

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Колледж электроники и бизнеса

Кафедра электронной техники и физики

**В.В. Проходцев**

# **РАДИОПЕРЕДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА**

Методические указания к лабораторно-практическим работам

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом Государственного  
образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург  
ИПК ГОУ ОГУ  
2010

УДК 621.317:621.374(075.3)

ББК 32.842

П78

Рецензент - преподаватель общепрофессиональных и спец. дисциплин кафедры электронной техники и физики КЭиБ ОГУ А.П. Рыжков

**Проходцев В.В.**

П78 Радиопередающие устройства: методические указания к лабораторно-практическим работам. - Оренбург: ГОУ Колледж электроники и бизнеса ОГУ, 2010. - 36с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторно-практических работ, обеспечивающих учебный процесс по дисциплине «Радиопередающие устройства» в колледже электроники и бизнеса ГОУ ВПО ОГУ для студентов 4 курса в 7 семестре специальности 210308.51 «Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники».

Методические указания составлены с учетом Государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по направлению подготовки дипломированных специалистов, утвержденного 18.03.2002 года Министерством образования Российской Федерации.

УДК 621.317:621.374(075.3)

ББК 32.842

©Проходцев В.В., 2010

©КЭиБ ГОУ ОГУ, 2010

## Содержание

Введение.....	6
1 Лабораторно-практическая работа № 1. Передатчики тропосферной и спутниковой связи.....	9
1.1 Теоретические сведения.....	9
1.2 Подготовка к работе.....	12
1.3 План работы.....	13
1.4 Содержание отчета.....	13
1.5 Контрольные вопросы.....	13
2 Лабораторно-практическая работа № 2. Радиовещательные передатчики с амплитудной модуляцией диапазонов низкой, средней и высокой частоты.....	14
2.1 Теоретические сведения.....	14
2.2 Подготовка к работе.....	17
2.3 План работы.....	17
2.4 Содержание отчета.....	17
2.5 Контрольные вопросы.....	18
3 Лабораторно-практическая работа № 3. Расчет транзисторного автогенератора.....	19
3.1 Теоретические сведения.....	19
3.2 Подготовка к работе.....	28
3.3 План работы.....	28
3.4 Содержание отчета.....	28
3.5 Контрольные вопросы.....	28
4 Лабораторно-практическая работа № 4. Радиопередатчики для магистральной связи диапазона ВЧ (короткие волны) с однополосной модуляцией.....	29
4.1 Теоретические сведения.....	29
4.2 Подготовка к работе.....	31
4.3 План работы.....	32
4.4 Содержание отчета.....	32
4.5 Контрольные вопросы.....	32
5 Лабораторно-практическая работа № 5. Вещательные передатчики изображения очень и ультравысоких частот.....	33
5.1 Теоретические сведения.....	33
5.2 Подготовка к работе.....	36
5.3 План работы.....	36
5.4 Содержание отчета.....	36
5.5 Контрольные вопросы.....	37
Список использованных источников.....	38

## **Введение**

Дисциплина «Радиопередающие устройства» является важной составной частью подготовки специалистов в области радиоэлектроники. Он относится к специальным дисциплинам специальности 210308 «Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники».

Дисциплина предусматривает знакомство студентов с принципами построения генераторов с внешним возбуждением, автогенераторов, различными типами радиопередатчиков.

### **Место дисциплины в учебном процессе:**

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Радиопередающие устройства» являются:

- «Электронная техника»
- «Электрорадиоизмерения»
- «Антенно-фидерные устройства»

Вместе с тем дисциплина «Радиопередающие устройства» является основополагающей для изучения дисциплины «Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники» и для практической деятельности молодых специалистов.

### **Особенности курса:**

В курс входит в число специальных дисциплин определенных Государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования по направлению подготовки дипломированных специалистов, утвержденного 18.03.2002 года Министерством образования Российской Федерации.

**Требования к минимуму содержания основной профессиональной образовательной программы по специальности 210308.51 «Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники»:**

Студент должен знать: режимы и принципы построения генераторов с внешним возбуждением; параметры и характеристики активных элементов, гармонический анализ токов и напряжений; оптимальные режимы активных элементов, зависимости режимов от нагрузки и питающих напряжений; цепи согласования активного элемента и нагрузки; схемы генераторов с внешним возбуждением; сложение мощности активных элементов; широкополосные усилители, умножители частоты; автогенераторы, нестабильность частоты, кварцевая стабилизация частоты, возбудители и синтезаторы частот; генераторы диапазона сверхвысоких частот: ламповые, клистронные, магнетронного типа, транзисторные, варисторные умножители частоты, на лавинопролетных диодах, на диодах Ганна; формирование сигналов, структурные схемы передатчиков с амплитудной, импульсной и частотной модуляцией; передатчики для работы с фазированными антенными решетками; паразитные колебания в передатчиках, побочные излучения; квантовые генераторы оптического диапазона и СВЧ; основы проектирования радиопередающих устройств; правила настройки радиопередающих устройств

Курс рассчитан на 106 часов теоретических занятий 20 часов лабораторно-практических работ. Промежуточная проверка знаний и умений студента проводится с помощью контрольных работ. Итоговый контроль в виде экзамена предусмотрен в 7 семестре.

Лабораторно-практические работы, выполняемые в 7 семестре представлены в таблице 1.

Наименование лабораторно-практических работ	Кол-во часов
1. Передатчики тропосферной и спутниковой связи.	2
2. Радиовещательные передатчики с амплитудной модуляцией диапазонов низкой, средней и высокой частоты.	4
3. Расчет транзисторного автогенератора.	4
4. Радиопередатчики для магистральной связи диапазона ВЧ (короткие волны) с однополосной модуляцией.	4
5. Вещательные передатчики изображения очень и ультравысоких частот.	4
6. Зачетное занятие	2
Итого:	20 часов

Таблица 1-Перечень лабораторно-практических работ

Данные методические указания базируются на коллективном опыте преподавателей кафедры электронной техники и физики Колледжа электроники и бизнеса Оренбургского государственного университета.

## **1 Лабораторно-практическая работа № 1. Передатчики тропосферной и спутниковой связи**

### **1.1 Теоретические сведения**

**Цель работы:** Изучение назначения, основных параметров и анализ работы структурной схемы передатчика

### 1.1.1 Передатчики спутниковой связи

Они используются для передачи программ радиовещания, телевидения, телефонных и телеграфных сообщений, изображения газетных полос (фототелеграф) и т.д.

В систему спутниковой связи входят:

- передатчики земных станций, передающие сигналы на спутник. Они работают на частотах от 4,4 до 14,5 Гигагерц и выше;
- бортовые передатчики, установленные на спутнике. Они работают в качестве ретрансляторов земных передатчиков. Каждый из таких передатчиков имеет до 40 и более стволов (каналов), по которому передается информация, возможно с помощью уплотнения частотной полосы ствола передавать в нем две телевизионные программы с их звуковым сопровождением.
- распределительная сеть - земные приемные устройства, которые принимают сигнал бортового передатчика.

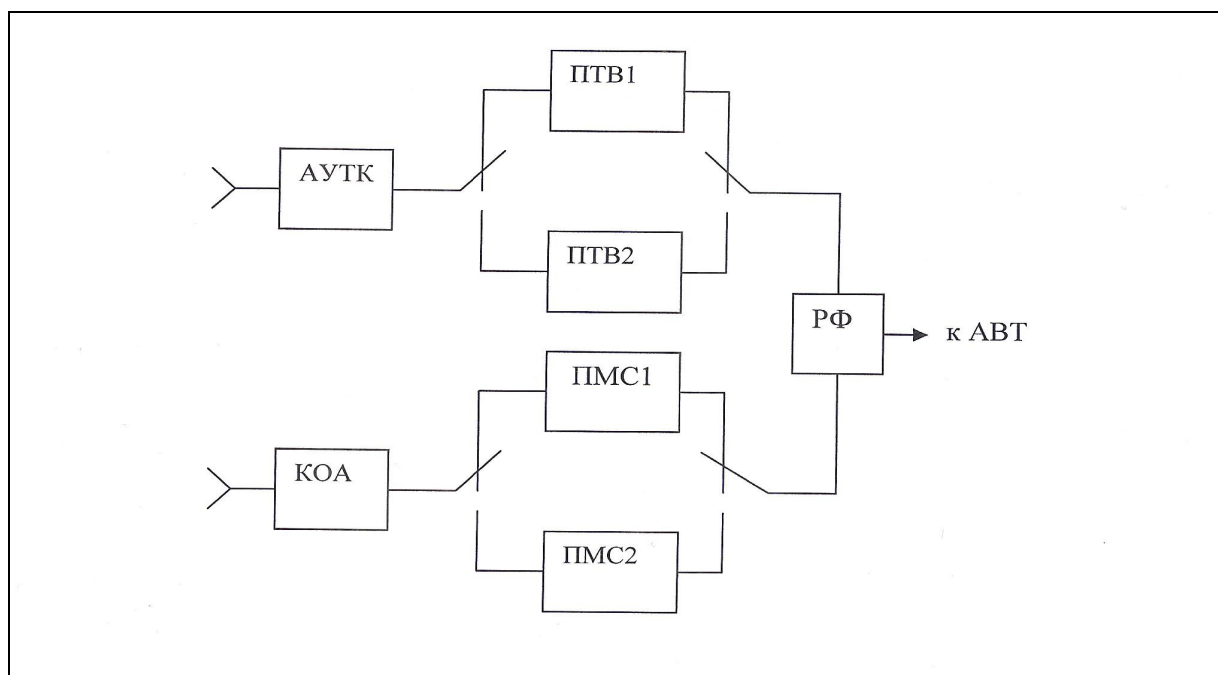


Рисунок 1- Структурная схема передатчика земной станции

### 1.1.2 Элементы схемы

В каждом стволе один передатчик рабочий, другой резервный. Первый ствол используют для передачи телевизионного сигнала, второй для многоканальной телефонной связи.

-АУТК - аппаратура уплотнения телевизионного - сигнала;

-ПТВ1 (рабочий) и ПТВ2 (резервный) - передатчики телевизионного сигнала;

КОА - каналообразующая аппаратура;

ПМС1 (рабочий) и ПМС2 (резервный) - передатчики многоканальной связи;

РФ - разделительный фильтр;

АВТ - антенно-волноводный тракт.

В последнее время происходит перевод телевизионного сигнала с аналогового на цифровой метод передачи, где передается не аналоговый, а цифровой сигнал, в котором закодирована информация об изображении и звуковом сопровождении. Скорость передачи цифровой информации достигает несколько десятков мегабайт в секунду.

Мощность земных передатчиков варьируется от единиц до десятков киловатт.

Мощность бортового передатчика, приходящаяся на один ствол составляет десятки ватт.

### 1.1.3 Структурная схема радиопередатчика спутниковой радиосвязи

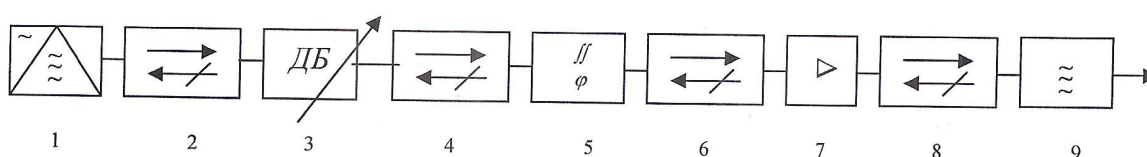


Рисунок 2-Структурная схема радиопередатчика спутниковой радиосвязи

Элементы схемы

-1 модулятор, осуществляющий частотную модуляцию



- 2, 4, 6, 8 - развязывающие устройства (обеспечивают работу тракта на согласованную нагрузку);

8 - в качестве развязывающих устройств применяются ферритовые вентили.

3 - входной аттенюатор, регулирующий уровень мощности возбуждения;

5 - корректор фазовых и временных искажений;

7 - оконечный усилитель мощности на клистроне (источник колебаний частотой до десятков ГиГагерц);

9 - фильтр для ослабления высших гармоник на выходе усилителя.

## 1.2 Тропосферные линии связи

8 из них используется эффект рассеяния дециметровых и сантиметровых волн в тропосфере и дальнейшего отражения этих волн на Землю. Эти линии обеспечивают внутризональную (местную) телефонную связь в труднодоступных районах (Крайний Север и др.), между военными формированиями и т.д.

Передатчики установлены на подвижных станциях (мощность до 10кВт), частоты от 0,75 до 8,5 ГиГагерц. Количество телефонных каналов зависит от участков переприема. На коротких участках до 300км передают до 120 телефонных каналов, на протяженных участках число каналов уменьшают до 12.

## 1.2 Подготовка к работе

1) Изучить принцип работы и назначения элементов схемы радиопередатчиков спутниковой связи.

2) Выполнить чертежи электрических схем радиопередатчиков.

## 1.3 План работы

1.3.1 На основании структурной схемы радиопередатчика земной станции разработать структурную схему радиопередатчика на три ствола.

1.3.2 Проанализировать работу схемы радиопередатчика на три ствола в режиме «холодного резервирования», указав на схеме цепи прохождения сигналов.

1.3.3 Проанализировать работу схемы радиопередатчика на три ствола в режиме «горячего резервирования», указав на схеме цепи прохождения сигналов.

## **1.4 Содержание отчета**

1.4.1 Структурную схему радиопередатчика земной станции на три ствола.

1.4.2 Анализ работы схемы радиопередатчика на три ствола в режиме «холодного резервирования», указав на схеме цепи прохождения сигналов.

1.4.3 Анализ работы схемы радиопередатчика на три ствола в режиме «горячего резервирования», указав на схеме цепи прохождения сигналов.

## **1.5 Контрольные вопросы**

1.5.1 Указать основные элементы системы спутниковой связи.

1.5.2 На чём основан принцип работы тропосферных линий связи.

1.5.3 Указать преимущества цифровых систем спутниковой связи.

1.5.4 Провести анализ работы схемы радиопередатчика земной станции.

1.5.5 Провести анализ работы схемы радиопередатчика спутниковой связи.

## 2 Лабораторно-практическая работа № 2. Радиовещательные передатчики с амплитудной модуляцией диапазонов низкой, средней и высокой частоты

### 2.1 Теоретические сведения:

**Цель работы:** Изучение особенностей эксплуатации и структурных схем радиопередатчиков с амплитудной модуляцией диапазонов низкой, средней и высокой частоты.

2.1.1 Особенности эксплуатации и основные требования к передатчикам. Указанные радиопередатчики применяют в различных условиях построения системы радиосвязи: в разных диапазонах частот, для передачи сигналов для небольших зон 100-150 км, лежащих вокруг радиостанций (местное вещание), и для больших территорий, расположенных, в том числе за границей, для работы в любое время года, днем и ночью. При проектировании радиопередатчиков учитывают системные показатели тракта передачи - прием и взаимные помехи радиостанций, условия радиоприема (земной, пространственный луч), требования к стабильности частоты. Для повышения эффективности системы радиовещательной передачи сразу же после микрофонного усилителя в студийно-аппаратном комплексе радиовещательный сигнал подвергают специальной обработке:

- сужают динамический диапазон - отношение  $P_{с \max}/P_{с \min}$ , где  $P_{с \max}$  и  $P_{с \min}$  - максимальная и минимальная мощности сигнала. Обычно динамический диапазон сжимается до 40 децибел за счет поднятия мощности самых тихих звуков в 1000 и более раз;

- изменяют частотную характеристику распределения энергии вещательного сигнала: колебания с  $f > 10$  кГц подавляются, а с  $f=3-4$  кГц усиливаются.

- обрабатывают вещательный сигнал с помощью специальных ревербераторов, позволяющих регулировать акустическое эхо и имитировать акустическую обстановку передаваемой сцены.

### 2.1.2 Структурная схема радиопередатчика с амплитудной модуляцией диапазонов низкой, средней и высокой частоты

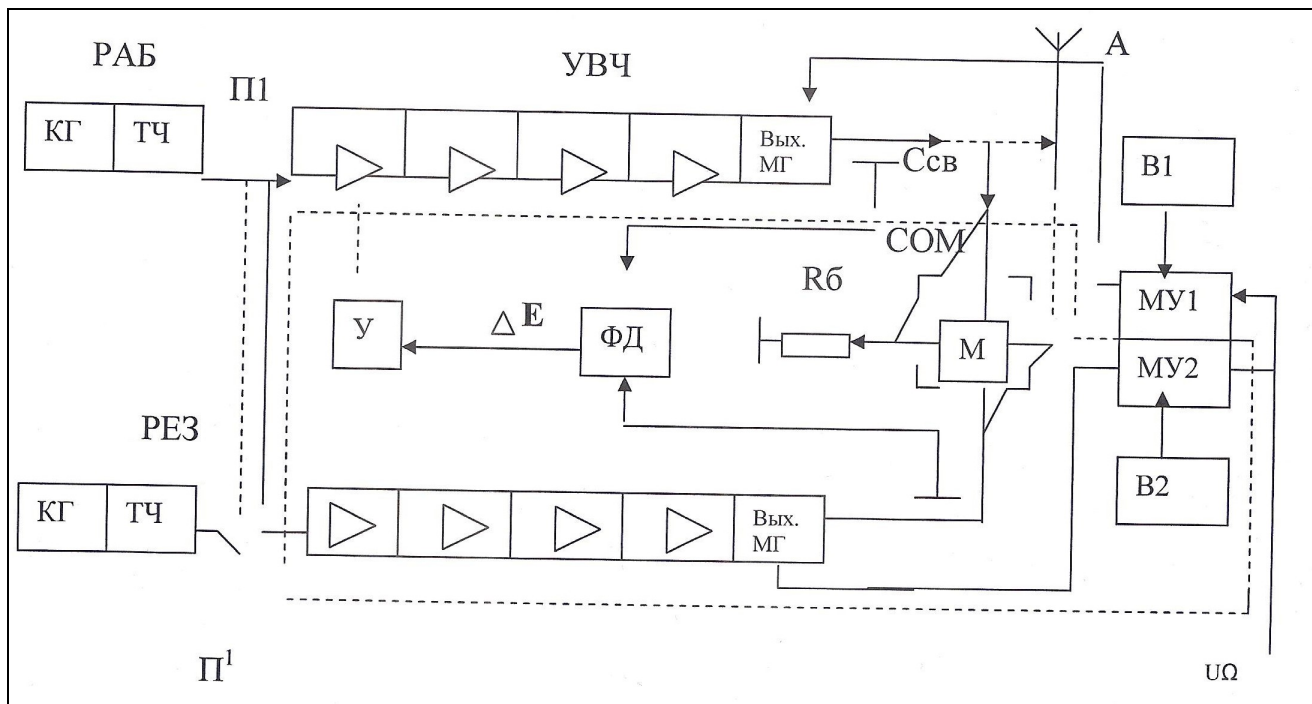


Рисунок 3-Структурная схема радиопередатчика с амплитудной модуляцией диапазонов низкой, средней и высокой частоты

#### 2.1.3 Элементы схемы

а) РАБ и РЕЗ - рабочий и резервный возбуждители, состоящие из КГ -кварцевого генератора и ТЧ - трансформатора частоты (синтезатор частоты, позволяющий получить требуемую частоту передатчика из высокостабильных колебаний кварцевого генератора);

б) УВЧ - усилитель высокой частоты, состоящий из четырех промежуточных каскадов и выходного модулируемого генератора Вых МГ;

- в) МУ1 и МУ2 - каскады мощного усилителя низкочастотного модуляционного тракта;
- г) В1 и В2- выпрямители;
- д) М - мостовая схема сложения мощностей;
- е) СОМ - схема обхода моста;
- ж) ФД - фазовый детектор;
- з) У - управители (обычно варикапы);
- и) Сев - конденсаторы связи;
- к) Rб - балластный резистор;
- л) А - передающая антенна.

#### 2.1.4 Принцип работы

С целью повышения надежности радиопередатчиков в схеме имеется два тракта (рабочий и резервный). В случае пропадания выходного напряжения рабочего возбудителя вход тракта УВ4 автоматически переключается на резервный с помощью переключателя П1 (П.'1). Одновременно включается рабочее напряжения ТЧ резервного возбудителя. Что касается КГ, то оба они все время находятся под рабочим напряжением, чтобы предотвратить "ВЫБЕГ ЧАСТОТЫ", появляющийся при разогреве КГ после его включения. Модулирующее напряжение  $I_{\Omega}$  подается на МУ и оттуда на Вых МГ, где и происходит амплитудная модуляция.

После усиления в УВЧ и модуляции сигнал излучается антенной А. Данная система из двух трактов называется системой "холодного резервирования". С целью увеличения мощности и повышение надежности передатчика применяется также система "горячего резервирования". В таком варианте оба выхода МГ подключаются к мосту сложения мощностей М, а оттуда к антенне. Имеется также система фазирования для устранения сдвига фаз колебаний обоих полукомплектов. В этой системе с помощью Сев с каждого полукомплекта колебания подаются на ФД. При расхождении фаз на выходе ФД появляются

сигнал ошибки  $E$ , воздействующий на  $U$ , который и осуществляет подстройку резонансного контура УВЧ для компенсации сдвига фаз.

Мост  $M$  снабжен системой обхода моста  $СOM$ ,. При выходе из строя одного полукомплекта второй полукомплект с помощью  $СOM$  подключается к  $A$ , а неисправный полукомплект к  $Rб$ .

## **2.2 Подготовка к работе**

2.2.1 Изучить принцип работы и назначение элементов схемы радиопередатчика.

2.2.2 Выполнить чертёж схемы радиопередатчика.

## **2.3 План работы**

2.3.1 Проанализировать работу схемы радиопередатчика в режиме «холодного резервирования», указав на схеме цепи прохождения сигналов.

2.3.2 Проанализировать работу схемы радиопередатчика в режиме «горячего резервирования», указав на схеме цепи прохождения сигналов.

2.3.3 Проанализировать работу схемы фазового детектирования, указав на схеме радиопередатчика цепи прохождения сигналов.

## **2.4 Содержание отчета**

2.4.1 Анализ работы схемы радиопередатчика в режиме «холодного резервирования», указав на схеме цепи прохождения сигналов.

2.4.2 Анализ работы схемы радиопередатчика в режиме «горячего резервирования», указав на схеме цепи прохождения сигналов.

2.4.3 Анализ работы схемы фазового детектирования, указав на схеме радиопередатчика цепи прохождения сигналов.

## 2.5 Контрольные вопросы

Перечислить основные элементы схемы радиопередатчика и указать их назначение.

2.5.1 Как устранить «выбег частоты» радиопередатчика.

2.5.2 В каком режиме работы радиопередатчика включается схема обхода моста.

2.5.3 Указать назначение трансформатора частоты в схеме радиопередатчика.

2.5.4 Какие факторы учитываются при проектировании радиопередатчиков с амплитудной модуляцией диапазонов низкой, средней и высокой частоты.

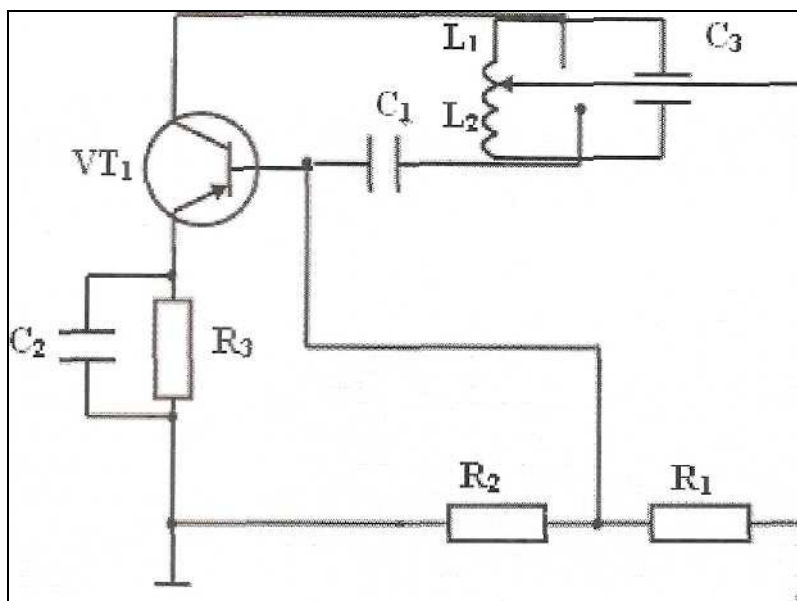
### 3 Лабораторно-практическая работа № 3. Расчет транзисторного автогенератора

**Цель работы:** Рассчитать транзисторный автогенератор.

#### 3.1 Теоретические сведения

Порядок расчета

Исходная схема:



-Рисунок 4- Схема транзисторного автогенератора

Исходные данные:

1 вариант:

Выходная мощность контура  $P_k=45(\text{Вт})$ ;

Частота сигнала на выходе контура  $f_p=25(\text{МГц})$

Задан тип транзистора 2Т950Б;



Мощность транзистора  $P_{кmax}=50(\text{Вт})$ ;

Максимальная частота  $f_{Max}=30(\text{МГц})$ ;

Статический коэффициент передачи тока  $h_{21e}=40$ ;

Напряжение коллектора  $E_K=28(\text{В})$ ;

Крутизна линий критического режима  $S_{Kp}=26(\text{А/В})$

Крутизна характеристики тока коллектора  $S_o=31(\text{А/В})$

Угол отсечки тока коллектора  $\Theta=90^\circ$

Коэффициент разложения импульса тока  $\alpha=0,5$ ;  $\alpha=0,318$

2 вариант:

Выходная мощность контура  $P_k=35(\text{Вт})$ ;

Частота сигнала на выходе контура  $f_p=15(\text{МГц})$ ;

Задан тип транзистора 2Т950Б;

Мощность транзистора  $P_{кmax}=40(\text{Вт})$ ;

Максимальная частота  $f_{Max}=25(\text{МГц})$ ;

Статический коэффициент передачи тока  $h_{21e}=40$ ;

Напряжение коллектора  $E_K=30(\text{В})$ ;

Крутизна линий критического режима  $S_{Kp}=20 (\text{А/В})$  ;

Крутизна характеристики тока коллектора  $S_o=30(\text{А/В})$  ;

Угол отсечки тока коллектора  $\Theta=90^0$

Коэффициент разложения импульса тока  $\alpha=0,5$ ;  $\alpha=0,318$

3 вариант:

Выходная мощность контура  $P_k=40(\text{Вт})$ ;

Частота сигнала на выходе контура  $f_p=45(\text{МГц})$ ;

Задан тип транзистора 2Т950Б;  
Мощность транзистора  $P_{\text{кmax}}=35(\text{Вт})$ ;  
Максимальная частота  $f_{\text{Max}}=50(\text{МГц})$ ;  
Статический коэффициент передачи тока  $h_{21e}=40$ ;  
Напряжение коллектора  $E_{\text{к}}=30(\text{В})$ ;  
  
Крутизна линий критического режима  $S_{\text{кр}}=20(\text{А/В})$  ;  
  
Крутизна характеристики тока коллектора  $S_{\text{o}}=40(\text{А/В})$  ;  
Угол отсечки тока коллектора  $\Theta=90^{\circ}$   
Коэффициент разложения импульса тока  $\alpha=0,5$ ;  $\alpha=0,318$

4 вариант:

Выходная мощность контура  $P_{\text{к}}=60(\text{Вт})$ ;  
Частота сигнала на выходе контура  $f_{\text{р}}=28(\text{МГц})$ ;  
Задан тип транзистора 2Т950Б;  
Мощность транзистора  $P_{\text{кmax}}=50(\text{Вт})$ ;  
Максимальная частота  $f_{\text{max}}=25(\text{МГц})$ ;  
Статический коэффициент передачи тока  $h_{21e}=40$ ;  
Напряжение коллектора  $E_{\text{к}}=25(\text{В})$ ;  
  
Крутизна линий критического режима  $S_{\text{кр}}=30(\text{А/В})$  ;  
  
Крутизна характеристики тока коллектора  $S_{\text{o}}=31(\text{А/В})$ ;  
  
Угол отсечки тока коллектора  $\Theta=90^{\circ}$   
Коэффициент разложения импульса тока  $\alpha=0,5$ ;  $\alpha=0,31$

Выходная мощность контура  $P_k=45(\text{Вт})$ ;

Частота сигнала на выходе контура  $f_p=30(\text{МГц})$ ;

Задан тип транзистора 2Т950Б;

Мощность транзистора  $P_{\text{кmax}}=50(\text{Вт})$ ;

Максимальная частота  $f_{\text{max}}=25(\text{МГц})$ ;

Статический коэффициент передачи тока  $h_{21e}=40$ ;

Напряжение коллектора  $E_k=28(\text{В})$ ;

Крутизна линий критического режима  $S_{kp}=26(\text{А/В})$  ;

Крутизна характеристики тока коллектора  $S_o=31(\text{А/В})$  ;

Угол отсечки тока коллектора  $\Theta=90^\circ$

Коэффициент разложения импульса тока  $\alpha=0,5$ ;  $\alpha=0,318$

6 вариант:

Выходная мощность контура  $P_k=55(\text{Вт})$ ;

Частота сигнала на выходе контура  $f_p=35(\text{МГц})$ ;

Задан тип транзистора 2Т950Б;

Мощность транзистора  $P_{\text{кmax}}=50(\text{Вт})$ ;

Максимальная частота  $f_{\text{max}}=45(\text{МГц})$ ;

Статический коэффициент передачи тока  $h_{21e}=40$ ;

Напряжение коллектора  $E_k=28(\text{В})$ ;

Крутизна линий критического режима  $S_{kp}=26(\text{А/В})$  ;

Крутизна характеристики тока коллектора  $S_o=31(\text{А/В})$  ;

Угол отсечки тока коллектора  $\Theta=90^\circ$

Коэффициент разложения импульса тока  $\alpha=0,5$ ;  $\alpha=0,318$

7 вариант:

Выходная мощность контура  $P_k=20(\text{Вт})$ ;

Частота сигнала на выходе контура  $f_p=35(\text{МГц})$ ;

Задан тип транзистора 2Т950Б;

Мощность транзистора  $P_{k\text{max}}=50(\text{Вт})$ ;

Максимальная частота  $f_{\text{max}}=40(\text{МГц})$ ;

Статический коэффициент передачи тока  $h_{21e}=40$ ;

Напряжение коллектора  $E_k=28(\text{В})$ ;

Крутизна линий критического режима  $S_{kp}=26(\text{А/В})$  ;

Крутизна характеристики тока коллектора  $S_o=31(\text{А/В})$ ;

Угол отсечки тока коллектора  $\Theta=90^\circ$

Коэффициент разложения импульса тока  $\alpha_1=0,5$ ;  $\alpha_o=0,318$

Методика расчета.

Определяют: усредненное время движения носителей тока между р-п переходами транзистора

$$\tau n \frac{1}{2\pi \phi \max} \quad (\text{в микросекундах})$$

Угол пробега носителей тока  $\varphi_{np}=2\pi f_p \tau$  (выразить в градусах!)

Угол отсечки тока эмиттера  $\Theta_o=(\Theta-\varphi_{np})^\circ$

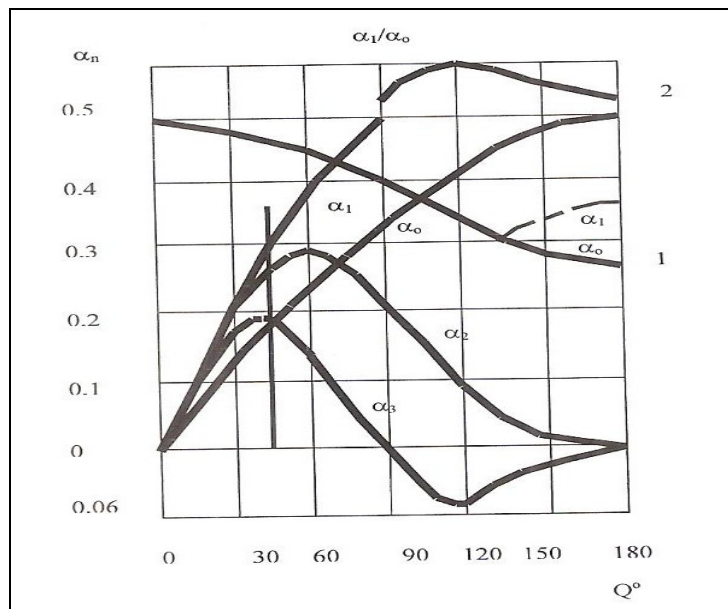


Рисунок 5-Графики зависимости коэффициента разложения от угла отсечки тока  
По графикам определяем коэффициенты разложения тока эмиттера и  $\alpha_0$

Находим коэффициент использования коллекторного напряжения

$$\xi = 1 - 2P_k / E_k^2 S_k \alpha_1$$

Находим:

Амплитуду переменного напряжения на контуре

$$U_{km} = \xi E_k$$

Амплитуду первой гармоники коллекторного тока

$$J_{km1} = 2P_k / \alpha_1$$

Постоянную составляющую коллекторного тока

$$J_{ko} = \alpha_0 J_{km1}$$

Максимальное значение импульса тока коллектора

$$J_{kmax} = J_{km1} / \alpha_1$$

Мощность в цепи коллектора

$$P_0 = J_{k0} E_k$$

Мощность рассеяния на коллекторе

$$P_{ko} = P_0 - P_k$$

К.П.Д. по цепи коллектора

$$\eta_k = P_k / P_0$$

Эквивалентное резонансное сопротивление контура в цепи коллектора

$$R_{\Sigma 0} = U_{km} / J_{km1}$$

Коэффициент передачи тока в схеме с общей базой на низкой частоте

$$H_{21b} = h_{21L} / (1 + h_{21L})$$

То же на рабочей частоте

$$H_{21b} = h_{21L} / (1 + h_{21L})$$

Амплитуда импульса тока эмиттера

$$J_{\Sigma \max} = J_{km1} / \alpha_{1\beta}$$

Амплитуда напряжения возбуждения на базе транзистора

$$U_{бэм} = J_{\Sigma \max} / (1 - \cos \Theta_3) S_0$$

Напряжение смещения на базе

$$U_{бэ см} = E_c + U_{б3m} \cos \Theta_3$$

Где  $E_c = 0,2(V)$  - напряжение среза Коэффициент обратной связи

$$K_{oc} = U_{бэт} / U_{km}$$

Постоянная составляющая тока базы

$$J_{\text{б0}} = J_{\text{к0}} / h_{21L}$$

Ток делителя  $R_1$  и  $R_2$

$$J_g = 5J_{\text{б0}}$$

Сопротивление

$$R_2 = U_{\text{бэт}} / J_g$$

Рабочая длина волны

$$\lambda_p = C / F_p = 3 \times 10^8 / 25 \times 10^6$$

Минимальная общая емкость контура

$$C_{\text{kmin}} \sim 2\lambda_p \text{ (в пикофарадах)}$$

Емкость

$$C_3 = C_{\text{kmin}} - C_{\text{вн}}$$

Где  $C_{\text{вн}} = 11$  (пф)-вносимая емкость

Индуктивность контура

$$L_k = 0,282 / \lambda_p^2 / C_{\text{kmin}}$$

где  $L_k$  - в микроГенри,  $\lambda_p$  - в метрах,

$C_{\text{kmin}}$  - в пико Фарадах,

Волновое сопротивление контура

$$B = 10^3 \sqrt{L_k / C_{\text{kmin}}}$$

где  $\beta$  - в омах,  $L_k$  - в мкГн,  $C_{\text{kmin}}$  - в пФ.

Добротность нагруженного контура  $Q^1 = Q(1 - n_k)$

где  $Q=200$  - добротность ненагруженного контура Сопротивление потерь

$$R_n = \beta / Q'$$

Сопротивление, вносимое в контур

$$R_{BH} = R_n n_k (1 - n_k)$$

Полное сопротивление контура

$$R_K = R_n n_k (1 - n_k)$$

Полное сопротивление контура

$$R_k = R_n + R_{BH}$$

Амплитуда тока в нагруженном контуре

$$J_{km} = \sqrt{2P/P_k}$$

Индуктивности

$$L_2 = K_{oc} L_k$$

$$L_1 = L_k - L_2$$

Резистор

$$R_1 = E_k - U_{бэсм} / J_g$$

Мощности рассеяния на резисторах

$$P_{R1} = J_g^2 R_1 ; P_{R2} = J_g^2 R_2 \text{ Ёмкость}$$

$$C_1 = 20C_{э,}$$

где  $C_э = 600$  пф - ёмкости эмиттерного перехода транзистора. Резистор

$$R_3 = U_э / J_{э0}$$

где  $U_э = 1,5$  (В) - напряжение на  $R_э$   $J_{э0} = J_{к0}$



Емкость

$$C_2=30 \times 10^3 / f_p R_3$$

Где  $C_2$ - в микрофарадах,  $f_p$ - в герцах,  $R_3$  – в килоомах

## **3.2 Подготовка к работе**

3.2.1 Выбрать нужный вариант исходных данных

3.2.2 Ознакомиться с методикой расчета

## **3.3 План работы**

3.3.1 Произвести расчеты

3.3.2 Произвести анализ работы схемы

3.3.3 Произвести анализ результатов расчета

## **3.4 Содержание отчета:**

3.4.1 Чертеж схемы автогенератора

3.4.2 Анализ работы схемы автогенератора

3.4.3 Расчет схемы автогенератора

3.4.4 Анализ результатов расчета

## **3.5 Контрольные вопросы**

3.5.1 Принцип работы электрической схемы автогенератора

3.5.2 Нарисовать трехточечную схему автогенератора и пояснить способ выполнения условий самовозбуждения

3.5.3 Способы осуществления условий самовозбуждения

3.5.4 Назвать режимы самовозбуждения и указать способы их осуществления

#### **4 Лабораторно-практическая работа № 4. Радиопередатчики для магистральной связи диапазона ВЧ (короткие волны) с однополосной модуляцией**

**Цель работы:** Изучение структурной схемы КВ – радиопередатчиков

##### **4.1 Теоретические сведения**

###### **4.1.1 Назначение и особенности проектирования**

Коротковолновые (КВ) - радиопередатчики используют в стационарных условиях и в системах подвижных служб (сухопутной, морской, воздушной). Применяются одно - двух- и четырехканальные передатчики с возможностью универсального использования каналов для передачи непрерывных или дискретных сигналов телефонных, телеграфных, фототелеграфных систем связи. Проектирование начинают с разработки технического задания, в котором должны быть отражены возможности автоматизации настройки и программного управления, мощность, диапазон частот, вид источников питания, параметры антенн, транзисторизация маломощных каскадов, применение линейных интегральных микросхем и монолитных кварцевых фильтров.

#### 4.1.2 Структурная схема радиопередатчика типа “Молния – 3”

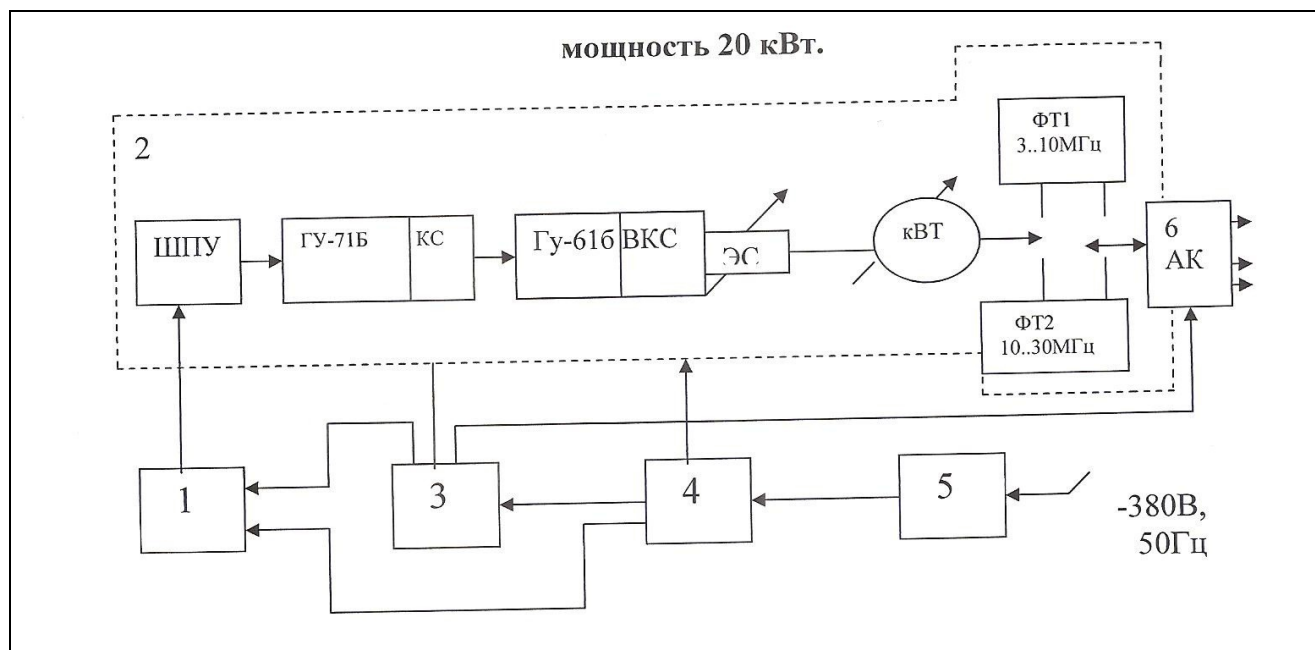


Рисунок-6 Структурная схема радиопередатчика типа "Молния - 3", мощность 20 кВт.

#### 4.1.3 Элементы схемы

- 1-возбудитель с устройством модуляции
- 2-собственно передатчик или линейный усилитель ЛУ
- 3- устройства управления, блокировки и сигнализации УБС и автоматической настройки передатчика
- 4-источник питания РПУ
- 5-стабилизатор питающих напряжений
- 6-антенный коммутатор

#### 4.1.4 Принцип работы

Сигнал с возбудителя 1 поступает на линейный усилитель ЛУ - мощный усилитель высокочастотных колебаний - содержит несколько каскадов. Типовые

параметры ЛУ - максимальная амплитуда входного напряжения 0,8... 1,0(В), входное сопротивление 75 (Ом).

Первые два - три каскада выполняют либо в виде ламповых усилителей либо в виде широкополосных усилителей на биполярных и полевых транзисторах. Последние один - два каскада - усилители мощности на генераторных лампах -тетродах ГУ-71Б и ГУ-61Б. КС и ВКС - промежуточная и входная колебательные системы - перестраиваемые колебательные контуры. Выходные каскады строят обычно по одноактной схеме, поэтому на выходе включают симметрирующие трансформаторы с мощностью до 100 кВт и с частотным диапазоном 3-30 МГц.

Для подключения передатчиков к той или другой антенне используют антенный коммутатор. Это устройство с ручным, дистанционным или автоматическим управлением позволяет подключать до 20 передатчиков на различные 20 антенн.

Устройства УБС и автонастройки 3 состоят из механических и электрических элементов управления передатчиком (кнопок, ручек, тяг, электродвигателей, элементов грубой и точной настройки).

В передатчиках последних моделей можно встретить микропроцессорный блок управления, связанный с системой датчиков и исполнительных механизмов для автоматического управления передатчиком, периодического контроля его основных параметров, диагностики и предсказания отказов.

Устройство питания 4 включает в себя выпрямители на необходимые мощности и напряжения для питания анодных, сеточных, коллекторных цепей, трансформаторы для питания накальных цепей, систем управления и охлаждения.

## **4.2 Подготовка к работе**

4.2.1 Изучить принцип работы и назначение элементов схемы радиопередатчика.

4.2.2 Выполнить чертёж схемы радиопередатчика

### **4.3 План работы**

4.3.1 Проанализировать работу схемы радиопередатчика, указав на схеме цепи прохождения сигналов.

4.3.2 Проанализировать работу схемы антенного коммутатора, симметрирующих трансформаторов, указав на схеме радиопередатчика цепи прохождения сигналов.

### **4.4 Содержание отчета**

4.4.1 Чертеж структурной схемы радиопередатчика типа «Молния -3»

4.4.2 Анализ работы схемы радиопередатчика в режиме, указав на схеме цепи прохождения сигналов.

4.4.3 Указать особенности проектирования и подбора элементной базы коротковолновых радиопередатчиков.

### **4.5 Контрольные вопросы**

4.5.1 В каких диапазонах частот работают радиовещательные радиопередатчики.

4.5.2 Нарисуйте структурную схему радиовещательного радиопередатчика

4.5.3 Какой вид модуляции используется в радиопередатчике, работающем в коротковолновом диапазоне.

4.5.4 Какова ширина спектра сигнала излучаемого коротковолновым радиопередатчиком.

## **5 Лабораторно-практическая работа № 5. Вещательные передатчики изображения очень и ультравысоких частот**

**Цель работы:** Изучение структурной схемы вещательных передатчиков изображения очень и ультравысоких частот.

### **5.1 Теоретические сведения**

#### **5.1.1 Назначение и основные технические характеристики вещательных радиопередатчиков изображения**

Вещательные передатчики изображения применяются для телевизионного вещания и формирования сигналов изображения и звука.

Для передачи сигнала изображения принята амплитудная модуляция, для передачи сигнала звука - частотная. Телевизионное вещание в России ведется на частотах 48,5 - 100МГц (I-II диапазоны), 174 -230МГц (III- диапазон), 470 -790МГц (IV-V диапазон). Частота сигнала звукового сопровождения на 6,5 МГц больше частоты сигнала изображения.

Пиковая мощность вещательных передатчиков по каналу изображения от единиц ватт (у необслуживаемых местных ретрансляторов) до 100-200(кВт) (у некоторых уникальных станций). Мощность по каналу звука должна составлять 1/10 пиковой мощности по каналу изображения.

#### **5.1.2 Элементная база радиопередатчиков изображения**

Элементная база радиопередатчиков зависит от их мощности. Телевизионные передатчики мощностью до 1(кВт) полностью транзисторные. В передатчиках метрового диапазона мощностью до нескольких киловатт предварительные каскады канала изображения - транзисторные, оконечный – ламповый на лучевом тетраде, передатчик звукового сопровождения полностью транзисторный

### 5.1.3 Проектирование радиопередатчиков изображения

Центральным вопросом при проектировании РПУ является вопрос надежности. Для его решения возможны два варианта:

1) Имеются два полукомплекта - рабочий и резервный, который

включается при отказе рабочего;

2) Имеются два постоянно работающих полукомплекта половинной мощности, выходные колебания которых складываются в общем фидере спомощью мостовой схемы.

При отказе одного из комплектов работает лишь один (включается схема обхода моста СОМ) и мощность РПУ снижается вдвое.

## 5.1.4 Структурная схема вещательного радиопередатчик

изображения

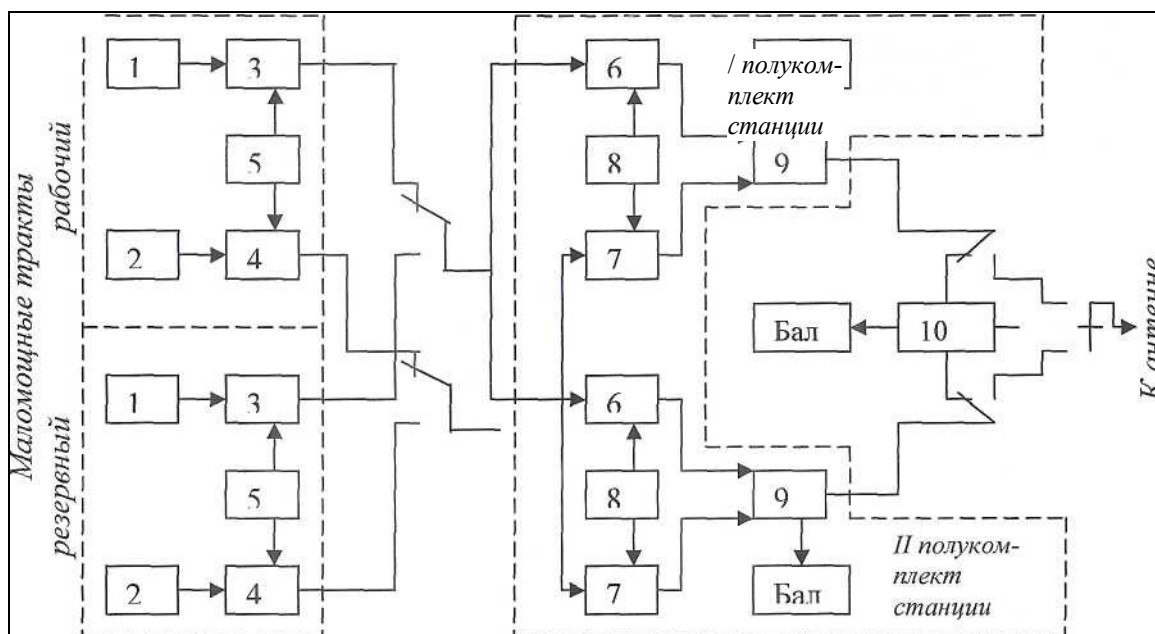


Рисунок 7 Структурная схема вещательного радиопередатчик изображения

### 5.1.5 Элементы схемы

Маломощный тракт состоит из двух независимых трактов - рабочего и резервного.

- 1 и 3 - канал изображения;
- 2 и 4 - канал звукового сопровождения;
- 5 - общий для каналов источник питания.

Мощный тракт состоит из двух полукомплектов и мостовой схемы сложения мощностей.

- 6- канал изображения;
- 7- канал звукового сопровождения;
- 8- общий для каналов источник питания;
- 9- разделительный фильтр для совместной работы каналов изображения и звука;



10 - мостовое устройство сложения мощностей;

Бал — балластные устройства для поглощения отраженных сигналов.

### **5.1.6 Принцип работы схемы радиопередатчика изображения**

При работе рабочего или резервного маломощного тракта сигналы изображения и звука поступают на I и II полукомплект станции и после преобразования происходит сложение мощностей в мостовой схеме **10**.

## **5.2 Подготовка к работе**

5.2.1 Изучить принцип работы и назначение элементов схемы радиопередатчика.

5.2.2 Выполнить чертёж схемы радиопередатчика.

## **5.3 План работы**

5.3.1 Проанализировать работу схемы радиопередатчика, указав на схеме цепи прохождения сигналов.

5.3.2 Проанализировать работу схемы радиопередатчика в режиме горячего и холодного резервирования

5.3.3 Проанализировать работу мостового устройства сложения мощностей

## **5.4 Содержание отчета**

5.4.1 Чертеж структурной схемы вещательного радиопередатчика изображения

5.4.2 Анализ работы схемы радиопередатчика, указав на схеме цепи прохождения сигналов.

5.4.3 Указать особенности проектирования и подбора элементной базы коротковолновых радиопередатчиков

5.4.4 Основные технические характеристики вещательных радиопередатчиков изображения.

## **5.5 Контрольные вопросы**

5.5.1 В каких диапазонах частот работают радиовещательные радиопередатчики изображения и звука.

5.5.2 Нарисуйте структурную схему радиовещательного радиопередатчика изображения.

5.5.3 Как выглядит спектр сигнала, излучаемого телевизионным радиопередатчиком. Какую ширину спектра он занимает.

5.5.4 Зачем телевизионный радиопередатчик включает 2 полукомплекта. Как суммируются их мощности.

5.5.5 Как работают на общую антенну телевизионные радиопередатчики изображения и звука не мешая друг другу. Какая в них модуляция сигнала.

## Список использованных источников

- 1 Супрун Б.К. «Радиопередающие и радиоприемные устройства и измерения их параметров», [текст]: Учебник / Б.К. Супрун. - М.: «Стандарты», 2007. - 246 с.
- 2 Шахгильдян В.В. «Проектирование радиопередающих устройств», [текст]: Учебное пособие/ Шахгильдян В.В. М.: «Радио и связь», 2005 - 300с.
- 3 Шумилин М.С. «Радиопередающие устройства», [текст]: Учебник / М.С.Шумилин - М.: «Высшая школа», 2006 - 298с.
- 4 Каганов В.И. «Радиопередающие устройства», [текст]: Учебник/ В.И.Каганов М.: издательский центр «Академия», 2006 - 288с.