

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Кафедра Радиотехнических устройств

Дивеев В.Н.

ФОРМИРОВАНИЕ И ПЕРЕДАЧА СИГНАЛОВ

ПОСОБИЕ

к выполнению контрольной работы и курсового проекта

для студентов IV курса заочного
обучения сп. 160905

Москва – 2008

ББК 6Ф2.12
Д44

Рецензент – д.т.н., проф. Логвин А.И.

Дивеев В.Н. Формирование и передача сигналов. Пособие к выполнению
Д44 контрольной работы и курсового проекта. –М.: МГТУ ГА,
2008, - 32 с.

Данное пособие издаётся в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины СД.3 «Формирование и передача сигналов» по Учебному плану специальности 160905 для студентов IV курса заочного обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры 29.01.08 Пр. № 5 и на
заседании Методического совета специальности Пр. № .

Введение

Методические указания к изучению дисциплины «Формирование и передача сигналов», содержащие рабочую программу, методические указания к ней, содержание лабораторного практикума, контрольной работы, курсового проекта, рекомендованную литературу, изложены в издании [16].

Настоящее пособие содержит: конкретные задания на выполнение контрольной работы, курсового проекта, требования и рекомендации к структуре и оформлению этих документов, ряд методических рекомендаций по проектированию и расчету структурных и принципиальных схем устройства передачи сигналов, а также перечень рекомендуемой литературы к выполнению заданий контрольной работы и курсового проекта.

Подробнейшие методические указания, вплоть до методик и примеров расчетов структурных, принципиальных схем передатчиков различных типов, приведены в пособии [21].

1. Контрольная работа

Контрольная работа содержит два задания.

1.1. Расчет спектральных или информационных характеристик сигналов заданного типа и с заданными параметрами.

Это задание выполняется на основе проработки разделов 2...6 дисциплины [16].

Общее количество вариантов этой части работы составляет 18. Вариант задания выбирается по таблицам 1 и 2 следующим образом. Суммируются две последние цифры номера шифра студента (например, 501323 – номер варианта составит 5). Полученное число обозначает номер варианта задания: чётные числа относятся к таблице 2, нечётные к таблице 1.

Задание по нечётному варианту формулируется следующим образом.

Привести аналитическую запись математической модели заданного радиосигнала и привести структурную схему формирования заданного типа радиосигнала.

Выполнить расчет амплитуд спектральных составляющих радиосигнала с заданным видом и параметрами модуляции.

Рассчитать полосу спектра частот радиосигнала.

Задание по чётному варианту формулируется следующим образом.

Выполнить расчет количества информации в битах на степень свободы сигнала H_n при заданном законе распределения плотности вероятности уровней сигнала с заданными параметрами распределения.

Определить скорость передачи информации C в канале с заданной полосой пропускания ΔF .

В этом задании используются три вида законов распределения плотности вероятности уровней сигнала, а именно.

Равномерный – $W(x) = 1/\alpha$, $0 \leq x \leq \alpha$.

Экспоненциальный - $W(x) = \alpha \cdot e^{-\alpha x}$, $0 \leq x \leq \infty$.

Гауссовский - $W(x) = (1/\sqrt{2\pi\alpha^2}) \cdot \exp(-x^2/2\alpha^2)$, $-\infty \leq x \leq \infty$.

Для выполнения этого задания можно воспользоваться литературой [17,18, 21]. Методические рекомендации к выполнению этой части контрольной работы приведены на стр. 8..10 данного пособия.

1.2.Расчет транзисторного генератора с внешним возбуждением (ГВВ) или расчет импульсного модулятора (с частичным или полным разрядом накопителя).

Эта часть задания выполняется на основе проработки разделов 9 и 10 дисциплины [16].

Общее количество вариантов этой части контрольной работы составляет 100. Из них 40 вариантов относится к расчету генератора с внешним возбуждением, 60 вариантов – к расчету импульсных модуляторов.

Вариант выбирается по двум последним цифрам шифра студента из таблицы 3 .

Первые 40 вариантов относятся к расчету ГВВ на транзисторе, собранному по схеме с общим эмиттером. При выполнении этих вариантов необходимо выполнить следующее:

рассчитать электронный режим работы ГВВ по коллекторной и базовой цепям;

рассчитать и выбрать номиналы элементов схемы (резисторы, конденсаторы ...);

привести полную электрическую схему ГВВ.

Подробная методика расчета такой схемы приведена в пособии [21], а также в литературе [1, 2, 3, 11, 19].

Варианты заданий, приведённые в таблице 3, содержат заданный тип транзистора и следующие обозначения параметров его, нужные для расчета:

$U_{\text{кдоп}}$ – допустимое напряжение между коллектором и эмиттером,

$U_{\text{бдоп}}$ – то же между базой и эмиттером,

P_1 – заданная колебательная мощность,

$r_{\text{нас}}$ – сопротивление насыщения, определяемое как $1/S_{\text{гр}}$, $S_{\text{гр}}$ – кру-

тизна граничного режима транзистора,
 r_6 – сопротивление тела базы,
 r_3 – сопротивление тела эмиттера,
 r_k – сопротивление тела коллектора,
 β_0 – коэффициент усиления тока базы,
 f – заданная рабочая частота,
 f_T – предельная частота транзистора, когда $f = f_T$, $\beta = 1$,
 E' – напряжение приведения по базе,
 C_k и C_3 – ёмкости коллекторного и эмиттерного переходов,
 L_3 и L_6 – индуктивности эмиттерного и базового выводов.

Варианты заданий с № 41 по № 70, включительно, предусматривают расчет импульсного модулятора с неполным (частичным) разрядом накопителя (с коммутатором на электронной модуляторной лампе), а варианты с № 71 по № 100 – расчет импульсного модулятора с полным разрядом накопителя (с коммутатором на тиратроне).

При выполнении вариантов заданий 41...100 необходимо:

рассчитать модулятор для импульсной модуляции магнетронного ГСВЧ,
 произвести расчет зарядной цепи, накопителя, цепи разряда, номиналов всех элементов схемы,
 составить принципиальную схему модулятора с подключением ГСВЧ, на которой показать включение прибора для контроля тока магнетрона.

Для выполнения этого задания можно воспользоваться литературой [21] и [2, 7, 8, 11].

2. Курсовой проект

2.1. Общие методические указания

Курсовые проекты по дисциплине «Формирование и передача сигналов» имеют два основных направления проектирования передатчиков.

передатчики с непрерывным сигналом (связные, навигационные),
 передатчики с импульсным сигналом (радиолокационные, радионавигационные).

Целью выполнения курсового проекта является углубление и закрепление знаний по курсу и применение их к решению конкретной инженерной задачи. При проектировании приобретаются навыки выполнения как расчетов, так и использования технической литературы, составления технической документации, а также приобретается опыт публичной защиты результатов работы.

Базовыми разделами дисциплины для выполнения курсового проекта являются разделы 9...14 [16]. Курсовой проект представляется к защите в

форме двух документов: пояснительной записки и чертежа полной принципиальной схемы передатчика. Объём пояснительной записки составляет 20...30 страниц текста, чертёж выполняется на ватмане формата а1 или а2 (в зависимости от количества каскадов в схеме передатчика).

При разработке передатчика с импульсной модуляцией сигнала необходимо проделать следующий объём работы.

1. Обоснование и расчет структурной схемы передатчика. Сюда входит выбор и расчет режима работы генератора СВЧ, которым может быть магнетрон, пролётный клистрон, металло-керамическая лампа, твердотельные приборы СВЧ и т.д. Далее выбирается тип схемы и активный прибор импульсного модулятора – вакуумный триод, тетрод, газополный тиратрон, магнитный импульсный модулятор. Далее выбирается тип схемы и активный прибор подмодулятора. Чаще всего типом схемы является блокинг-генератор на высоковольтном транзисторе или лампе.
2. Расчет электронного режима и избирательных систем генератора СВЧ.
3. Расчет электронного режима модулятора и элементов его схемы:
 - накопителя,
 - коммутатора,
 - зарядного сопротивления или дросселя,
 - корректирующих, блокировочных, защитных элементов схемы.
4. Расчет подмодулятора в виде блокинг-генератора, мультивибратора.
5. Выбор всех элементов схемы в соответствии с их номенклатурой по ГОСТ.
6. Произвести расчет промышленного КПД передатчика в целом.

При разработке передатчика с непрерывным сигналом необходимо проделать следующее:

1. Обоснование и расчет структурной схемы передатчика с разбивкой на поддиапазоны. В дальнейшем все расчеты ведутся для одного, высшего поддиапазона. Расчет структурной схемы ведётся для всего передатчика с подробностью до каскадов.
2. Электрический расчет ряда каскадов передатчика (не менее трёх, разных каскадов. При этом, расчету подвергаются:
 - электронные режимы каскадов,
 - элементы схемы: резисторы, конденсаторы, индуктивности и т.д.
3. При расчете диапазонных передатчиков необходимо выбрать тип синтезатора частоты и его параметры.
4. Расчет промышленного КПД передатчика в целом.

Если в передатчике используется амплитудная модуляция, то рассчитываются каскады:

- выходной каскад (ГВВ) в режиме максимальной мощности и в режиме несущей,

- предоконечный каскад передатчика или окончательный каскад модулятора,
- промежуточный каскад в виде умножителя частоты или задающий автогенератор синтезатора частоты.

В передатчике с однополосной модуляцией рассчитываются:

- выходной каскад (ГВВ),
- балансный модулятор,
- задающий автогенератор синтезатора частоты или предоконечный каскад.

В передатчике с частотной модуляцией рассчитываются:

- выходной каскад,
- автогенератор с частотным модулятором,
- промежуточный каскад в режиме умножения частоты.

Расчеты автогенератора подразумевают расчет того автогенератора, который расположен в синтезаторе частот, параметры синтезатора и автогенератора выбираются студентом самостоятельно.

При проектировании передатчика с АМ формируются требования к модулятору. Схема его может быть помещена в материалах проекта с описанием её.

При проектировании следует учесть, что в наземной аппаратуре используется питание 220 В, 50 Гц; 380 В, 50 Гц, а в бортовой - 27 В постоянного тока и 115 В, 400 Гц переменного тока. Для переносного передатчика следует применить аккумуляторное питание. В пояснительной записке надо описать, каким образом заданное напряжение источников общего питания преобразуется в требуемые для каскадов напряжения, полученные в расчетах. Это относится и к импульсным передатчикам.

Курсовой проект должен содержать следующие документы:

1. Пояснительная записка, оформленная по ГОСТ.
2. Графическая часть – чертёж на ватмане карандашом, содержащий **полную** принципиальную схему передатчика, выполненную в соответствии с требованиями ГОСТ.

2.2. Пояснительная записка

Пояснительную записку следует выполнять согласно ГОСТ 2.105-79 и 2.106-68. Образец титульного листа приведён в Приложении 1. Шифр документа (например, РС-94012. КП.01.22.00.42.ПЗ) содержит (последовательно): шифр студента по зачётной книжке, 01- номер курсового проекта по учебному плану, 22-код кафедры, 00 – промежуточные позиции кода документации, 42 – номер варианта задания, ПЗ – обозначение вида документа – пояснительная записка. После титульного листа: техническое задание (с большим штампом на странице), содержание, введение, главы и параграфы, заключение, литература, перечень элементов, приложения. В тексте записки обязательно приводятся все схемы каскадов, которые

рассчитаны, с указанием всех элементов, обозначения элементов должны соответствовать их обозначениям в тексте записки.

Примерная последовательность разделов в пояснительной записке:

- введение,
- разработка и расчет структурной схемы,
- разработка схем и расчеты каскадов принципиальной схемы,
- выбор типа и параметров синтезатора частот(для диапазонных передатчиков),
- требования к номиналам источников питания схемы передатчика (напряжения, токи потребления, потребляемая мощность) и расчет промышленного КПД,
- заключение, литература, перечень элементов, приложения.

Перечень элементов составляется для всех элементов рассчитанных схем, позиционные обозначения элементов в перечне должны соответствовать их обозначениям на полной принципиальной схеме передатчика (на чертеже). Перечень элементов может быть помещён и на чертеже принципиальной схемы. Ссылки на литературу в тексте записки обязательны. Каждый лист (страница) записки должна быть отформатирована с листовым (малым) штампом.

Графическая часть проекта

На листе принципиальной схемы (чертеже) показывается полная принципиальная схема передатчика, соответствующая разработанной структурной схеме (как рассчитанные каскады, так и нерассчитанные). Чертёж выполняется по требованиям ГОСТ 2.109-73, 2.104-68, ГОСТ 2.729-74, 2.730-73, 2.731-81 и т.д. Цепи от внешних блоков (питания, синтезатора частоты, синхронизатора, источников сигналов) следует вводить через разъёмы, выход к фидеру или антенне следует оформлять отдельным разъёмом, в том числе высокочастотным. Основная надпись в штампе имеет тот же вид, что и в пояснительной записке, только последняя позиция в шифре документа должна иметь вид ЭЗ (схема электрическая, принципиальная). Обозначение разработки в основной надписи – название темы задания. Например: Передатчик связной КВ-диапазона, Передатчик импульсный СВЧ- диапазона...

3. Методические указания и рекомендации

3.1. Методические указания и рекомендации по контрольной работе

Контрольная работа выполняется либо в обычной ученической тетради, либо на стандартных страницах писчей бумаги формата а4, сброшюрованных в один документ. Текст работы должен содержать: номер варианта задания, содержание задания и его исходные данные, расчетные соотношения и подстановку в них соответствующих численных значений величин, результат

расчета с указанием единиц измерения, поясняющие рисунки, характеристики, рассчитываемую схему, перечень литературных источников.

Для выполнения задания 1 можно руководствоваться следующими рекомендациями. Расчет параметров спектральных составляющих АМ – колебания не составляет особого труда, его можно найти в любом учебнике или учебном пособии по радиотехнике, радиопередающим устройствам. В результатах расчета следует указать номиналы частот и амплитуд спектральных составляющих и привести рисунок этого спектра, выполненный в масштабе. Последнее относится и к результатам расчетов всех других видов спектров.

Амплитуды спектральных составляющих номера n сигналов с ЧМ рассчитываются по соотношениям:

$$U_n = U_n \cdot J_n (m_{\text{ЧМ}}),$$

где U_n – амплитуда несущего колебания, $J_n (m_{\text{ЧМ}})$ – функция Бесселя порядка n , аргументом функции является индекс частотной модуляции $m_{\text{ЧМ}}$, n – номер спектральной составляющей (на частотах $f_0 \pm nF$, f_0 – частота несущей, F – частота модуляции. Число n , учитываемых в расчете составляющих, определяется полосой спектра частот ЧМ – радиосигнала, которая в общем случае определяется соотношением:

$$\Pi = 2F (1 + m_{\text{ЧМ}} + \sqrt{m_{\text{ЧМ}}}).$$

Тогда, $n = \Pi/2F + 1 = 2 + m_{\text{ЧМ}} + \sqrt{m_{\text{ЧМ}}}$, включая $n = 0$.

Значения функции Бесселя можно найти в Приложении 2.

Амплитуды спектральных составляющих для случая ФМ – радиосигнала рассчитываются аналогично для аргумента $m_{\text{ФМ}}$.

Амплитуды спектральных составляющих для случая радиосигнала с импульсной модуляцией ИМ рассчитываются по следующим соотношениям.

Амплитуда несущего колебания равна

$$E_0 = E \tau_{\text{И}} / T,$$

где T – период повторения импульсов, E – амплитуда импульса, $\tau_{\text{И}}$ – длительность импульса.

На боковых частотах спектра номера n амплитуды спектральных составляющих определяются соотношением

$$E_n = (2E/n\pi) \cdot \text{Sin} (n\pi\tau_{\text{И}} / T),$$

Полосу спектра частот здесь следует определить по первым нулям огибающей амплитуд $\Pi = 2/ \tau_{\text{И}}$. Спектр симметричен относительно несущей частоты.

Расчет количества информации (энтропии) на степень свободы (отсчёт) сигнала производится по соотношению

$$H_1 = - \int_{-\infty}^{+\infty} W(x) \log W(x) dx.$$

Студенту предлагается самостоятельно вычислить значение интеграла на основе известных из курса математики способов. Пределы интегрирования определяются видом заданной функции плотности вероятности $W(x)$.

Скорость передачи информации в канале с ограниченной полосой частот ΔF определяется как

$$C = H_1 \cdot 2 \Delta F \cdot T_C / T_C = 2H_1 \cdot \Delta F,$$

где T_C – длительность сигнала, а величина $2 \Delta F \cdot T_C$ есть количество степеней свободы (отсчётов) сигнала на интервале T_C .

При выполнении задания 2 целесообразно пользоваться рекомендациями и методиками расчетов, изложенных в как в традиционной учебной литературе, так и в методических разработках кафедры, например, в [21]. Все подобные источники приведены в 1.2. Необходимые справочные данные электронных приборов, могущих быть использованными в импульсных модуляторах, приведены, в частности, в Приложениях.

3.2. Методические указания и рекомендации по курсовому проекту

3.2.1. Передатчик с амплитудной модуляцией.

Как и в любом передатчике с непрерывным излучением сигналов, первой операцией в расчетах должно быть определение числа и параметров поддиапазонов. Это осуществляется следующим образом.

Определяется коэффициент перекрытия рабочего диапазона частот несущих:

$$K_f = f_{\max} / f_{\min}.$$

Если $K_f > 1,7 \dots 2$, то следует определить количество поддиапазонов.

Если $K_f < 1,7 \dots 2$, то можно ограничиться одним диапазоном.

Необходимое число поддиапазонов в первом случае подсчитывается:

$$n = \lg K_f / \lg K_{10},$$

где $K_{10} \leq 1,7$ – коэффициент перекрытия одного поддиапазона. Число n выбирается, как правило, большим целым. При этом фактический коэффициент перекрытия, определяемый числом n , устанавливается соотношением:

$$K_{f1} = \sqrt[n]{K_f}.$$

Границы поддиапазонов в частотном исчислении рассчитываются так:

$$\begin{aligned}
 &1 \text{ поддиапазон: } f_{\text{мин}1} = f_{\text{мин}}, \quad f_{\text{макс}1} = f_{\text{мин}1} \cdot K_{f1}, \\
 &2 \text{ поддиапазон: } f_{\text{мин}2} = f_{\text{макс}1}, \quad f_{\text{макс}2} = f_{\text{мин}2} \cdot K_{f1} \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 &n \text{ поддиапазон: } f_{\text{мин}n} = f_{\text{макс}(n-1)}, \quad f_{\text{макс}n} = f_{\text{макс}}.
 \end{aligned}$$

Необходимо далее учесть частичное перекрытие поддиапазонов, порядка 5 %, исходя из соотношений:

$$\begin{aligned}
 f'_{\text{мин}i} &= f_{\text{мин}i} \cdot (1 - 0,05), \\
 f'_{\text{макс}i} &= f_{\text{макс}i} \cdot (1 + 0,05).
 \end{aligned}$$

В дальнейшем расчеты каскадов в проекте производим, исходя из данных одного поддиапазона, самого высокочастотного.

Вторым этапом расчетов является разработка и расчет структурной схемы передатчика и её основных параметров: состава и количества каскадов, величин частот и мощностей для каждого каскада, выбор активных элементов в каскадах (ламп, транзисторов, интегральных элементов и т.д.). Последнее осуществляется на основе значений частот и мощностей в каждом каскаде. При этом надо ориентироваться на то, что в современных радиопередатчиках колебания несущих частот формируются в синтезаторах частот, которые являются самостоятельными блоками передатчиков (и приемников) в приёмно-передающих радиостанциях. Поэтому задачей непосредственно блока радиопередатчика является предварительное усиление колебаний несущих, при необходимости умножение частоты, усиление мощности до уровня, требуемой для отдачи в фидер или антенну, а также формирование амплитудно-модулированного колебания несущей. Последнее осуществляется модулятором передатчика, который может входить непосредственно в схему блока передатчика. Мощности колебаний на выходе синтезаторов частот лежат в пределах нескольких десятков милливольт.

В узкодиапазонных передатчиках с коэффициентом перекрытия $K_f < 1,7 \dots 2$ в состав предварительных каскадов усиления, как правило, входят упоминавшиеся выше каскады умножения частоты колебаний синтезатора. Это обеспечивает работу синтезатора в более узком, чем диапазон выходных несущих, диапазоне частот, понижает величины частот синтезатора, что даёт возможность повысить стабильность частот синтезатора и, как следствие, частот несущих.

В передатчиках, рабочий диапазон которых обеспечивается несколькими поддиапазонами, отделение каждого поддиапазона обеспечивается технически переключениями полосовых фильтров в промежуточных каскадах усиления и выходных каскадах. При этом, полосовой фильтр, согласующий выходной каскад с фидером или антенной, содержит часто перестраиваемые по поддиапазону элементы перестройки: конденсаторы, индуктивности фильтра, подстройка которых обеспечивает оптимальное согласование входного сопротивления фильтра (антенны) с выходным сопротивлением оконечного (мощного) каскада передатчика для

каждого установленного значения рабочей частоты. Такая подстройка осуществляется в современных передатчиках автоматически с помощью электромеханических приводов или электронных автоматических систем. Переключение поддиапазонов также (особенно в бортовых станциях) производится посредством электронных схем управления и коммутации (диодных ключей, включаемых матрицей переключения).

Модуляторы связных передатчиков с АМ – усилители низкой частоты в диапазоне частот, обеспечивающих разборчивость речи (0,3...3,4 кГц). Выходной каскад такого усилителя обычно строится по трансформаторной схеме, вторичная обмотка трансформатора включается в базовую (сеточную), коллекторную (анодную) цепи модулируемых каскадов.

Мощные (оконечные, предоконечные) каскады передатчиков могут строиться по модульному принципу на основе схем сложения мощностей. Это становится необходимым, если активные элементы (лампы, транзисторы) не могут в заданном частотном диапазоне обеспечить расчетную выходную мощность. В первом приближении, можно рекомендовать: если $P_{\text{вых}} > 40$ Вт (особенно в диапазоне УКВ), то каскад усиления целесообразно строить по схеме сложения мощностей (параллельной, последовательной, мостовой).

Промежуточные каскады передатчика, как следует из сказанного выше, строятся по схемам усилителей высокочастотных колебаний, умножителей частоты, повторителей. Особенным вопросом в расчете и формировании схем этих каскадов является использование согласующих межкаскадных четырёхполюсников, которые необходимо рассчитать, по крайней мере в тех каскадах, которые выбраны для проектирования и расчета. Каскады передатчика, которые не подвергались расчетам, следует построить по типовым схемам, показанным в литературе или в технической документации конкретной подобной аппаратуры.

В разделе, посвящённой синтезатору частоты, необходимо определить способ построения синтезатора, составить типовую его схему и указать параметры: диапазон частот, поддиапазоны, шаг дискретной сетки частот, пользуясь рекомендациями по типовым синтезаторам частот [1] и требованиями к таким параметрам, имеющим место в ГА.

При определении требований к источникам питания должны быть рассчитаны напряжения и токи, потребляемые от каждого источника питания: анодных, коллекторных, сеточных, базовых цепей, цепей экранных сеток, накала ламп и т.д. На основе этих расчетов определяются мощности, потребляемые от каждого источника питания. Отношение средней выходной мощности передатчика в нагрузке к сумме потребляемых мощностей даёт величину промышленного КПД передатчика.

Указанные выше рекомендации и требования во многом аналогичны и для других видов передатчиков. Поэтому при рассмотрении передатчиков других видов будут выделены указания и рекомендации в определённой мере особенные для них.

3.2.2. Передатчик с однополосной модуляцией

Первый этап – это расчет поддиапазонов (см. 3.2.1.). Вторым этапом – расчет структурной схемы. Особенностью этого этапа является разработка и расчет структурной схемы системы формирования однополосного сигнала (обычно – фильтровой системы). Подробная процедура такого расчета и формирования схемы подробно изложена в [1, 21]. В приложении 6 приведены данные различных ЭМФ, которые следует применить в первом каскаде формирования однополосного сигнала. Во втором и последующих каскадах можно использовать полосовые фильтры на основе LC элементов, например, ФСС. Каскады принципиальной схемы, рекомендованные для расчета в ОМ-передатчике, указаны в 2.1.

Балансные модуляторы в схемах формирования ОМ целесообразно строить по кольцевым схемам. Расчет этих схем достаточно подробно изложен в литературе [1, 19, 21]. Следует иметь в виду, что модулятором для первого каскада преобразования частоты служит обычно УНЧ звукового сигнала. Колебания поднесущих на БМ нужно подавать от синтезатора частоты через буферные усилители типа каскадов УВЧ или эмиттерных повторителей.

Автогенератор синтезатора частоты, его схему и расчет можно найти в [1,19], а также в [21]. Схему автогенератора, поскольку он входит в синтезатор, показывать на чертеже не надо, её надо показать в пояснительной записке, сопроводив расчетами режима и элементов схемы.

3.2.3. Передатчик с частотной модуляцией

Задания на проектирование передатчиков с ЧМ ориентированы на передатчики в диапазонах УКВ (связные, переносные) и СВЧ (навигационные, бортовые). При этом разбивка на поддиапазоны не требуется.

В связных УКВ передатчиках перестройка несущих частот производится, исходя из заданных параметров модуляции. Если полоса частот при заданном индексе частотной модуляции m и максимальной частоте модуляции $F_{\max} = 3$ кГц равна

$$\Pi = 2F_{\max} (1 + m + \sqrt{m}) = 6 (1 + m + \sqrt{m}) \text{ кГц},$$

то дискретность перестройки несущих δF должна быть $\delta F \geq \Pi$.

Значит, в заданном диапазоне частот, например, $\Delta f = 34$ МГц можно обеспечить установку n несущих частот

$$n \leq \Delta f / \Pi = 34 \cdot 10^3 / 6 (1 + m + \sqrt{m}).$$

В связных передатчиках с ЧМ задающий, модулируемый по частоте автогенератор, работает на частотах настройки, существенно более низких, чем несущие частоты. Это связано с повышением стабильности частоты и

возможностями перестройки частоты задающего генератора. После модуляции частота задающего автогенератора подвергается процедуре умножения в промежуточных каскадах передатчика. Коэффициент умножения следует выбирать таким, чтобы частота задающего автогенератора не превышала величины порядка 30 МГц. Таким образом, если f_{\max} (в МГц) – максимальная частота рабочего диапазона передатчика, то коэффициент умножения будет:

$$N \geq f_{\max} / 30.$$

Величину N следует выбирать целым числом с целыми сомножителями (2, 3 лучше всего).

Тогда диапазон перестройки задающего автогенератора $f_{3Г}$

$$f_{3Г} = f_{\max} / N \dots f_{\min} / N.$$

С другой стороны, если при заданных параметрах модуляции выходного сигнала на уровне несущей передатчика частота девиации

$$\Delta f_d = m \cdot f_{\max},$$

то величина девиации частоты, требуемая от задающего автогенератора при его ЧМ-модуляции

$$\Delta f_{d3Г} = \Delta f_d / N.$$

Таким образом, предполагая, что ЧМ-передатчик строится по прямому методу ЧМ, структурная схема его содержит (последовательно: модулируемый автогенератор, каскады умножения частоты, буферные каскады, окончательный каскад усиления, окончательный каскад, работающий на нагрузку (фидер, антенну). Необходимо произвести расчет мощностей всех этих каскадов и выбрать элементную базу для каждого. Материалы для этих расчетов можно найти в [1, 11, 19, 21].

Разработка и расчет выходного каскада ЧМ-передатчика может быть произведена по методикам, указанным выше, но следует иметь в виду, что в данном случае электронный режим ГВВ (оконечного усилителя) целесообразно делать ключевым.

Каскады умножения частоты проектируются и рассчитываются по методике расчета ГВВ, но угол отсечки в них надо выбирать оптимальным с точки зрения обеспечения максимального тока соответствующей гармоники, по максимальному значению соответствующего значения коэффициента Берга. Умножители частоты можно строить на основе параметрических элементов (варакторов, например). Расчет и проектирование подобных умножителей частоты можно найти в [1, 19, 21].

Расчет и проектирование частотного модулятора с автогенератором в ЧМ-передатчике можно видеть в [1, 19, 21].

В передатчике ЧМ СВЧ диапазона предусматривается разработка передатчика, аналогичного передатчику высотомера малых высот типа РВ-5, в котором генератор СВЧ выполнен на электронном приборе типа митрон с частотной модуляцией по аноду. Частота модуляции – 150 Гц, Несущая частота – 4200-4400 МГц. Структура передатчика в этом случае сравнительно не сложна: генератор звуковой частоты 150 Гц, усилитель,

модулятор (выходной каскад усилителя), автогенератор на митроне. В принципе, передатчик такого типа может быть построен и по структуре связного передатчика с ЧМ, умножитель частоты которого можно выполнить на варакторах []. При этом в любом случае надо иметь в виду, что такой передатчик не является перестраиваемым, девиация частоты (при частоте модуляции в 150 Гц) составляет 100 МГц, при средней частоте в 4300 МГц. Для ориентировки приведём параметры митрона типа М307М.

Диапазон частот, МГц	4000...4400
Мощность СВЧ, Вт	1
Перепад мощности в диапазоне 4000...4400 МГц, дБ	2
Нелинейность АЧХ на любом участке в 100 МГц, дБ	±1,2
Уровень амплитудных шумов, дБ/Гц	140
Напряжение анода, В	-150...1300
Напряжение анода на частоте 4300 МГц	-1200
Напряжение на управителе, В	+(20...170
Напряжение накала, В	2,4
Ток накала, А	2,2...3

3.2.4. Передатчики с импульсной модуляцией

Проектирование начинается с разработки и расчёта структурной схемы, выбора способа построения отдельных функциональных каскадов и активных элементов этих каскадов. Обычно структурная схема не сложна и содержит последовательно: подмодулятор (работает либо от внешнего импульсного запуска, либо в режиме самовозбуждения), модулятор (импульсный усилитель, модулятор с частичным или полным разрядом накопителя), генератор СВЧ, работающий на нагрузку (волновод, коаксиальную линию).

Прежде всего надо рассчитать мощность, требуемую от генератора СВЧ с учётом потерь, затуханий, возникающих при передаче мощности от ГСВЧ в нагрузку [1, 2, 7, 11, 21]. По этой мощности необходимо выбрать тип рекомендуемого в задании электронного прибора СВЧ (магнетрона, металлокерамической лампы, клистрона и т.д.), учитывая заданные величины длины волны, длительность импульсов и период повторения их. По техническим параметрам выбранного электронного прибора (справочным данным, рабочим характеристикам) необходимо далее определить уровни напряжений и токов во время действия импульса, требуемые от импульсного модулятора.

В зависимости от выходной мощности передатчика следует определить тип импульсного модулятора. В диапазоне мощностей, не превышающих 200...250 кВт в импульсе можно ориентироваться на импульсный модулятор

с частичным (неполным) разрядом накопителя. При больших мощностях – на схему с полным разрядом накопителя.

В модуляторе с неполным разрядом накопителя в качестве коммутатора обычно используют электронные вакуумные лампы типа ГМИ (триоды или тетроды). В модуляторе с полным разрядом накопителя – газополные электронные лампы – тиратроны или модуляторы на магнитных коммутаторах. В схемах импульсных модуляторов в качестве ограничительных, демпфирующих активных элементов используются также вакуумные высоковольтные диоды номенклатуры В, ВИ.

В качестве подмодуляторов в импульсных модуляторах можно применить схемы блокинг-генераторов, мультивибраторов, работающих либо в режиме автогенерации, либо в режиме внешнего запуска, последний способ предпочтителен.

После расчетов структурной схемы передатчика необходимо построить и рассчитать все его каскады принципиальной схемы: ГСВЧ, модулятора и подмодулятора.

Методику расчета ГСВЧ на магнетроне можно найти в [2, 7, 8,11,20], на пролётном клистроне – в [7, 20]. Расчеты ГСВЧ на основе металло-керамических ламп производится по методике расчета ГВВ на лампе [1, 20] с учётом того, что в результате расчета электронного режима определяется величина напряжений на выходе ГВВ и на входе (сетке – напряжение возбуждения) . Отношение этих напряжений U_{c1}/U_{a1} определяет коэффициент обратной связи автогенератора на МКЛ, который должен быть обеспечен в схеме элементами обратной связи. Напряжение смещения на сетке автогенератора должно быть обеспечено элементами автосмещения (сеточным или катодным резисторами). Автогенераторы на базе МКЛ строятся обычно по двухконтурным схемам автогенератора, колебательными контурами которых являются отрезки коаксиальных резонаторов (труб), подсоединенных к дисковым или цилиндрическим выводам электродов лампы. Коаксиальные линии строятся в виде короткозамкнутых отрезков длиной, кратной нечётному числу четвертей длины волны. В пояснительной записке следует привести расчеты этих линий и эскиз конструкции в сборе с лампой, т.е. эскиз конструкции ГСВЧ. Методика проектирования этих типов автогенераторов СВЧ изложена, например, в [1,2, 20, 21]. Вопросы проектирования и расчета импульсных модуляторов магнитного типа можно найти в [10, 20].

В заключении отметим, что в Приложениях приведены справочные материалы по ряду элементов схем радиопередающих устройств, которые, в основном, потребуются для выбора активных элементов каскадов, режимов работы схем. Эти данные можно использовать как для выполнения контрольной работы, так и для курсового проекта. Общедоступные справочные издания по элементной базе указаны, в частности, в перечне литературы [14, 15]. Целесообразно при выполнении расчетов структурных, принципиальных схем использовать методические разработки кафедры по применению компьютерных технологий в проектировании радиопередающих

устройств. Пользование этими разработками следует согласовать с ведущими преподавателями кафедры. При этом нужно иметь в виду, что оформление материалов в форме компьютерных технологий требует полного знания студентом методик расчетов, исходных и промежуточных параметров в расчетных данных, работы схем.

4. Таблицы вариантов для задания 1.

Таблица 1.

№ вар.	Вид Модуляции	Параметр глубины модуляции	Частота несущей МГц	Частота модуляции кГц	Амплитуда Несущей или Импульса, В
1	АМ	$m = 0,5$	0,5	3	10
3	АМ	$m = 0,8$	1,0	2	25
5	ЧМ	$m_{\text{чм}} = 2$	4,0	5	15
7	ЧМ	$m_{\text{чм}} = 4$	4,0	10	25
9	ЧМ	$m_{\text{чм}} = 3$	4,0	5	30
11	ФМ	$m_{\text{фм}} = 6$	4,0	5	10
13	ФМ	$m_{\text{фм}} = 4$	4,0	6	25
15	ИМ	$\tau_{\text{и}} = 10\text{мкс}$	1000	20	1000
17	ИМ	$\tau_{\text{и}} = 20\text{мкс}$	1000	10	1000

Таблица 2.

№ варианта	Полоса пропускания канала ΔF , кГц	Вид закона распределения	Параметр распределения, α
2	20	Равномерный	2
4	40	Равномерный	4
6	50	Равномерный	5
8	20	Гауссовский	2
10	40	Гауссовский	4
12	50	Гауссовский	5
14	20	Экспоненц.	3
16	40	Экспоненц.	4
18	50	Экспоненц.	5

5. Таблица вариантов задания 2

Таблица 3 с параметрами транзисторов

№ вар	Тип транзистора	$U_{кд}$ В	$U_{бд}$ В	P_1 Вт	$r_{нас}$ Ом	$r_б$ Ом	$r_э$ Ом	$r_к$ Ом	β_0	$f_{раб}$ МГц	f_T МГц	E В	$C_к$ пФ	$C_э$ пФ	$L_э$ нГ	$L_б$ нГ
1.	КТ - 802А	150	3,0	30	1,1	0,7	0,05	0,8	25	20	45	0,7	400	1000	20	20
2.	КТ – 803А	70	4,0	100	0,4	0,4	0,05	0,8	40	5	25	0,7	450	3300	20	20
3.	КТ – 902 А	65	5,0	25	0,3	1,0	0,05	0,8	30	10	35	0,7	150	1500	0,4	0,14
4.	КТ – 903 А	80	4,0	15	5	1,5	0,05	0,7	55	50	130	0,7	140	1400	12	12
5.	КТ - 904А	65	4,0	8	5	5	0,1	3,0	10	100	350	0,7	9,5	130	2,5	2,5
6.	КТ - 907А	65	4,0	13,5	1,7	2	0,4	1,3	30	150	350	0,7	16	260	0,8	2,5
7.	КТ - 909А	60	3,5	30	3,0	1	0,04	2,0	10	200	650	0,7	28	300	0,45	1,7
8.	КТ – 909В	60	3,5	42	1,5	0,5	0,05	0,5	20	250	690	0,6	40	300	0,35	1,7
9.	КТ – 911А	55	3,0	1,0	7,0	3,0	0,05	1,0	10	600	1800	0,7	5,0	7,0	0,3	4,0
10.	КТ – 912А	70	5,0	70	0,8	0,5	0,05	0,8	15	30	90	0,7	250	4000	4	4
11.	КТ – 913А	55	3,5	3,5	15	2	0,15	2	40	500	1100	0,7	4	25	0,3	3
12.	КТ – 913Б	55	3,5	6,0	6	1,2	0,4	1	30	500	1200	0,7	8	66	0,25	2,5
13.	КТ – 913В	55	3,5	11	5	1	0,2	1	50	500	1100	0,7	7,5	50	0,25	2,3
14.	КТ – 914А	65	4,0	2,5	2,5	5	0,2	1	35	250	550	0,7	10	130	3	3
15.	КТ – 916А	55	3,5	15	3	2	0,2	1	30	400	1200	0,7	20	15	1,2	1,2
16.	КТ – 918А	30	2,5	0,3	10	1	0,05	1	25	800	3000	0,7	25	70	1,1	1,1
17.	КТ – 918Б	40	2,5	0,6	50	1,3	0,05	0,7	30	1000	3000	0,7	2	10	0,8	0,15
18.	КТ – 919А	45	3,5	4,4	8	0,5	0,14	0,7	30	700	2000	0,7	7,5	40	0,4	0,14
19.	КТ – 919Б	45	3,5	2,0	16	1	0,05	1,4	30	700	2000	0,7	4,1	20	0,5	0,25
20.	КТ – 919В	45	3,5	1,0	32	2	0,05	3	30	700	2100	0,7	2,8	10	1,3	0,35
21.	КТ – 920А	36	4	20	3,2	1	0,1	0,7	25	175	475	0,7	2	70	0,5	1,8
22.	КТ – 920Б	36	4	5,0	1,2	1	0,05	0,9	30	175	500	0,7	20	120	0,5	1,8

23.	КТ – 920В	36	4	20	0,3	1	0,1	1,1	40	175	475	0,7	60	140	0,5	1,8
24.	КТ – 921А	65	4	12	2,3	1	0,05	0,5	45	60	100	0,7	45	400	3,5	3,5
25.	КТ – 922А	65	4	5	8	1	0,05	0,7	20	170	300	0,7	15	65	2,4	0,9
26.	КТ – 922Б	65	4	20	2	1	0,05	1	25	170	300	0,7	35	200	2,4	0,9
27.	КТ – 922В	65	4	40	1	0,5	0,05	1,2	25	170	300	0,7	65	550	2,4	0,9
28.	КТ – 925А	36	4	2,5	1,5	0,5	0,2	0,4	40	200	500	0,7	20	200	0,5	1,8
29.	КТ – 925Б	36	4	5	1,3	0,5	0,1	0,5	40	200	500	0,7	20	250	0,6	1,8
30.	КТ - 925В	36	3,5	21	0,5	0,5	0,1	0,5	40	200	500	0,7	45	130	0,5	1,8
31.	КТ – 927А	70	3,5	75	0,2	0,5	0,2	0,5	30	30	15	0,7	150	2200	0,5	1,8
32.	КТ – 929А	30	3	2	1,6	0,5	0,05	0,6	40	175	450	0,7	20	1000	0,5	1,8
33.	КТ – 930А	30	4	40	0,8	0,5	0,1	0,4	40	400	700	0,7	70	800	0,4	1,8
34.	КТ – 930Б	30	4	75	0,25	0,5	0,05	0,5	50	400	800	0,7	150	2000	0,3	1,6
35.	КТ – 931А	30	4	80	0,2	0,5	0,06	0,2	60	175	400	0,7	150	200	0,3	1,6
36.	КТ – 934А	60	4	3	15	0,5	0,05	0,3	60	400	650	0,7	6,5	1200	0,5	1,8
37.	КТ – 934Б	60	4	12	3,7	0,5	0,1	1	60	400	650	0,7	10	1350	0,5	1,8
38.	КТ – 934В	60	4	25	1,8	0,5	0,05	2	60	400	650	0,7	22	1500	0,5	1,8
39.	КТ – 942А	45	3,5	10	3,8	0,25	0,15	3	40	1200	3000	0,7	16	1100	0,7	0,14
40.	КТ – 958А	150	4	40	1,6	0,2	0,5	2	40	174	500	0,7	120	2000	0,5	1,6

Импульсные модуляторы

Продолжение таблицы 3

№ вариант	E _A кВ	I _A А	τ _и мкс	F Гц	№ вариант	E _A кВ	I _A А	τ _и мкс	F Гц	№ вариант	E _A кВ	I _A А	τ _и мкс	F Гц
41.	23	45	1,0	400	61.	24	20	1,1	450	81.	16	18	1,0	600
42.	16	20	1,0	450	62.	27	46	0,6	700	82.	30	60	0,7	650
43.	18	35	1,0	450	63.	15	22	0,8	750	83.	19	30	0,6	500
44.	21	23	1,0	800	64.	34	25	1,0	600	84.	13	12	1,0	1000
45.	35	150	5,0	700	65.	20	30	1,0	900	85.	41	132	5,0	500
46.	47	65	2,0	350	66.	22	30	1,0	450	86.	24	33	0,8	650
47.	10	7	1,5	400	67.	3	2	1,2	500	87.	27	55	1,3	700
48.	12	18	1,3	400	68.	28	46	1,0	330	88.	14	14	1,0	550
49.	22	22	1,0	750	69.	26	40	0,5	850	89.	26	48	1,0	450
50.	20	27	2,0	750	70.	35	50	0,6	600	90.	33	185	3,0	350
51.	21	12	1,0	300	71.	22	27	0,9	500	91.	21	18	0,8	400
52.	16	15	1,0	950	72.	40	70	2,0	550	92.	16	16	1,0	500
53.	24	50	0,9	800	73.	50	200	4,0	400	93.	27	4	0,8	400
54.	7	35	2,0	700	74.	70	60	2,0	900	94.	22	24	1,0	400
55.	22	25	1,0	800	75.	36	70	1,0	600	95.	72	56	2,0	800
56.	32	70	0,8	400	76.	82	50	1,0	550	96.	26	16	1,0	500
57.	17	12	1,0	900	77.	80	14	1,0	600	97.	92	120	2,5	600
58.	30	70	1,2	800	78.	80	50	0,8	450	98.	17	10	1,0	400
59.	23	27	1,2	650	79.	76	125	2,5	950	99.	28	50	1,0	800
60.	28	70	1,5	850	80.	40	140	2,5	550	100.	32	45	0,8	700

6. Варианты заданий на курсовой проект.

Варианты заданий на курсовой проект студенты дневного отделения получают индивидуально из перечня приведенных ниже. Студенты заочного отделения выбирают вариант по двум последним цифрам шифра студенческого билета (зачетной книжки).

Таблица 4.
Передачики импульсные СВЧ – диапазона
Таблица 4.1

№ вар.	Рабочая длина волны, λ , см.	Импульсная мощность, $P_{и}$, кВт	Длительность импульса, τ , мкс	Частота повторений, $F_{п}$, Гц	Место установки	ГСВЧ на приборе
1	3,2	250	2	400	Н	МГ
2	3,2	300	1,5	450	Н	МГ
3	3,2	200	1,6	500	Н	МГ
4	3,2	150	1,5	600	Н	МГ
5	3,2	100	1.0	650	Н	МГ
6	27,5	2,5	1,4	1500	Б	МКЛ
7	27,5	3.0	1,1	2000	Б	МКЛ
8	27,5	3,5	1,7	2500	Б	МКЛ
9	27,5	4,0	1,4	1500	Б	МКЛ
10	27,5	2,0	1,3	2500	Б	МКЛ
11	2,0	30	0,05	6000	Н	МГ
12	2,0	25	0,1	5500	Н	МГ
13	2,0	20	0,07	5000	Н	МГ
14	2,0	15	0,1	4500	Н	МГ
15	2,0	10	0,05	4000	Н	МГ
16	37-39	4,0	1,4	500	Б	МКЛ
17	37-39	10	1,2	450	Б	МКЛ
18	37-39	15	1,1	400	Б	МКЛ
19	37-39	20	1,0	350	Б	МКЛ
20	37-39	25	1,3	300	Б	МКЛ
21	10	600	2,0	450	Н	МГ
22	10	550	2,5	600	Н	МГ
23	10	800	2,0	400	Н	МГ
24	10	700	2,5	450	Н	МГ
25	10	600	1,5	500	Н	МГ
26	23	500	2,0	600	Н	К
27	23	750	1,6	700	Н	К
28	23	800	2,0	500	Н	К
29	23	850	2,5	400	Н	К

Продолжение таблицы 4.1

30	23	1200	3,0	330	Н	К
31	3,2	50	1,0	350	Б	МГ
32	3,2	40	1,75	400	Б	МГ
33	3,2	30	1,25	450	Б	МГ
34	3,2	20	1,5	500	Б	МГ
35	3,2	10	2,0	400	Б	МГ
36	27,5	1,2	0,5	1000	Б	МКЛ
37	27,5	0,6	0,6	1200	Б	МКЛ
38	27,5	0,8	0,7	1300	Б	МКЛ
39	27,5	1,0	0,8	1400	Б	МКЛ
40	27,5	1,4	0,9	1500	Б	МКЛ
41	26-29	0,75	2,0	2000	Б	МКЛ
42	26-29	1,0	2,5	2500	Б	МКЛ
43	26-29	1,5	2,0	3000	Б	МКЛ
44	26-29	1,2	1,5	2500	Б	МКЛ
45	26-29	1,75	2,5	2000	Б	МКЛ
46	32-34	15	1,2	4000	Н	МКЛ
47	32-34	20	1,4	4500	Н	МКЛ
48	32-34	25	1,6	5000	Н	МКЛ
49	32-34	30	1,8	4500	Н	МКЛ
50	32-34	32	2,0	4000	Н	МКЛ

Передачики связные, навигационные СВ, КВ, УКВ, СВЧ диапазонов.

Таблица 4.2

№ вар.	Диапаз. частот, МГц	Вид модуляции	Глуб. модуляции	Вых. мощн. Вт.	Частоты модул. кГц.	Элект. прибор	Место установки
51	0,3-0,6	ОМ	--	25	0,3-3,4	Т	Б
52	0,3-0,6	ОМ	--	30	0,3-3,4	Т	Б
53	0,3-0,6	ОМ	--	35	0,3-3,4	Т	Б
54	0,3-0,6	ОМ	--	40	0,3-3,4	Т	Б
55	0,3-0,6	ОМ	--	45	0,3-3,4	Т	Б
56	118-136	АМ	0,9	45	0,3-0,4	Т	Н
57	118-136	АМ	0,85	50	0,3-3,4	Т	Н
58	118-136	АМ	0,8	55	0,3-3,4	Т	Н
59	118-136	АМ	0,95	35	0,3-3,4	Т	Н
60	118-136	АМ	0,8	60	0,3-3,4	Т	Н
61	4200-4400	ЧМ	--	0,3	0.15	Т или МТ	Б

Продолжение таблицы 4.2

62	4200-4400	ЧМ	--	0,4	0,15	Т или МТ	Б
63	4200-4400	ЧМ	--	0,6	0,15	Т или МТ	Б
64	4200-4400	ЧМ	--	0,8	0,15	Т или МТ	Б
65	4200-4400	ЧМ	--	1,0	0,15	Т или МТ	Б
66	4 - 24	ОМ	--	20	0,3-3,4	Т	Н
67	4 - 24	ОМ	--	30	0,3-3,4	Т	Н
68	4 - 24	ОМ	--	40	0,3-3,4	Т	Н
69	4 - 24	ОМ	--	50	0,3-3,4	Т	Н
70	4 - 24	ОМ	--	55	0,3-3,4	Т	Н
71	140-174	ЧМ	1,5	0,75	0,3-3,4	ТИ	П
72	140-174	ЧМ	2,0	1,0	0,3-3,4	ТИ	П
73	140-174	ЧМ	1,5	1,25	0,3-3,4	ТИ	П
74	140-174	ЧМ	2,0	1,5	0,3-3,4	ТИ	П
75	140-174	ЧМ	1,5	0,5	0,3-3,4	ТИ	П
76	4 - 24	ОМ	--	80	0,3-3,4	Т	Б
77	4 - 24	ОМ	--	100	0,3-3,4	Т	Б
78	4 - 24	ОМ	--	120	0,3-3,4	Т	Б
79	4 - 24	ОМ	--	125	0,3-3,4	Т	Б
80	4 - 24	ОМ	--	70	0,3-3,4	Т	Б
81	108-112	АМ	0,3	10	0,15	ТИ	Н
82	108-112	АМ	0,25	15	0,15	ТИ	Н
83	108-112	АМ	0,4	20	0,15	ТИ	Н
84	108-112	АМ	0,35	25	0,15	ТИ	Н
85	108-112	АМ	0,4	30	0,15	ТИ	Н
86	118-136	АМ	0,85	120	0,3-3,4	Т	Н
87	118-136	АМ	0,9	100	0,3-3,4	Т	Н
88	118-136	АМ	0,8	130	0,3-3,4	Т	Н
89	118-136	АМ	0,85	150	0,3-3,4	Т	Н
90	118-136	АМ	0,75	150	0,3-3,4	Т	Н
91	2 - 18	ОМ	--	50	0,3-3,4	ТИ	Б
92	2 - 18	ОМ	--	55	0,3-3,4	ТИ	Б
93	2 - 18	ОМ	--	65	0,3-3,4	ТИ	Б
94	2 - 18	ОМ	--	70	0,3-3,4	ТИ	Б
95	2 - 18	ОМ	--	45	0,3-3,4	ТИ	Б
96	118-136	АМ	0,85	5	0,3-3,4	ТИ	Б
97	118-136	АМ	0,9	10	0,3-3,4	ТИ	Б
98	118-136	АМ	0,95	15	0,3-3,4	ТИ	Б

Окончание таблицы 4.2

99	118-136	АМ	0,9	20	0,3-3,4	ТИ	Б
100	118-136	АМ	0,85	25	0,3-3,4	ТИ	Б

Задания с № 1 по 50, включительно, относятся к импульсным передатчикам. Задания с № 51 по 100 – к связным передатчикам. Под глубиной модуляции понимаются или параметр степени модуляции при АМ, или индекс частотной модуляции при ЧМ. Под величиной выходной мощности при АМ следует понимать мощность на выходе в режиме несущей. Параметрами модуляции при импульсной модуляции являются длительность импульса в мкс и частота повторений импульсов в Гц. Другие обозначения в таблицах: ГСВЧ - генератор СВЧ, МГ – магнетрон, МК – металлокерамическая лампа, К – пролетный клистрон, МТ – митрон, Т – транзисторы, ИТ – интегрально-транзисторные, Б- бортовая установка, Н – наземная установка. АМ, ОМ, ЧМ – амплитудная, однополосная, частотная модуляции.

Приложение 1
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ
кафедра Радиотехнических устройств

Расчетно-пояснительная записка к курсовому проекту по
дисциплине "Формирование и передача сигналов"

Тема: Передатчик импульсный СВЧ диапазона.
(или "Передатчик связной КВ диапазона").

РС-94012.КП.01.22.00.42.ПЗ

Проектировал: студент IV курса ЗФ
Иванов И.С.
шифр.....
Руководитель: доцент
Петров И. И.

Защищен с оценкой.....

Москва - 2008

Приложение 2

Значения коэффициентов Берга

Θ°	a_0	a_1	$\text{Cos } \Theta$	$1-\text{Cos } \Theta$
50	0.183	0.339	0,643	0.357
55	0.200	0.370	0,550	0.450
60	0.218	0.390	0,500	0.500
65	0.235	0.410	0,410	0.590
70	0.235	0.436	0.342	0.658
75	0.272	0.459	0.242	0.758
80	0.286	0.473	0.174	0.826
85	0.305	0.490	0.070	0.930
90	0.319	0.500	0.000	1.000
95	0.338	0.514	0.104	0.896
100	0.350	0.520	0.174	0.826

Таблица функций Бесселя $J_n(x)$

Приложение 3

X	Порядок функции n										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	0.22	0.576	0.35	0.13	0.034	0.007					
3	-0.26	0.34	0.48	0.31	0.13	0.043	0.011				
4	-0.4	-0.06	0.36	0.43	0.28	0.13	0.049	0.015			
5	0.15	-0.27	-0.24	0.11	0.35	0.36	0.24	0.13	0.056	0.032	0.021

Приложение 4
 Параметры импульсных модуляторных ламп.

Параметры	ГМИ -2Б	ГМИ -5	ГМИ -7	ГМИ -10	ГМИ -11	ГМИ -16	ГМИ -19Б	ГМИ -20	ГМИ -22Б	ГМИ - 30	ГМИ -83	ГМИ -83Б-
Ток анода, А	90	16	52	13	14	5	120	10	20	15	15	25
Напряжение на аноде, кВ	32	20	22	9	10	4.5	30	3	20	30	20	18
Напряжение запира- ния, В	600	800	900	300	600	95	900	125	700	1200	800	800
Напряжение экран- ной сетки, кВ	2	1.2	0	1	1	0.9	2.5	0,75	1.4	-	1.25	1.25
Мощность рас- сеивания на аноде, Вт	900	50	125	41	85	8	1	15	250	300	65	60
То же на управл. сет- ки, Вт	12	3	3,2	1,5	1,5	1	25	1	3	-	3	3
Длительность им- пульса, мкс	03-2	03-5	02-5	0.5- 10	05-5	1-10	1- 1000	1-25	10- 1000	1-10	0.5- 2.5	0.5- 2.5
Напряжение на управляющей сетке в рабочем режиме, В	200	125	350	100	150	60	500	75	250	1000	750	250
Напряжение на аноде минимальное, кВ	2,5	6.75	1.5	0.5	0.5	0.75	1.6	0.4	1.6	1.3	1.5	1.5
Внутреннее сопро- тивление лампы в перенапряженном режиме, г _л , Ом	30	60	35	25	60	170	30	60	220	120	90	90
Внутреннее сопро- тивление в граничном режиме, Ом ч	340	670	200	3000	660	7500	170	2200	900	170	550	550
Ток управляющей сетки, А	7.5	1.7	10	2	2	0.6	12	1.5	3	5	4	3

Приложение 5

Параметры вакуумных диодов

Параметры	ВИ1-5\20	ВИ1-5\30	ВИ1-30\25	ВИ2-70\32	ВИ1-100X5	В1-0,03\1	В1-0,02\20	ВИ1-18\32
Напряжение накала, В	6.3	63	10	12.6			2.5	17
Ток накала, А	2.9	95	6	53	36.5	4.6	3.2	3.7
Минимальное обратное напряжение, кВ	20	30	25	32	60	13	20	32
Ток в импульсе, А	.5	5	30	70	100	0.03	0.02	18
Средний ток, мА	50	-	30	70	200	30	20	-
Максимальная длительность импульса, мкс	4	-	2.5	2.5	10	5	-	
Максимальная мощность рассеивания на аноде. Вт	33	2000	12	30	500	15		100
Внутреннее сопротивление, Ом	500	120	100	72	45	900	-	350

Приложение 6

Параметры электромеханических фильтров.

Тип	Полоса пропускания, Гц	Центральная частота, кГц	Затухание в полосе пропускания, дБ	Кэф-т прямоуг. по уровням 6 и 60 дБ	кОм	кОм
ЭМФ11Д-500-3,0с	3000 300	500 ОЛ	15	1.5	10	1
ЭМФ11Д-500-3,5В	3500 150	500 0Д5	15	1.5	10	1
ЭМФ11Д-500-3.5Н	3500-150	499 0.05	15	1.5	10	1
ЭМФП-5-465-9	5000 600	465 1.5	7	2.7	1	10

Параметры тираэронов

Параметры	ТГИ1-3\1	ТГИ1-5\1	ТГИ1-10\1	ТГИ1-35\3	ТГИ1-60\5	ТГИ1-90\8	ТГИ1-130\10	ТГИ1-260M2	ТГИ1-500\16	ТГИ1-1000\25	ТГИ1-2500X35
Напряжение накала, В	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
Ток накала, А	1	1.7	2.8	2.6	5.5	7	5	12	15	20	56
Напряжение анода, кВ	1	1	1	3	5	8	10	12	16	25	35
Ток анода, А	3	5	10	35	60	90	130	260	500	1000	2500
Длительность импульса, мкс	1	10	0.1-5	0.2-6	0.1-2.5	0.4-6	0.25-0.5	0.15-8	0.5-10	50	10
Импульсов в секунду, имп/с	5000	15000	40000	1000	15000	2000	30000	4500	50000	700	250
Средний ток анода, А	6	10	50	40	100	100	0.25	0.4	0.5	1	2,5
Напряжение поджига, кВ	0.05	0.1	0.15	0.15	0.2	0.2	0.17	0.2	0.4	0.5	1
Длительность импульсов поджига, мкс	3.5-20	2-4	1-6	1-6	4-6	2-2.5	2-8	2-8	3-7	3-7	3-6
Ток поджига, А	-	-	0.1	0.06	0.2	0.2	0.5	0.5	2.5	3	10

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование радиопередающих устройств;
Под ред. В. В. Шахгильдяна.-М.: Радио и связь., 2000, 2003,1984, 1993.
2. Проектирование радиопередающих устройств СВЧ; Под ред. Г.М.Уткина.
-М.: Сов. радио. 1979.
3. Радиопередающие устройства на полупроводниковых приборах; Под ред.
Р.А. Валитова, И.А.Панова-М.: Сов. радио, 1973.
4. Радиопередающие устройства (проектирование радиоэлектронной
аппаратуры на интегральных схемах); Под ред. О.А. Челнокова-М.: Радио и
связь, 1982.
5. Лапицкий Е, Г. и др. Расчет диапазонных радиопередатчиков. -Л.:
Энергия.1974.
6. Каганов В. И, Транзисторные радиопередатчики-М.: Энергия, 1976,
7. Минаев М.И. Радиопередающие устройства СВЧ. Минск: Высшая школа,
1978.
8. Бернштейн Э.А., Рудяченко Н. К. Импульсные радиопередающие
устройства. Киев: Гостехиздат,1963.
9. Проектирование радиопередающих устройств с применением ЭВМ; Под
ред.О.В.Алексеева.-М. Радио и связь, 1987.
- 10.Гарбер И.С. Магнитные импульсные модуляторы. - М.:Сов .радио,1965
- 11.Логвин А. И. Методические указания по выполнению курсового проекта
по радиопередающим устройствам, (примеры расчетов). МИИГА, 1984.
- 12.Логвин А.И. Методические указания по применению ЭВМ в курсе
"Формирование и передача сигналов". МИИГА,1990.
- 13.Логвин А.И. Методические указания к выполнению контрольной работы
по дисциплине "Радиопередающие устройства". МИИГА. 1986,
- 14.Кацнельсон В. В. и др. Электронно-вакуумные и газоразрядные приборы.
Справочник.- М.: Энергия, 1985.

15. Транзисторы средней и большой мощности. Справочник; Под ред. А.В.Голомедова.-М.: Радио и связь, 1989.
16. Дивеев В.Н. Формирование и передача сигналов. Пособие к изучению дисциплины. Для ст. 4 курса сп. 160905 заочного обучения. МГТУ ГА, 2004.
17. Игнатов В.А. Теория информации и передачи сигналов - М.: Радио и связь, 1991.
18. Логвин А.И. Методы формирования сигналов, МГТУГА, 1993.
19. Петров Б.Е., Романюк В.А. Радиопередающие устройства на полупроводниковых приборах.-М.: Высшая школа, 1989,
20. Дивеев В.Н. Формирование и передача сигналов. Проектирование передатчиков СВЧ. МГТУ ГА, 2003.
21. Дивеев В.Н. Формирование и передача сигналов. Пособие к выполнению курсового проекта. Для студентов 3 курса дневного и 4 курса заочного обучения сп. 160905. МГТУ ГА, 2007.
22. Перечень прикладных программных материалов по тематике курсовых проектов (кафедральные материалы).
 - 22.1. Модуль КПАМ – проектирование передатчика с амплитудной модуляцией.
 - 22.2. Модуль КП ФИПС № 36.mcd – проектирование импульсного передатчика, модулятор с частичным разрядом накопителя.
 - 22.3. Модуль КПИМ – проектирование импульсного передатчика, модулятор с полным разрядом накопителя.
 - 22.4. Модуль ФИПС 40_ЧМ.mcd – проектирование передатчика с частотной модуляцией.
 - 22.5. Модуль FIPS_ОМ.MCD – проектирование передатчика с однополосной модуляцией.

Содержание	Стр.
Введение	3
1. Контрольная работа	3
2. Курсовой проект	5
3. Методические указания и рекомендации	8
3.1 Методические указания и рекомендации по контрольной работе	8
3.2.Методические указания и рекомендации к курсовому проекту	10
4. Таблица вариантов задания 1	17
5. Таблицы вариантов задания 2	17
6. Варианты заданий на курсовой проект	21
Приложения	25
Литература	30