МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

"ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ" (ГОУВПО "ВГТУ")

Радиотехнический факультет

Кафедра радиотехники

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине "Устройства генерирования и формирования сигналов"

Тема курсового проекта Радиопередатчик радиорелейной линии с цифровой модуляцией

Расчетно-пояснительная записка

Воронеж 2010

**Содержание**

Введение

1. Выбор структурной схемы разрабатываемого устройства

2. Расчёт структурной схемы разрабатываемого устройства

3. Электрический расчёт автогенератора

4. Электрический расчёт модулятора

Заключение

Список используемой литературы

**Введение**

Радиорелейная связь —радиосвязь, осуществляемая при помощи цепочки приёмо-передающих радиостанций, как правило, отстоящих друг от друга на расстоянии прямой видимости их антенн. Каждая такая станция принимает сигнал от соседней станции, усиливает его и передаёт дальше — следующей станции. Применительно к радиорелейной связи термин«relay» означает восстановление сигналов на каждой промежуточной станции, замену слабого сигнала сильным. Радиорелейнуюсвязь используют для многоканальной передачи телефонных, телеграфных и телевизионных сигналов на дециметровых и сантиметровых волнах. Диапазоны ДМ и СМ волн выбраны потому, что в них возможна одновременная работа большого числа радиопередатчиков с шириной спектра сигналов до нескольких десятков МГц, низок уровень атмосферных и индустриальных помех радиоприёму, возможно применение остронаправленных антенн. Т. к. устойчивое распространение ДМ и СМ волн происходит только в пределах прямой видимости, то для связи на больших расстояниях необходимо сооружать значительное количество ретрансляционных станций. Для того чтобы расстояние между станциями было как можно больше, их антенны устанавливают на мачтах или башнях высотой 70—100 м, по возможности на возвышенных местах. На равнинной местности расстояние между станциями обычно составляет 40—50 км, но применение (в отдельных звеньях цепочки) станций тропосферной радиосвязи позволяет увеличить это расстояние до 250—300 км. Радиорелейная связь обеспечивает многоканальность, высокую пропускную способность, большую дальность связи, дуплексность каналов и трактов, строгую нормированность качественных показателей и электрических характеристик каналов и трактов, низкий уровень в них шумов и помех. Радиорелейная связь сочетает в себе достоинства как радиосвязи, так и проводной многоканальной связи и занимает промежуточное положение: многоканальные сигналы передаются и принимаются средствами радиосвязи, но формируются, особенно при частотном уплотнении, средствами проводной связи. При этом радиорелейные линии обеспечивают такое же качество связи и достоверность передачи информации, как и линии проводной дальней связи. К недостаткам радиорелейной связи можно отнести необходимость обеспечения прямой геометрической видимости между антеннами соседних станций, необходимость использования высокоподнятых антенн, использование промежуточных станций для организации связи на большие расстояния, что является причиной снижения надежности и качества связи, громоздкость аппаратуры, сложность в строительстве радиорелейных линий в труднодоступной местности. Несмотря на недостатки, радиорелейные линии связи получили широкое распространение во всех областях народного хозяйства, а также в вооруженных силах для управления войсками. Радиорелейные линии широко используются для коммерческой связи и для обмена программ вещания и телевидения между различными странами всех континентов.

РРЛ классифицируют по следующим взаимосвязанным признакам:

• скорости передачи, в зависимости от которой различают РРЛ:

– высокоскоростные (скорость передачи свыше 140 Мбит/с);

– среднескоростные (до 52 Мбит/с);

– низкоскоростные (до 8 Мбит/с);

• емкость

– однопролетные;

– многопролетные.

Современная аппаратура для радиорелейных линий и сетей связи прямой видимости выпускается на диапазоны частот 2, 4, 6, 8, 11, 13, 15, 17, 23, 27 и 38 ГГц. Основной принцип работы радиорелейной линии связи — многоканальный сигнал поступает по соединительной линии на оконечную станцию РРЛ от междугородной телефонной станции.На оконечной станции проходит процесс модуляции. Модуляция очень часто делается на промежуточной частоте 70 или 140 МГц (существуют и другие стандарты). После модуляции сигнал промежуточной частоты подается в передатчик. Передатчик предназначен для преобразования модулированного сигнала промежуточной частоты в рабочий диапазон частот линии связи, усиления сигнала и подачи его в антенно-фидерный тракт. Усиленный в передатчике сигнал с мощностью от десятков милливатт до нескольких ватт подается в антенну с коэффициентом усиления 35-45 дБ и излучается в направлении приемной станции.

Главной задачей курсового проектирования является выбор наиболее эффективных путей реализации технических условий на проектируемое устройство. Обязательны требования по обеспечению электромагнитной совместимости – допустимые нестабильности радиочастоты и уровни побочных и внеполосных излучений.

Целью данного курсового проекта является разработка передатчика для оконечной станции радиорелейной линии связи с восьмиуровневой относительной фазовой манипуляцией в качестве вида модуляции.

При относительной фазовой модуляции в зависимости от значения информационного элемента изменяется только фаза сигнала при неизменной амплитуде и частоте. Причем каждому информационному биту ставится в соответствие не абсолютное значение фазы, а ее изменение относительно предыдущего значения. В данном случае модуляция - восьмиуровневая, то есть каждому повороту фазы соответствует три бита информационной последовательности, а значит фаза в зависимости от значения три-бита (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 и 111), фаза сигнала может измениться на 0°,45°, 90°,135°, 180°,225°, 270° и 315° соответственно.

**1. Выбор структурной схемы разрабатываемого устройства**

Выполнение предъявляемых к современному передатчику технических требований оказывается сложной задачей. Для удовлетворения всех требований приходится использовать прием разделения функций между отдельными составными частями устройства так, чтобы каждая часть выполняла в полной мере свою задачу, в соответствии с установленными требованиями, и не мешала бы другим частям устройства столь же точно выполнять их функции. Структурная схема дает возможность увидеть устройство и принципы работы прибора уже на самом раннем этапе проектирования, она позволяет разработчику выбрать оптимальную структуру передатчика, определить количество составных частей и технические требования к ним. Проще говоря, структурная схема дает возможность увидеть устройство и принципы работы прибора уже на самом раннем этапе проектирования. Структурная схема разрабатываемого передатчика приведена на рисунке 1.

По данной структурной схеме можно достаточно подробно описать разрабатываемое устройство, определить необходимое усиление определённых каскадов.

Сигнал от абонента поступает на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП), далее цифровой сигнал поступает на один из входов формирователя три-битной последовательности в модуляторе (М) в который подаётся сигнал с генератора промежуточной частоты (ПЧ). После чего через элементы задержки, в зависимости от цифровой последовательности, коммутатор, также находящийся в модуляторе, подключает на выход сигнал с генератора ПЧ. Модулированный на промежуточной частоте сигнал пропускается через полосовой фильтр (ПФ1), усиливается в предварительном усилителе (ПУ) и переносится на СВЧ при помощи смесителя СВЧ. На смеситель СВЧ через вентиль подаётся СВЧ сигнал, вентиль нужен для того, чтобы в случае рассогласования отразившийся сигнал не вывел из строя генератор. Перенесённый на СВЧ сигнал снова усиливается основным усилителем (У), фильтруется полосовым фильтром (ПФ) и подводится к антенне, для излучения его в эфир. Вентиль, стоящий перед полосовым фильтром, нужен для того, чтобы в случае рассогласования с антенной или фильтром, отражённый сигнал не повредил цепи усилителя и смесителя СВЧ.

**2. Расчёт структурной схемы разрабатываемого устройства**

В результате расчета структурной схемы определяется число каскадов, уточняется их вид, взаимосвязь и общие характеристики.

Расчет начинается с последнего каскада структурной схемы, так как в соответствии с заданием проектируемый передатчик должен обеспечить на выходе требуемые характеристики.

Сопротивление нагрузки: 50 Ом.

Минимальная мощность (Pn), отдаваемая транзистором оконечного каскада (ОК) в нагрузку: 28 Вт.

Несущая частота: 1.7 ГГц.

Колебательная мощность, отдаваемая транзистором ОК:

Pk=1.2\*Pn(1)

По формуле (1) получаем: Рk= 33.6 Вт.

В усилительных каскадах передатчиков, чтобы исключить возможность самовозбуждения, обычно, используют транзисторы, не имеющие большой запас по граничной частоте и рассеиваемой мощности. При выборе транзистора, чаще всего, задаются следующими условиями:

0.3fT<f0 <fT (2)

где – рабочая частота, – граничная частота передачи тока по схеме с общим эмиттером

Как видно из формулы (2), для достижения требуемых параметров усилителя нам подойдёт транзистор КТ948А (параметры транзистора приведены в приложении А).

Коэффициент усиления по мощности каскада определяется по формуле:

 , (3)

где Kpt = 10, ft = 1950, Pt = 40 и Ekt = 45 – экспериментальные параметры транзистора (приложение 1), f=1700 МГц – частота усиливаемого сигнала, P1=28 Вт – мощность усилителя, Ek – напряжение питания.

По формуле (3) получаем коэффициент усиления по мощности ОК: Kp=12.8.

Мощность, поступающая с выхода предоконечного каскада(ПОК) на вход ОК определяется по формуле:

 (4)

Из формулы (4) получаем Pvh=2.625 Вт, то есть на выходе ПОК, с учётом потерь в согласующей цепи, мы должны обеспечить мощность 3.1Вт.

Выберем транзистор для предоконечного каскада типа 2Т937Б-2. Его характеристики приведены в приложении А. Коэффициент усиления пред-оконечного каскада рассчитывается также, как и для ОК и равен Kpпок=40.

Для увеличения стабильности ПОК можно ввести в его цепи дополнительные затухания и тем самым уменьшить коэффициент усиления доKpпок=20. Мощность, поступающая на вход ПОК со смесителя рассчитывается по формуле (4) и составляет Pvhпок=0.156 Вт.

Таким образом для обеспечения выходной мощности передатчика необходимо использовать два каскада основного усиления реализованных на транзисторах КТ948А и 2Т937Б-2. Характеристики выбранных транзисторов приведены в приложении А. Далее необходимо обеспечить необходимую мощность на выходе смесителяPvihсм=0.156 Вт. Приняв во внимание, что коэффициент полезного действия смесителя составляет ηсм = 30…50%, мощность на входе смесителяPvhсм = 0.156/0.3= 0.52 Вт.

Далее необходимо определить полосу частот занимаемую информационным сигналом:

(5)

Согласно техническому заданию число каналов 360, к каждым пятнадцати каналам добавляется один служебный, поэтому число каналов возрастёт до 384. Так как в качестве типа модуляции выбрана 8ОФМ, то для такого количества каналов можно выбрать скорость передачи B = 2.048Мбит/с, а m = 3. Подставляя данные в формулу (5) получим полосу частот больше чем 1.5МГц. Для обеспечения допустимого уровня искажений примем полосу 7МГц.

Выходное сопротивление нашего каскада необходимо согласовать с фидером ведущим к антенне сопротивлением 50 Ом. Согласование проведем с помощью микрополосковых линий. Определим волновое сопротивлении линии и ее электрическую длину по формулам:

 (6)

 (7)

Получаем

=118 Ом, =1.57

С помощью программы TXLINE 2003 определим параметры микрополосковой линии . Экран программы приведен на рисунке 2

С помощью программы определили:

Материал диэлектрика – воздух

Материал напыления - медь

Длина микрополосковой линии (L) - 43.9 мм

Ширина микрополосковой линии(W) – 0.29 мм

Толщина микрополосковой линии – 0.254 мм

Толщина напыления меди – 0.001 мм

**3. Электрический расчёт схемыавтогенератора**

Электрический расчёт автогенератора проводится с использованием ЭВМ. Основным программным обеспечением для математических расчётов являлся пакет математического моделирования Mathcad 15. Также по данным расчёта было проведено моделирование данного генератора в программе ElectronicWorkbench.

Так как генератор рассчитывается для применения в качестве генератора промежуточной частоты в модуляторе, то следует обратить внимание на условия выбора его частоты.

Обязательным условием успешной реализации УМ на несущей частоте является [3]:

*F*гр,max<<*F*н<<*F*раб (8)

где*F*гр,max— высшая модулирующая частота группового тракта, Fн — унифицированная несущая частота,Fраб— рабочая частота передатчика. Только при условии *F*гр,max<<*F*н может быть получена глубокая и линейная ФМ, а при условии *F*н<<*F*рабобеспечивается требуемая стабильность частоты.

На практике применяются три значения *F*н: 35,70, 140 МГц. Частота 35 МГц применяется при рабочих частотах *F*раб< 1 ГГц и небольшом числе каналов; *F*н = 70 МГц — при Fраб>> 1 ГГц и числе каналов до 1800; в новых системах с числом каналов больше 1800 и при высоких несущих частотах (Fраб> 5 ГГц) более целесообразна Fн = 140 МГц.Так как Fраб= 1.7ГГц и число каналов 360, то выбрана частота*F*н = 70 МГц.

В качестве расчётной, выбрана схема кварцевого автогенератора с резонатором между коллектором и базой[22].

Принципиальная схема кварцевого автогенератора представлена на рисунке 3.

В качестве активного элемента для данной схемы выбран транзистор КТ324А, параметры которого представлены в таблице 1.

Таблица 1– Основные параметры транзистора КТ324А

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Структура | Макс.напр.к-б, В | Макс. напр. к-э, В | Макс. доп. ток к-ра, А | h21э | ft, МГц | Расс. мощность |
| n-p-n | 10 | 10 | 0.02 | 20 | 800 | 0,015 |

Методика расчёта взята из [6],подробный расчёт представлен в приложении Б.

На основании расчёта изложенном в приложении Б, было проведено моделирование.

Модель представлена на рисунке 4.

Для подтверждения правильности расчётов на рисунке 5 представлена осциллограмма сигнала на выходе генератора.

Как видно по рисунку 5, с выхода генератора идёт гармоническое колебание с периодом 14 нс, что соответствует частоте 70МГц.

4 Электрический расчёт модулятора

Модулятор 8ОФМ выполнен на микросхемах стандартной ТТЛ логики, по всем цифровым входам напряжение логической единицы равно 5В, максимальный нагрузочный ток 10мА.

Функциональная схема модулятора показана на рисунке 6.

Цифровые сигналы с выходов АЦП абонентов поступают на информационные входы формирователя три-бита, регистр сдвига задерживает сигнал «а» на три такта, а сигнал «б» на шесть. В сумматоре реализуется относительность манипуляции, то есть с выхода сумматора поступает сигнал, сформированный относительно предыдущих состояний на его входе. Далее коммутатор, в зависимости от цифрового сигнала на управляющем входе, подключает на выход аналоговый сигнал с определённым значением фазы, после чего сигнал фильтруется полосовым фильтром(ПФ) и передаётся на вход ПУ(рисунок 1). Для реализации формирователя три-бита использованы отечественные мультиплексоры К155КП1. В качестве аналогового коммутатора взята микросхема КР590КН1, а для реализации счётчиков использованы микросхемы LS174, производства компании TexasInstruments. Характеристики выбранных микросхем представлены в приложении В.

Схема данного модулятора была промоделирована в программе ElectronicWorkbench, модель изображена на рисунке 7, осциллограмма на рисунке 8.

**Заключение**

В ходе выполнения курсового проекта был разработан передатчик с восьмиканальной относительной фазовой манипуляцией на промежуточной частоте 70МГц. Рабочая частота передатчика составляет 1700МГц. Были приобретены навыки расчёта высокочастотных цепей. Также был проведён конструктивный расчёт микрополосковой линии согласующей передатчик с фидером, имеющим сопротивление 50 Ом. Были рассчитаны электрические параметры генератора промежуточной частоты и модулятора 8ОФМ. Передатчик соответствует требованиям технического задания и обеспечивает нестабильность частоты 10-6.

Все расчёты были подтверждены моделированием в программе ElectronicWorkbench.

**Список использованной литературы**

1. Проектирование радиопередатчиков: учеб. пособие/ В.В. Шахгильдян, М.С. Шумилин -М.: Радио и связь, 2000 - 656 с.
2. Гребенников А.В., Никифоров В.В., Рыжиков А.Б. Мощные транзисторные усилительные модули для УКВ ЧМ и ТВ вещания // Электросвязь. - 1996. - № 3. - С. 28-31.
3. Принципы проектирования транзисторных радиопередающих устройств: Учебн. пособие / М.И. Бочаров; Политехи, ин-т. Воронеж, 1993.-109с.
4. Проектирование радиопередатчиков: Учебн. пособие для вузов/ В.В. Шахгильдян, М.С. Шумилин, В.Б. Козырев и др.; Под ред. В.В. Шахгильдяна.- 4-е изд.; перераб. и доп. М.: Радио и связь, 2000.-656с.: ил.
5. Проектирование радиопередающих устройств: Учебн. пособие для вузов/ В.В. Шахгильдян, В.А. Власов, В.Б. Козырев и др.; Под ред. В.В. Шахгильдяна.- 3-е изд.; перераб. и доп. М.: Радио и связь, 1993.-512с.
6. Проектирование радиопередающих устройств СВЧ: Учебн. пособие для вузов/ Г.М. Уткин, М.В. Благовещенский, В.П. Жуховицкая и др.; Под ред. Г.М. Уткина.- М.: Сов. Радио, 1979.-320 е., ил.
7. Проектирование радиопередающих устройств с применением ЭВМ: Учеб. Пособие для вузов / О.В. Алексеев, А.А. Головков, А.Я. Дмитриев и др.; Под ред.О.В.Алексеева.-М.: Радио и связь, 1987.-392 с.
8. Вамберский М.В. и др. - Передающие устройства СВЧ: Учеб. Пособие для радиотехн. спец. вузов / Вамберский М.В., Казанцев В.И., Шелухин С.А./под ред. Вамберского М.В. - М.: Высш. шк., 1984. - 448с., ил.
9. A.M. Заездный, Ю.Б. Окунев, JI.M. Рахович - Фазоразностная модуляция и её применение для передачи дискретной информации. - М.: Связь, 1967.-303 с.
10. Частотно-модулированные синтезаторы частот для систем подвижной радиосвязи: Учеб.пособие / П.А. Попов, И.П. Усачёв: Воронеж, политехи, ин-т. Воронеж, 1991, 89 с.
11. Альтшуллер Г.Б., Елфимов Н.Н., Шакулин В.Г. - Кварцевые резонаторы: Справ, пособие. М.: Радио и связь, 1984 - 232 е., ил.
12. Полупроводниковые приборы. Сверхвысокочастотные диоды. Справочник/ под.ред. А.Б. Наливайко - Томск, МГП «РАСКО», 1992 - 223 е.: ил.
13. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник / А.А. Зайцев, А.И. Миркин, В.В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомёдова.- М.: Радио и связь, 1989.- 640 с.
14. Дж.Варне - Электронное конструирование. Методы борьбы с помехами: Пер. с англ. - М.: Мир, 1990 - 238 е., ил.
15. Малевич И.Ю. Проектирование высоколинейных усилительных трактов с параллельной структурой // Радиотехника. - 1997. - № 3. - С. 20 - 25.
16. Прищепов Г.Ф. Каскады с «удлиненным» транзистором // Сб. «Полупроводниковая электроника в технике связи» / Под ред. И.Ф. Николаевского. - М.: Радио и связь, 1990. - Вып. 28. - С. 50-54.
17. Рэд Э. Справочное пособие по высокочастотнойсхемотехнике: Схемы, блоки, 50-омная техника: Пер. с нем. - М.: Мир, 1990. - 256 с.
18. Якушевич Г.Н., Мозгалев И.А. Широкополосный каскад со сложением выходных токов транзисторов // Сб. «Радиоэлектронные устройства СВЧ» / Под ред. А.А. Кузьмина. - Томск: изд-во Том.ун-та, 1992. - С. 118-127.
19. Извольский А.А., Козырев В.Б. Высокоэффективный ВЧ тракт транзисторных передатчиков // Сб. «Полупроводниковая электроника в технике связи» / Под ред. И.Ф. Николаевского. - М.: Радио и связь, 1990. - Вып. 28. - С. 112 - 118.
20. Проектирование радиопередающих устройств с применением ЭВМ / Под ред. О.В. Алексеева. - М.: Радио и связь, 1987. - 392 с.
21. Проектирование радиопередатчиков / В.В. Шахгильдян, М.С. Шумилин, В.Б. Козырев и др.; Под ред. В.В. Шахгильдяна. - М.: Радио и связь, 2000. - 656 с.
22. ШумилинМ.С., Козырев В.Б., Власов В.А. Проектирование транзисторных каскадов передатчиков. - М.: Радио и связь, 1987. - 320 с.
23. Расчёт кварцевых генераторов / Грановская Р.А., Постников Е.М. и др. - М.: Типография ИТАР-ТАСС, 1997.