3=3,48 мкГн; d=0,3 мм; Iб0=0,491А;

Внешний диаметр – 10,6 мм

Внутренний диаметр – 10,3 мм

Шаг между витками – 0,3 мм

Длина катушки – 5,7 мм

Длина провода – 0,61 м

Количество слоев – 1

Количество витков – 19

Количество витков в слое – 19

Индуктивность – 0,00354 мГн

Катушка L4=3,73 мкГн; d=0,3 мм; Iб0=0,491А;

Внешний диаметр – 10,6 мм

Внутренний диаметр – 10,3 мм

Шаг между витками – 0,3 мм

Длина катушки – 6 мм

Длина провода – 0,65 м

Количество слоев – 1

Количество витков – 20

Количество витков в слое – 20

Индуктивность – 0,0038 мГн

Катушка L5=2,99 мкГн; d=0,3 мм; Iб0=0,491А;

Внешний диаметр – 10,6 мм

Внутренний диаметр – 10,3 мм

Шаг между витками – 0,3 мм

Длина катушки – 5,1 мм

Длина провода – 0,55 м

Количество слоев – 1

Количество витков – 17

Количество витков в слое – 17

Индуктивность – 0,00303 мГн

Катушка L6=1,44 мкГн; d=0,3 мм; Iб0=0,491А;

Внешний диаметр – 10,6 мм

Внутренний диаметр – 10,3 мм

Шаг между витками – 0,3 мм

Длина катушки – 3 мм

Длина провода – 0,32 м

Количество слоев – 1

Количество витков – 10

Количество витков в слое – 10

Индуктивность – 0,00137 мГн

Трансформатор сопротивления(минимальное).

Катушка Lтр=0,935 мкГн; d=0,3 мм; Iб0=0,491А;

Внешний диаметр – 10,6 мм

Внутренний диаметр – 10,3 мм

Шаг между витками – 0,3 мм

Длина катушки – 2,4 мм

Длина провода – 0,26 м

Количество слоев – 1

Количество витков – 8

Количество витков в слое – 8

Индуктивность – 0,000963 мГн

Компенсирующая катушка индуктивности.

Катушка L6=4,72 мкГн; d=0,3 мм; Iб0=0,491А;

Внешний диаметр – 10,6 мм

Внутренний диаметр – 10,3 мм

Шаг между витками – 0,3 мм

Длина катушки – 6,9 мм

Длина провода – 0,74 м

Количество слоев – 1

Количество витков – 23

Количество витков в слое – 23

Индуктивность – 0,00460 мГн

Lбл1, Lдл2 – фильтрует ВЧ составляющую в цепи питания, 2πfLдл2, 2πfLдл1>>Rкэ,

Lбл1= Lбл2=5мГн,

L1-L6, С1-С6 – фильтр нижних частот;

Lтр, Стр –трансформатор сопротивлений;

Lком – компенсирующая катушка индуктивности;

Ср1, Ср2 – развязывают каскады по постоянному току, 1/(2πfCбл1)<<Rкэ, Cбл1=Сбл2=0,1 мкФ.

Rкэ и Rд – устанавливают напряжение смещения на эмиттерном переходе, Rкэ=269Ом, Rд=8 Ом.

Rсм и Сcм – цепь автосмещения, Rсм=2,8 Ом, Ссм=8,8 мкФ.

L1, L2, C1, C2 – трансформатор сопротивления и фильтр, отфильтровывающий высшие гармоники. С1=6,479 нФ, С2=23,92 нФ, L1=4,83 мкГн, L2=1,308 мкГн.

VT – транзистор, ответственный за управляемый перенос мощности источника питания в нагрузку.

# Заключение

В результате выполнения данного курсового проекта был произведен расчет оконечного каскада передатчика и цепи согласования с антенной удовлетворяющий техническому заданию. Составлена структурная схема РПУ, соответствующая принципиальной схеме. Принципиальная схема приведена в приложении. Проведено пояснение назначения всех элементов схемы. Таким образом, задание и цели курсового проекта можно считать выполненными.