

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»
(СПбГУТ)**

**АРХАНГЕЛЬСКИЙ КОЛЛЕДЖ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
ИМ. Б. Л. РОЗИНГА (ФИЛИАЛ) СПбГУТ
(АКТ (ф) СПбГУТ)**

**Составил
В.В.Пономарёв**

УП.01

Учебное пособие

Архангельск 2021

В учебное пособие включен теоретический материал по темам практических работ по УП.01 в соответствии с рабочей программой. Нумерация рисунков и формул сквозная.

Учебное пособие предназначено для студентов очной формы обучения по специальности 11.02.10 Радиосвязь, радиовещание и телевидение.

Рассмотрено и одобрено на заседании цикловой комиссии РС, РВ и ТВ, ЭСС Архангельского колледжа телекоммуникаций им. Б.Л. Розинга (филиал) СПбГУТ им. проф. М.А.Бонч-Бруевича.

© Архангельский колледж телекоммуникаций им. Б.Л. Розинга (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича»

Содержание

Введение	4
1 Директорная и логопериодическая антенны	5
2 Параболическая антенна	8
3 Антенна базовой станции (панельная антенна)	14
4 Радиопередающее устройство «Волхов»	18
5 Радиопередающее устройство «Корвет»	25
6 Радиопередающее устройство ПКМ-1	35
7 Радиопередающее устройство TF-30	48
8 Радиопередающее устройство TTV-100	53
9 Возбудитель магистральный радиосвязной ВО-71	59
10 Радиоприемное устройство Р-155	63
Приложение А	68
Приложение В	69

Введение

УП.01 учебная практика проходит в лаборатории радиопередающих устройств. В ходе практики студенты должны ознакомиться с основным радиооборудованием лаборатории радиопередающих устройств, а именно с радиопередающими устройствами различных диапазонов и различного назначения и антенно-фидерными устройствами. В лаборатории имеются радиопередатчики радиосвязи, радиовещания и телевизионного вещания, работающие в диапазонах СВ, КВ и УКВ, малой и средней мощности (от 30 до 1000 Вт). Студенты могут ознакомиться с их техническими характеристиками, принципиальными и структурными схемами, изучить конструкцию радиопередатчиков. Научиться включать и настраивать радиопередатчики, а также выполнять конкретные операции по контролю за режимом работы радиопередатчиков и производить некоторые измерения на радиопередающих устройствах различных диапазонов и различного назначения, оценивать их состояние, устранять простейшие неисправности.

Имеющиеся в лаборатории радиопередающие устройства радиовещательный TF-30 и телевизионный TTV-100 передатчики относятся к радиопередающим устройствам современного класса аналогового типа и позволяют производить контроль параметров и некоторых измерений с помощью подключенного к ним персонального компьютера, что актуально для практической подготовки студентов. Ознакомление и работы на радиопередающих устройствах предыдущих поколений расширяет технический кругозор студентов и позволяет усвоить тенденции развития радиопередающих устройств, знакомит их с различной элементной базой данных радиопередающих устройств, что также важно для хорошей практической подготовки.

В лаборатории радиопередающих устройств имеются макеты антенн, применяемые в различных диапазонах.

Антенной называется устройство, предназначенное для излучения или приема радиоволн. Любая антенна может работать в качестве, как приемной, так и передающей. Параметры антенны, работающей на прием, не отличаются от соответствующих параметров антенны, работающей на передачу. Изотропной называется воображаемая антенна без потерь, излучающая равномерно во все стороны. Реальные антенны в окружающее пространство в различных направлениях излучают неодинаково.

В ходе учебной практики студенты изучают конструкцию и принцип действия антенн, настройку и юстировку антенн. Так же знакомятся с линией передачи электромагнитной энергии, соединяющей антенну с передатчиком или с приемником, называемой фидером. Антенно-фидерные устройства – очень важные элементы линии радиосвязи. Неправильный выбор антенн, их неправильная эксплуатация могут привести к нарушению работы радиолинии несмотря на применение мощных радиопередатчиков и чувствительных приемников. Учебная практика УП 01 рассчитана на 30 учебных часов.

1 Директорная и логопериодическая антенны

Вибраторные антенны нашли широкое применение в радиосистеме передачи (РСП) ДВ, СВ, КВ, УКВ и ДМВ диапазонов в качестве передающих и приметных антенн. Применяют в РСП как симметричные, так и несимметричные вибраторы. Размер и конструкция вибраторов определяются длиной волны и мощностью радиосигналов. В ДВ, СВ, КВ диапазонов применяют проволочные вибраторы, выполненные из биметаллических проводов (сталь-медь) или медных многопроволочных проводов (приемные антенны). На передающих станциях ДВ, СВ диапазона часто применяют несимметричные вибраторы в виде антенн-мачт высотой до 300 метров.

В диапазоне КВ применяют в основном симметричные вибраторы с горизонтальной поляризацией, так как основной способ дальнего распространения это пространственные лучи, которые отражаются от слоев ионосферы.

В УКВ и ДМВ диапазонах применяют симметричные и несимметричные вибраторы выполненные из медных или алюминиевых (сплавы) трубок. Диаметр сечения вибраторов определяет волновое сопротивление и диапазонные свойства антенн, чем больше диаметр, тем меньше волновое сопротивление и лучше диапазонные свойства. Одиночные вибраторы имеют низкий КНД (несколько единиц в зависимости от соотношения ℓ/λ). Для получения больших КНД применяют системы вибраторов. Если вибраторы питаются синфазно, такие антенны называются синфазными. Чем больше вибраторов, тем больше КНД. Вибраторы берут длиной $\ell = \lambda/2$. Для устранения обратного излучения применяют рефлекторы.

Широкое применение для приема телевизионных программ в системах коллективного приема нашли многовибраторные директорные антенны типа АТВК (антенна телевизионная «волновой канал»), рисунок 1. КНД этих антенн, формула (1) зависит от общего числа вибраторов и может быть несколько десятков. Для расчета КНД логопериодической антенны применяется коэффициент 3. С увеличением числа вибраторов сужается полоса частот и ухудшаются диапазонные свойства. Основным элементом АТВК является активный (питаемый) симметричный петлевой вибратор с повышенным сопротивлением излучения (до 300 Ом) при $\ell = \lambda/2$. Петлевой вибратор хорошо согласуется с фидером из коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом путем применения полуволновой петли. Петля уменьшает входное сопротивление в 4 раза, с 300 до 75 Ом.

Входное сопротивление симметричных вибраторов в общем случае имеет комплексный характер $Z_{ВХ} = R_{ВХ} + jX_{ВХ}$. Оно зависит от соотношения ℓ/λ . Если соотношение $\ell/\lambda = 0,5$ (полуволновый вибратор) его сопротивление будет чисто активным, а реактивная составляющая $X_{ВХ} = 0$. В этом случае вибратор работает в резонансе напряжений с радиочастотным генератором, его входное сопротивление минимальное и равно сопротивлению излучения $R_{\Sigma} = 73,1$ Ом. Если $\ell/\lambda = 1; 2 \dots$ и т.д., вибратор работает в резонансе токов и его входное сопротивление будет максимальным, как у параллельного контура и чисто активным.

Рефлектор (пассивный вибратор) делают $\ell = \lambda/2$, а директор (пассивный вибратор) $\ell = \lambda/4$. Благодаря этому рефлектор имеет индуктивный характер сопротивления, а директор емкостной характер сопротивления. Это определяет фазовые соотношения радиоволн, излучаемых вибраторами. За рефлектором волны рефлектора и активного вибратора находятся в противофазе и взаимно компенсируются, тем самым устраняется обратное излучение. Волны, излучаемые директором совпадают по фазе с волной активного вибратора и усиливают волну в главном направлении.

$$D = 5(n + 1), \quad (1)$$

где n = количество вибраторов

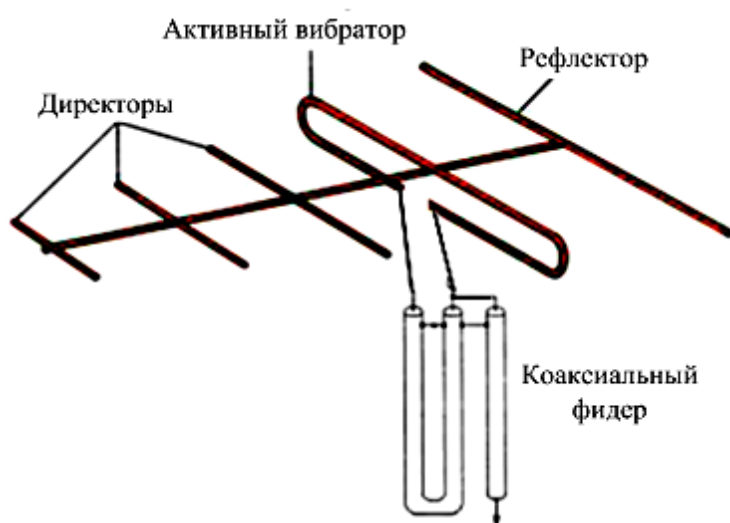


Рисунок 1 – Директорная антенна

Логопериодическая антенна, рисунок 2, работает по принципу 3-х элементной директорной антенны и представляет конструкцию из ряда симметричных вибраторов, длина которых уменьшается, как и расстояние между ними. Все вибраторы активные и питаются от фидера через симметрирующее устройство. Такие антенны имеют хорошие диапазонные свойства, так как на каждой волне работает тройка вибраторов (активная зона) и чем больше вибраторов, тем лучше диапазонные свойства, это является основным преимуществом логопериодической антенны перед директорной. Ширина рабочей полосы частот ЛПА с нижней стороны ограничивается допустимыми размерами самых длинных вибраторов. При увеличении частоты активная область сместится к вершине антенны. Применяют такие антенны в КВ, МВ и ДМВ диапазонах.

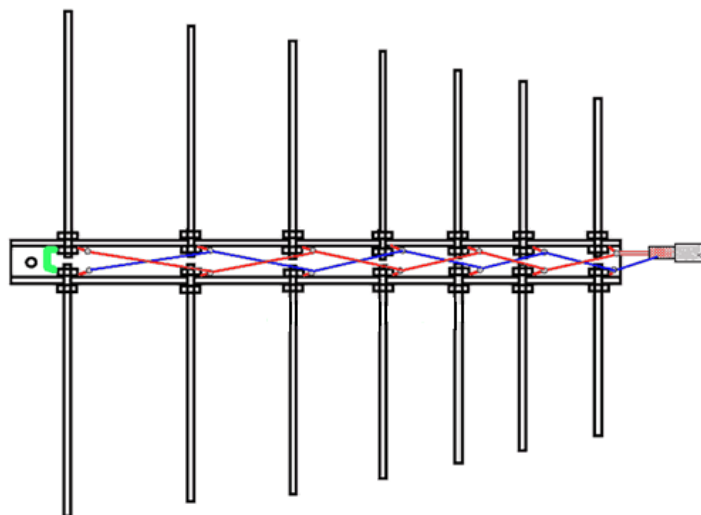


Рисунок 2 – Логопериодическая антенна

На передающих и приемных радиостанциях, где антенны размещаются на некотором удалении от технических зданий, для передачи энергии радиочастотных колебаний применяются фидеры.

Фидер является промежуточным звеном между антенной и радиооборудованием, поэтому потери энергии в нем на нагревание проводов, изоляторов, окружающего пространства должны быть сведены до минимума. Для этого в фидерах применяют провода с хорошей проводимостью.

Чтобы не ухудшить направленных свойств антенн, фидеры не должны излучать или принимать электромагнитные волны, т. е. у них должен отсутствовать антенный эффект. Уменьшение потерь энергии на излучение достигается применением симметричных фидеров с близко расположенными друг к другу двумя или несколькими проводами, по которым протекают токи в противофазе, или же применением экранированных фидеров.

Для обеспечения режима бегущей волны в фидере сопротивление нагрузки должно быть равно волновому сопротивлению фидера.

В фидере передающей антенны в общем случае имеются две волны: одна волна, бегущая от передатчика к антенне, называемая падающей $U_{\text{пад}}$, вторая – от антенны к передатчику, называемая отраженной $U_{\text{отр}}$. Отношение величин волн $\rho = U_{\text{отр}}/U_{\text{пад}}$ называется коэффициентом отражения.

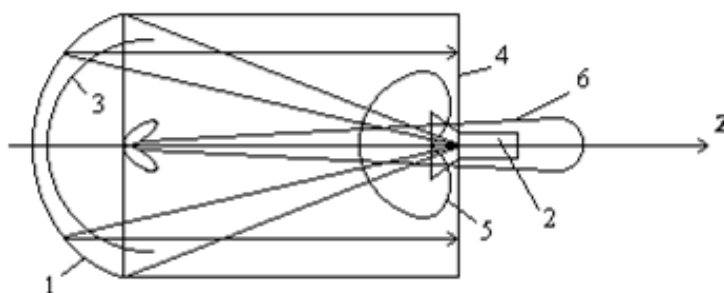
Если волновое сопротивление антенны равно волновому сопротивлению фидера, то отраженная волна отсутствует ($\rho = 0$), в фидере устанавливается режим бегущей волны и вся энергия передатчика поглощается антенной.

2 Параболическая антенна

Параболические (зеркальные) антенны – это апертурные антенны, у которых электромагнитное поле в раскрыве формируется в результате отражения электромагнитной волны первичного излучателя от металлической поверхности специальной формы, называемой зеркалом.

Зеркальные антенны используются в диапазоне СВЧ для формирования относительно узких диаграмм направленности (ДН) в одной или двух плоскостях, а также для получения ДН специального вида.

Конструктивно антенна состоит из двух необходимых компонентов: облучателя и зеркала. Облучатель является первичным источником электромагнитной волны в антенне и формирует электромагнитную волну со сферическим или цилиндрическим фазовым фронтом, обеспечивая требуемое амплитудное распределение в раскрыве зеркала. Зеркало должно полностью отражать падающую на него электромагнитную волну так, чтобы электромагнитное поле в его раскрыве было бы синфазным с требуемым амплитудным распределением. Для уменьшения веса и парусности зеркало выполняют в виде сетчатой структуры. Расстояние между проводами сетки выбирают много меньше длины волны (меньше $0,1\lambda$), так чтобы сквозь нее проходило не более 3% энергии электромагнитной волны, падающей на поверхность зеркала. Зеркало преобразует сферический фронт волны в плоский фронт волны. В результате этой трансформации КНД всей параболической антенны значительно увеличивается. Усечение зеркала приводит к расширению диаграммы направленности в одной из плоскостей. Если зеркало усечено по горизонтали ДН расширяется в вертикальной плоскости, если по вертикали, то ДН расширяется в горизонтальной плоскости. Такие зеркала применяют в радиолокационных станциях для получения веерной диаграммы направленности. В судовых радиолокационных станциях применяют параболическое зеркало в виде параболического цилиндра. Принцип работы параболической антенны показан на рисунке 1.



- 1) – зеркало; 2) – облучатель; 3) – сферический фронт волны облучателя; 4) – плоский фронт волны облучателя; 5) – диаграмма направленности облучателя; 6) – диаграмма направленности зеркала.

Рисунок 1 – Антенна параболическая

Параболические антенны, рисунок 2, классифицируются по нескольким основным признакам:

- 1) В зависимости от формы зеркала:
 - с зеркалом в виде параболоида вращения;
 - с зеркалом в виде симметричной или несимметричной вырезки из параболоида вращения;
 - с зеркалом в виде вырезки из параболического цилиндра.
- 2) В зависимости от количества зеркала:
 - однозеркальные;
 - двухзеркальные.
- 3) В зависимости от вида формируемой ДН:
 - с осесимметричной игольчатой ДН;
 - с диаграммой направленности специального вида.

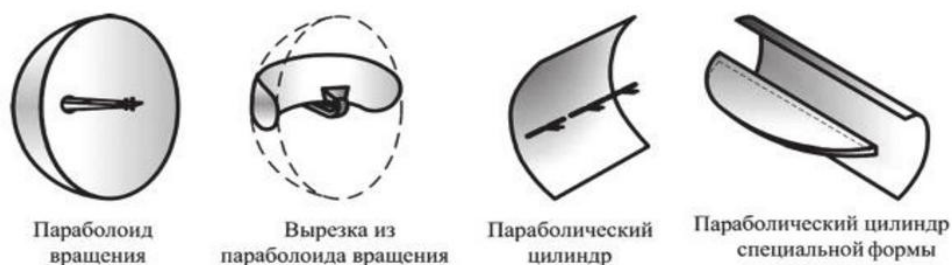


Рисунок 2 – Основные виды зеркал

Для получения наилучших направленных свойств антенны необходимо, чтобы фазовый центр облучателя находился в фокусе зеркала. Возможно, изменение положение облучателя относительно фокуса зеркала. При этом можно выделить два наиболее важных случая смещения облучателя: смещение вдоль фокальной оси, смещение в фокальной плоскости. Фокальная плоскость, рисунок 3, это плоскость, в которой лежит точка фокуса и которая перпендикулярна к оси зеркала.

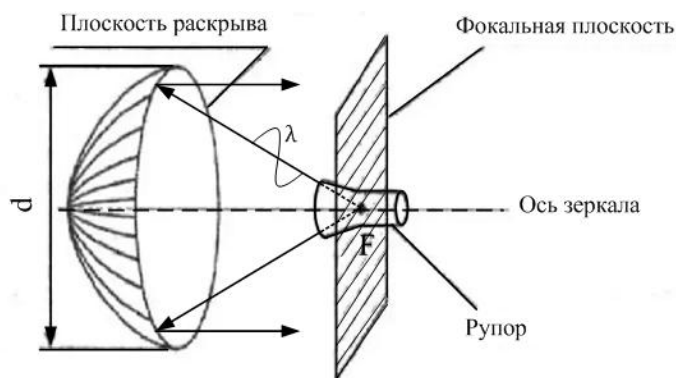


Рисунок 3

Смещение облучателя вдоль фокальной оси приводит к расширению ДН антенны и уменьшению ее коэффициента усиления. Если облучатель смещен из фокуса перпендикулярно фокальной оси, то это приводит к отклонению ДН в противоположную сторону, одновременно с этим ДН расширяется и уменьшается коэффициент усиления.

В качестве облучателей зеркальных антенн применяют слабонаправленные антенны, обладающие однонаправленным излучением (в сторону зеркала). Виды облучателей приведены на рисунке 4.

К облучателям предъявляются следующие требования:

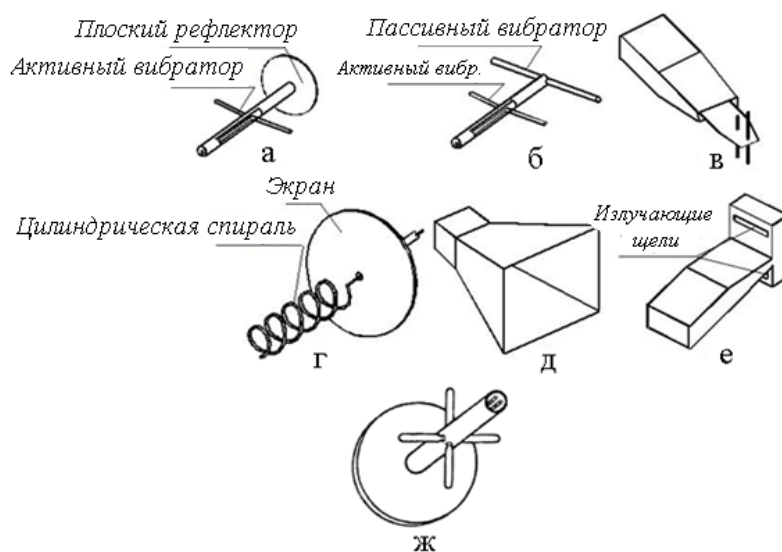
1) Облучатель должен обеспечивать требуемое амплитудно-фазовое распределение поля в раскрыве зеркальной антенны и иметь минимальное излучение вне угла раскрыва зеркала;

2) Облучатель должен иметь точечный фазовый центр;

3) Поперечные размеры облучателя должны быть малыми, чтобы снизить эффект затенения раскрыва;

4) Рабочая полоса частот облучателя должна обеспечивать требуемые диапазонные свойства антенны;

5) Конструкция облучателя должна быть простой и обеспечивать нормальную работу антенны в различных метеоусловиях.



- а и б) – двухвибраторные облучатели питаемые коаксиальной линией;
 в) – волноводом прямоугольного сечения; г) – спиральная антенна;
 д) – волноводно-рупорный облучатель; е) – двухщелевой облучатель;
 ж) – турникетный облучатель с плоским рефлектором.

Рисунок 4 – Виды облучателей

В однозеркальных параболических антеннах из-за спадающего к краям раскрыва амплитудного распределения площадь раскрыва используется недостаточно эффективно и, как следствие, их коэффициент усиления меньше. В

системах спутниковой связи требуются антенны с очень большим коэффициентом усиления (более 40 дБ). Получить такие параметры можно как за счет большей площади раскрыва, так и за счет более эффективного ее использования. Последнее достигается выравниванием амплитудного распределения поля в раскрыве зеркала путем применения второго – вспомогательного – зеркала.

Принцип действия двухзеркальных антенн заключается в преобразовании сферического фазового фронта облучателя в плоский фазовый фронт в раскрыве антенны в результате последовательного переотражения её от двух зеркал: вспомогательного и основного, имеющих соответствующие профили. При этом используется следующее положение геометрической оптики: сферическая волна, излучаемая облучателем, находящимся в фокусе вспомогательного зеркала, представляющего собой поверхность второго порядка, в результате переотражения от него преобразуется снова в сферическую волну, но с фазовым центром, совпадающим с фокусом основного зеркала.

Двухзеркальные осесимметричные антенны выполняются по двум схемам построения: Кассегрена и Грегори. В таких антеннах основное зеркало представляет собой параболоид вращения. В антенне Кассегрена (АДГ), рисунок 4а, малое вспомогательное зеркало – гиперboloид вращения, а в антенне Грегори (АДЭ), рисунок 4б, – эллипсоид вращения. Облучатель, независимо от формы малого зеркала, располагают в его фокусе, ближайшем к основному зеркалу.

Принцип работы показан на рисунке 5. Небольшое по размерам вспомогательное зеркало «освещается» почти равномерно даже облучателем с узкой ДН. Далее за счет переотражения, также «освещается» и основное зеркало. Кроме того, за счет своей конфигурации вспомогательное зеркало способствует дополнительному выравниванию амплитудного распределения в раскрыве основного зеркала (рисунок 4в).

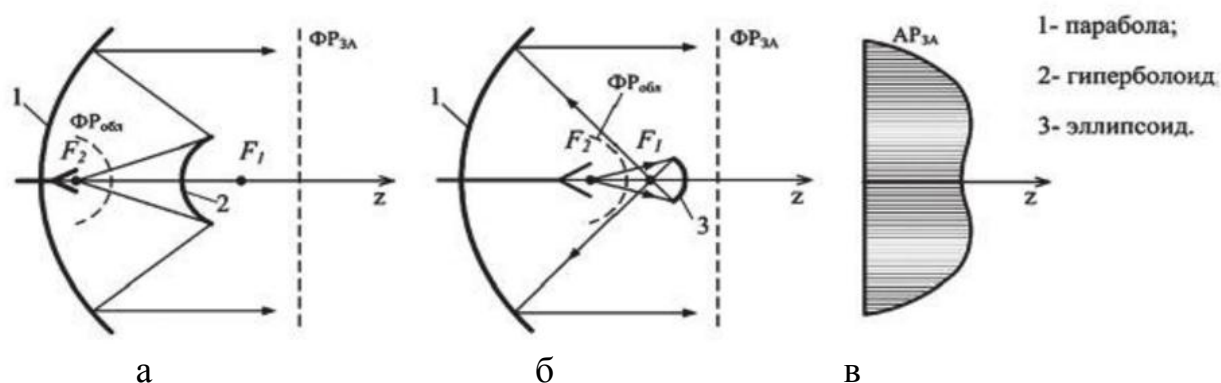


Рисунок 5 – Конструкция и принцип действия двухзеркальных антенн

Достоинства двухзеркальных антенн:

- волновод, питающий облучатель, может быть прямым и коротким, что улучшает согласование, уменьшает потери и шумовую температуру АФУ;
- высокий КУ.

Главным недостатком таких антенн является дополнительное затенение раскрыва, создаваемое вспомогательным зеркалом, возникает обратная реакция зеркала на волновод. При обратной реакции отраженные лучи попадают в волновод и увеличивают уровень отраженных волн и снижают КБВ в фидере.

Способы уменьшения реакции зеркала на облучатель:

1) Использование металлического компенсирующего отражателя в виде диска, рисунок 6.

При этом его размеры и расстояние от зеркала подбираются так, чтобы отраженные от него и от поверхности зеркала волны имели бы в фидерном тракте одинаковые амплитуды и противоположные фазы. В результате они компенсируют друг друга.

2) Использование в качестве зеркала несимметричной вырезки из параболоида вращения или параболического цилиндра. При этом облучатель располагается так, что ни один из отраженных от зеркала лучей обратно в него не возвращается, рисунок 7.

Облучатель по-прежнему располагается в фокусе зеркала, но раскрыв облучателя несколько развернут по отношению к фокальной плоскости.

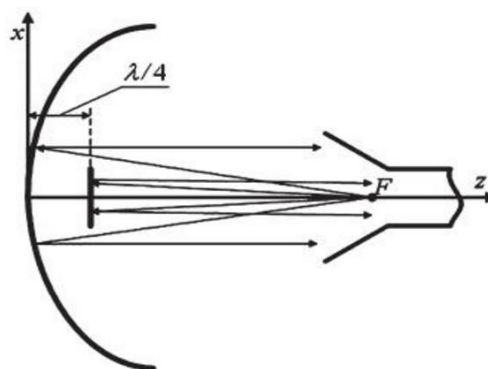


Рисунок 6 – Способ уменьшения реакции зеркала на облучатель при помощи компенсирующего диска

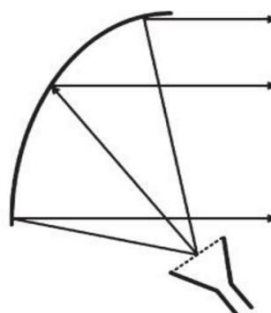


Рисунок 7 – Способ уменьшения реакции зеркала на облучатель при использовании несимметричной вырезки из параболоида вращения

Параболические и рупорные антенны относятся к антеннам поверхностного типа, так как излучение происходит из поверхности раскрыва антенны. Чем больше размер поверхности, тем больше коэффициент направленного действия (КНД), который определяется по формуле (1). При этом важно, чтобы излучаемые волны имели плоский фронт волны, то есть лучи должны быть параллельными.

$$D = \frac{4\pi S\nu}{\lambda^2}, \quad (1)$$

где S – площадь раскрыва антенны, м²;

ν – коэффициент использования поверхности (КИП), 0,6;

λ – длина волны, м.

Параболические антенны нашли широкое применение в различных радиосистемах передачи: в радиорелейных и в космических системах передачи, в радиолокации, в радиоастрономии и особенно в спутниковом телевизионном вещании.

3 Антенна базовой станции (панельная антенна)

Антенны базовых станций (БС), рисунок 1, при внешней простоте конструкции, представляют собой достаточно сложные СВЧ-устройства, работающие на открытом воздухе в условиях повышенной влажности и существенных перепадов температур, подверженные обледенению, повышенным ветровым нагрузкам, агрессивному воздействию городского смога. В этих условиях, обеспечение стабильности основных электрических параметров и механических свойств антенн в течение всего срока их службы представляет собой достаточно сложную инженерную задачу.

Эти антенны работают в диапазонах 900 МГц, 1800 МГц, 1710-2170 МГц как на открытом воздухе (*outdoor*), так и в закрытых помещениях (*indoor*). В зависимости от решаемой задачи по организации покрытия проектировщики сетей используют всенаправленные (*omni*) и секторные антенны с вертикальной поляризацией (*Vpol*) или с наклонной кросс-поляризацией (*Xpol*), рисунок 2. Они могут быть однодиапазонные и двухдиапазонные, трехдиапазонные и широкополосные.



Рисунок 1 – Панельная секторная антенна базовой станции

Секторные антенны Vpol представляют собой совокупность излучателей, расположенных в прочном радиопрозрачном герметичном корпусе, защищающем их от внешней среды и механических воздействий. Все излучатели объединены общей системой подвода к ним излучаемой мощности. Для ограничения уровня мощности, излучаемого антеннами в направлении горизонта, и обеспечения более равномерного покрытия антенны выпускают с некоторым электрическим наклоном диаграммы направленности (ДН), обеспечиваемым с помощью специального фазирования вибратор. В секторных антеннах этот наклон может обеспечиваться также механически, с помощью поставляемого до-

полнительно специального узла наклона. Электрический наклон ДН может быть фиксированным (устанавливаемым в заводских условиях) и регулируемым. В последнем случае настройка наклона ДН производится пользователем с помощью специального устройства, управляющего фазированием излучателей. Преимуществом электрического наклона перед, механическим является отсутствие искажения формы ДН в горизонтальной плоскости и азимутальной зависимости угла наклона и коэффициента усиления антенны.

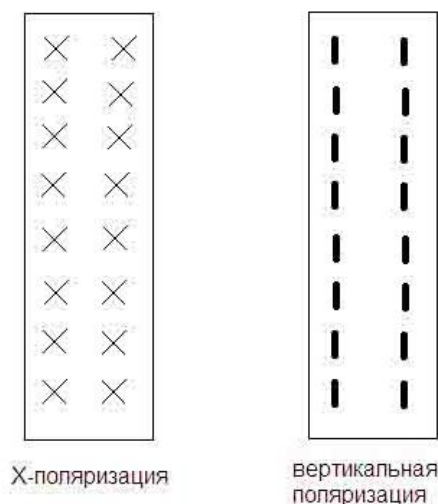


Рисунок 2 - Секторные антенны с наклонной кросс-поляризацией и вертикальной поляризацией

Секторные антенны выпускаются компаниями в широком ассортименте коэффициентов усиления от 6,5 до 22 дБ и значений ширины ДН в горизонтальной плоскости $65^\circ - 160^\circ$, для диапазонов частот от 800 до 2170 МГц, что позволяет проектировщикам формировать сети любой нужной конфигурации. Габаритные размеры антенн варьируются в пределах от 10 см до 2,5-3 метров, вес антенн может составлять от 300 грамм до 20 кг. Большим спросом пользуются легкие плоские панельные антенны, которые можно монтировать даже на стенах зданий. Максимальная подводимая мощность составляет от 350 до 1000 Вт, однако в большинстве случаев при проектировании сетей такая мощность не требуется. Обычно, подводимая к антеннам мощность составляет не более 100-150 Вт, а для антенн *indoor* не более 10 Вт.

Логопериодические антенны *Vpol* характеризуются относительно малой шириной ДН в горизонтальной плоскости $22^\circ - 65^\circ$, имеют коэффициент усиления от 11– 18 дБ и используются, в основном, для организации связи вдоль дорог.

Всенаправленные антенны с вертикальной поляризацией (Vpol omni) представляют собой цепочку запитываемых синфазно полуволновых вибраторов внутри корпуса, имеющего вид трубки. Некоторые модели предлагаются с углами электрического наклона в диапазоне от 0° до 6° градусов. Антенны *omni (outdoor)* выпускаются как однодиапазонные для диапазонов частот 900 МГц,

1800 МГц, 1710-2170 МГц, так и двухдиапазонные для диапазонов частот 900/1800 МГц, 900/1920-2170 МГц. Длина всенаправленных антенн определяет их ширину ДН в вертикальной плоскости и коэффициент усиления, который составляет от 2 до 11 дБ для однодиапазонных антенн и 2 дБ для двухдиапазонных антенн. Уровень допустимой подводимой мощности всенаправленных антенн варьируется от 60 до 500 Вт.

Такие антенны используются операторами при необходимости организации покрытия в компактных зонах обслуживания с трафиком, локализованным вокруг БС, например, в коттеджных поселках, где установка секторных БС экономически нецелесообразна в условиях небольшого трафика. Другим примером использования антенн *omni* может быть их установка в городских условиях при организации микросот.

Антенны с вертикальной поляризацией для использования внутри зданий (*Vpol indoor*) выпускаются как однодиапазонные для диапазонов частот 900 МГц, 1800 МГц, 1710-2170 МГц, так и двухдиапазонные антенны для диапазонов 900/1800 МГц, 900/1710-2170 МГц, а также широкополосные, перекрывающие диапазон от 800 МГц до 2500 МГц. Они могут быть как секторные, так и всенаправленные, имеют небольшие размеры и эстетичный внешний вид (форму «шляпы») и выпускаются, как правило, в потолочном исполнении для организации покрытия внутри помещений. Небольшие размеры антенн *indoor* определяют ширину ДН, которая может достигать 70° - 80° градусов в обеих плоскостях и коэффициент усиления в 5-7 дБ. Всенаправленные антенны *indoor* имеют коэффициент усиления 2 дБ. Предлагаются также двунаправленные антенны *indoor-outdoor* с шириной ДН 65° градусов и формой ДН, имеющей вид «восьмерки».

Антенны с наклонной кросс-поляризацией представляют собой, в отличие от антенн с вертикальной поляризацией со строго вертикальным расположением излучателей, совокупность излучателей, симметрично расположенных вдоль вертикальной оси антенны и наклоненных к ней под углом +/- 45 градусов. В одном корпусе такой антенны могут располагаться две (*Xpol*), четыре (*XXPol*), и даже шесть (*XXXPol*) независимых антенн. Каждая пара антенн с кросс-поляризацией обслуживает один из рабочих диапазонов - 900 МГц, 1800 МГц, или 1710-2170 МГц. Такая конструкция антенн упрощает их размещение (на крышах домов, башнях, стенах зданий), что особенно важно в условиях дефицита места, а также позволяет снизить затраты на аренду площади. Некоторые такие многодиапазонные антенны имеют встроенные фильтры, позволяющие обеспечить их работу всего через 2 разъема.

Симметричное расположение систем излучателей относительно оси антенны гарантирует симметричность и идентичность ДН в горизонтальной плоскости. Очень важно, что ДН полностью ортогональны друг другу, а требуемая поляризационная развязка между двумя антеннами и коэффициент кросс-поляризации сохраняются в заданном секторе азимутальных углов и обеспечивают условия для эффективного разнесенного приема. Однодиапазонные антенны с кросс-поляризацией выпускаются для диапазонов частот 900 МГц, 1800

МГц, 1710-2170 МГц, Ширина ДН в горизонтальной плоскости составляет у них 65° и 90° градусов, коэффициент усиления колеблется от 5 до 22 дБ. Двухдиапазонные антенны *XXPol* выпускаются для диапазонов частот 900/1800 МГц, 900/1710-2170 МГц, 1710-2170/1710-2170, их коэффициент усиления составляет от 12 до 19 дБ. Строенные антенны *XXXPol* (900/1710-2170/1710-2170 МГц) предполагают их совместное использование в сетях GSM900/1800 и UMTS. Группа излучателей, обеспечивающая работу антенны в сетях UMTS, имеет, как правило, более высокий, по сравнению с антеннами GSM, коэффициент усиления (18-22 дБ) и более узкую ДН в вертикальной плоскости для компенсации высоких потерь при распространении сигналов UMTS. Трехдиапазонные антенны, работающие сразу в нескольких диапазонах, имеют независимые системы электрической регулировки угла наклона ДН для каждого из диапазонов, что обеспечивает необходимую гибкость при оптимизации сетей.

4 Радиопередающее устройство «Волхов»

4.1 Техническая характеристика

Радиопередающее устройство представляет собой судовой радиопередатчик предназначенный для радиосвязи.

Диапазон рабочих частот 400-535 кГц гектометровых радиоволн (СВ) (приложение А). Восемь рабочих частот 410, 425, 448, 454, 468, 480, 500, 512 кГц – фиксированные.

Относительная нестабильность частоты: на фиксированной частоте $H_0 = 10^{-4}$, на плавном диапазоне 0,1%.

Стабилизация частоты – параметрическая.

Классы излучения (приложение В): А1А – амплитудная телеграфия;
А2А – амплитудная телеграфия тонально-модулированными посылками с частотами тонов 600, 800, 1000 Гц.
А3Е – 2-х полосная телефония с амплитудной модуляцией.

Схема модуляции – анодно-экранная;

Колебательная мощность, отдаваемая радиопередатчиком в антенну в классе излучения А1А, А2А – 300 Вт. Она может регулироваться ступенчато-25%, 50%, 75% и 100% от номинальной.

Питание радиопередатчика от сети трехфазного тока 220/380 В.

Допустимое колебание напряжения сети 10%; частоты 5%.

Потребляемая мощность от сети 2,2 кВт.

Система охлаждения – естественная воздушная.

Радиопередатчик обеспечивает работу на несимметричный Т-или Г-образный вибратор.

Радиопередатчик имеет эквивалент антенны с емкостью 440 пФ и сопротивлением 2,2 Ом.

4.2 Конструкция радиопередающего устройства «Волхов»

Радиопередатчик состоит из металлического каркасного шкафа, в котором устанавливается 6 блоков:

- 1 Блок питания БП (высоковольтный выпрямитель) – 19 М (нижний слева);
- 2 Блок питания БП (низковольтный выпрямитель) – 20 М (нижний справа);
- 3 Блок управления БУ – 14 М (средний слева);
- 4 Блок модулятора БМ – 1 М (средний справа);
- 5 Генераторный блок БГ – 3 М (верхний справа);
- 6 Антенный блок БА – 3 М (верхний слева).

Антенна подключается к антенному блоку через изолятор, установленный в верхней части передатчика.

Все блоки выдвижные. Для полного выдвижения блоков необходимо нажать специальные защелки на основании блоков.

4.2.1 В блоке питания БП – 19 М размещены следующие узлы:

- трансформатор выпрямителя анода выходного каскада и выпрямителей экранированных сеток;
- конденсаторы фильтра выпрямителя анода;
- блок кремниевых столбов выпрямителя анода выходного каскада.

4.2.2 В блоке питания БП – 20 М размещены:

- стабилизатор напряжения для питания задающего генератора (Еа и Ес);
- трансформатор накала генератора;
- трансформатор малых выпрямителей;
- фильтры выпрямителей экранированных сеток, выпрямителей анодов промежуточных каскадов и выпрямителя смещения.

Тут же находятся кремниевые столбы выпрямителей и селеновый выпрямитель цепи управления 26 В.

4.2.3 В блоке управления находятся элементы коммутации высокого анодного напряжения, выбора рода работы (класс излучения), переключатель мощности. В верхней части блока находятся приборы для измерения питающих напряжений и токов анодов лампы генераторного блока.

Выключатель высокого напряжения имеет механическую блокировку, не позволяющую переключать переключатели регулировки мощности и рода работ при включенном высоком напряжении.

В блоке управления размещены узлы:

- дроссель фильтра выпрямителя анода выходного каскада;
- потенциометр сеточного смещения;
- контактор высокого напряжения;
- блок реле перегрузок.

4.2.4 В блоке модулятора размещены:

- подмодулятор;
- переключатель рода работ;
- выпрямитель анода подмодулятора;
- трансформатор накала модулятора;
- выходной каскад модулятора с модуляционным трансформатором.

4.2.5 В генераторном блоке размещены все каскады РЧТ:

- автогенератор;
- буферный усилитель;
- промежуточный усилитель;
- оконечный усилитель (усилитель мощности).

В верхней части генераторного блока находятся лампа выходного каскада и его колебательная система. Все остальные каскады расположены в нижней части. Такое расположение уменьшает влияние мощного каскада на маломощные каскады. Колебательные системы автогенератора и промежуточного усилителя экранированы.

Настройка всех колебательных контуров генераторного блока сопряжена механически и осуществляется одной ручкой.

На блоке установлены измерительные приборы, предназначенные для измерений при выполнении лабораторных работ. Переключатель над ними служит для коммутации схем модуляции анодно-экранной и катодной в выходном каскаде.

4.2.6 Антенный блок также разделен на два отделения. В нижнем отделении находится вариометр настройки, помещенный в медный экран. В верхнем отделении находятся переключатели индуктивности, переключатель антенны и эквивалента антенны, удлинительная катушка, измеритель глубины модуляции и эквивалент антенны.

4.3 Структурная схема радиопередающего устройства «Волхов»

Радиочастотный тракт (РЧТ) радиопередатчика, рисунок 1, помещен в генераторном блоке и содержит автогенератор плавного диапазона, вырабатывающий маломощные радиочастотные колебания в диапазоне от 400 до 535 кГц.

Шкала автогенератора корректируется при помощи кварцевого калибратора, имеющего эталонный кварцевый автогенератор с высокой стабильностью частоты (10^{-5}). Радиочастотный тракт состоит из четырех каскадов, собранных на лампах.

Автогенератор (АГ) собран по схеме с электронной связью на пентоде 6Ж1П. АГ является первоисточником радиочастотных колебаний.

Буферный усилитель (БУ) на ВЧ пентоде 6Ж5П, апериодический: нагрузкой служит ВЧ дроссель. БУ обеспечивает усиление и защиту автогенератора от более мощных каскадов (устраняет влияние следующих каскадов на АГ).

Промежуточный резонансный усилитель (ПУ) собран на пентоде ГУ-50 с общим катодом. В качестве нагрузки резонансный параллельный контур. ПУ обеспечивает усиление радиочастотных колебаний до величины достаточной для возбуждения оконечного каскада.

Оконечный усилитель (ОУ) собран на пентоде ГУ-81М с общим катодом. Нагрузкой усилителя является резонансная колебательная система, состоящая на двух связанных контурах (анодного и антенного). Обеспечивает заданную мощность в нагрузке (антенне или связанном с нею фидере), согласование с нею, фильтрацию внеполосных излучений.

Манипуляция в телеграфном режиме А1А осуществляется запирающим и отпирающим двух каскадов РЧ тракта при помощи телеграфного ключа.

В режиме А2А к оконечному каскаду подключается дополнительно модулятор, модулирующий РЧ посылки тональными частотами 600, 800 и 1000 Гц. Схема модуляции анодно-экранная.

В режиме А3Е к РЧ тракту подключается только модулятор, на вход которого подаются сигналы с микрофона. Модуляционное устройство предназна-

чено для усиления информационного сигнала от относительно низкого уровня (0 дБ) до значений, обеспечивающих нормальное управление одним из параметров РЧ колебаний.

Кварцевый калибратор выполнен в виде отдельного съемного блока, установленного в генераторном блоке. Он служит для калибровки частоты автогенератора методом нулевых биений, прослушиваемых в телефоне.

Блок питания обеспечивает получение всех питающих напряжений передатчика.

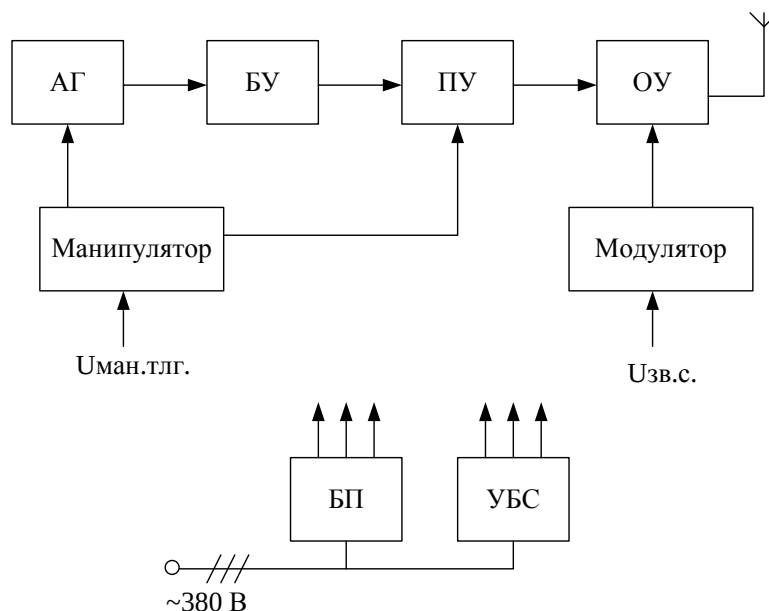


Рисунок 1 – РЧТ радиопередатчика «Волхов».

Схема электрическая структурная

4.4 Принципиальная схема радиопередающего устройства «Волхов»

РЧТ радиопередающего устройства «Волхов» показан на рисунке 2.

Автогенератор собран на лампе 6Ж1П по 2-х контурной схеме с электронной связью (схема Шембея) обеспечивающей высокую стабильность частоты при использовании параметрической стабилизации. «Внутренней» частью автогенератора является колебательный контур L1 – L2 – C3 – C10 – C8 – C4 подключенный 3 точками к лампе – к катоду, сетке и экранной сетке выполняющей роль анода для «внутренней» части. Напряжение обратной связи снимается с емкости C11 и вводится на экранную сетку. Дроссель L16 изолирует катод по РЧ потенциалу и заземляет катод по постоянному току. Смещение на 1 сетку автоматическое за счет напряжения на R13, создаваемого током сетки. «Внешняя» часть является усилителем колебаний автогенератора, которые снимаются с нагрузки дросселя L14 и подаются на буферный каскад. Конденсатор C19 – блокировочный, R22 – шунт в цепи измерителя тока анода. В цепи экранной сетки включен делитель R20 – R21, через который подается запи-

рающее напряжение при отжати ключа. Рабочее (+) напряжение подается на экранную сетку при нажатии ключа от общего стабилизированного источника питания анода +150 В. Питание накала -6,3 В стабилизированное. Цепь накала по РЧ току зашунтирована С18.

Буферный каскад собран на пентоде 6Ж5П по апериодической схеме. Смещение на 1 сетку подается фиксированное с делителя, находящегося в блоке управления через R26, которое служит в качестве блокировочного. Возбуждение подается через разделительный конденсатор С25. Питание анода и экранной сетки – от общего выпрямителя +300 В. Напряжение на экранную сетку подается с делителя R34 – R32. Нагрузкой каскада служит РЧ дроссель L27, С29 – блокировочный конденсатор в цепи питания анода, R33 –шунт в цепи измерительного анода.

Промежуточный усилитель собран на лампе ГУ-50 по резонансной схеме, нагрузкой его служит колебательный контур L41 – С44 – С46, который настраивается одновременно с колебательными контурами автогенератора оконечного каскада ручкой установки частоты. Контур помещен в экран. Напряжение смещения на 1 сетку подается с делителя. Напряжение смещения (находится в блоке управления) через резистор R36, конденсатор С31 блокирует цепь смещения по РЧ. Напряжение на экранную сетку подается через гасящий резистор R40 от источника +300 В. На анод – от источника +500 В. Схема питания – последовательная.

Выходной каскад собран на пентоде ГУ-81 по резонансной схеме. Нагрузкой служит анодный параллельный контур L88 – С80 – С81 – L85 одновременно служит для получения автотрансформаторной связи с антенным контуром. Питание анода осуществляется по параллельной схеме от выпрямителя +1500 В через блокировочные дроссели L76, L77, С88 – блокировочный конденсатор, С79 – разделительный. Напряжение возбуждения на 1 сетку подается через разделительную емкость С47 и антипаразитную цепочку, С74- L71 – блокировочный фильтр в цепи сетки. Напряжение смещения подается с делителя в блоке управления через резистор R70 и блокировочный дроссель L71. Питание экранной сетки осуществляется от отдельного выпрямителя +600 В через гасящий резистор R76. Цепь накала по РЧ току заблокирована С73 – С90. Антенный контур передатчика служит для настройки антенны в резонанс с рабочей частотой с анодным контуром через индуктивный потенциометр (автотрансформатор) обеспечивающий ступенчатую регулировку связи L85, так как антенны СВ диапазона имеют емкостной характер, поэтому в антенном контуре включены индуктивности L90 (вариометр) и удлинительные катушки L91 - L92 включаются или выключаются в зависимости от параметров антенны (при $C_a = 500$ пФ включается) переключателем 6. Настройка контролируется по термоамперметру и неоновой лампочке, L89 служит для шунтирования антенного контура по току НЧ, появляющуюся при работе в режиме А2, а также для утечки атмосферных зарядов с антенны. Для настройки и проверки передатчика в антенном блоке установлен эквивалент из R77 и С90.

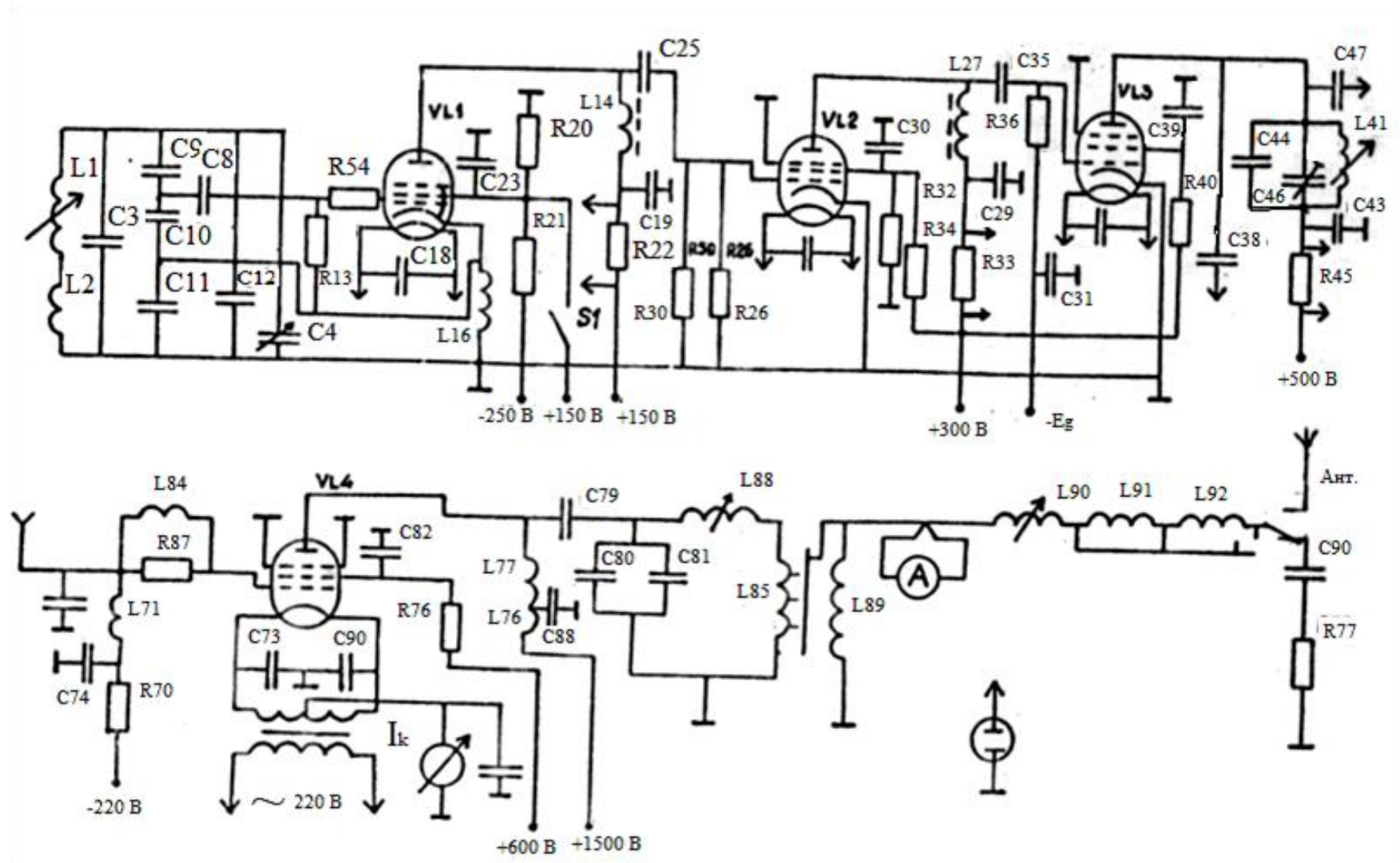


Рисунок 2 – РЧТ радиопередатчика «Волхов». Схема электрическая принципиальная

4.5 Порядок включения и настройки РПДУ «Волхов»

1) -Проверить установку всех блоков в корпусе радиопередатчика. Они должны быть задвинуты до отказа, крепежные винты закручены.

2) Переключатель «антенна-эквивалент» должен быть расположен в положении «эквивалент».

3) Проверить наличие напряжений на радиопередатчике. Для этого на блоке управления переключатель вольтметра «напряжение» поставить в положение «50 Гц» и переключателем напряжения сети проверить напряжение трех фаз сети.

4) Переключатель «род работ» поставить в положение «А1».

5) Включить автомат защиты (АЭС) на блоке БП-20М (нижний справа) в положение «вкл.»

6) Переключатель «связь с антенной» в генераторном блоке поставить на 0.

7) Выключатель «аварийный» на генераторном блоке поставить в положение «вкл.»

8) Переключатель мощности в положение «25%».

9) Переключатель «сеть 220/380» на блоке БП-19М (нижний слева) поставить в положение «вкл.». При этом на передней панели генераторного блока загорается лампочка «готовность» (через 10 секунд).

10) Переключатель «фиксированная частота» на генераторном блоке поставить в положение «ПД» (плавный диапазон).

11) Установить заданную частоту, предварительно отпустив стопор шкалы.

12) Выключатель «высокое напряжение» в положение «вкл.». При этом на блоке генератора должны загореться три каскадные сигнальные лампочки, а вольтметр «напряжение анода выходного каскада» должен показать +1000 В.

13) Пользуясь переключателем вольтметра «напряжение» (блок БУ-14М), проверить напряжение всех выпрямителей.

14) Нажать ключ на генераторном блоке и убедиться, что ток анода выходного каскада на приборе блока управления показывает не более 50-100 мА.

15) Установить связь с антенной при помощи ручки на генераторном блоке «связь с нагрузкой» в положение 3.

16) Нажать ключ и настроить антенный контур по максимальному отклонению стрелки прибора «ток антенны» (в антенном блоке).

17) Ручкой «связь с антенной» переключить переключатель в такое положение, при котором ток в антенне будет максимальный. При этом каждый раз необходимо подстраивать антенный контур.

18) Держать ключ нажатым в течение 3-40 сек. и наблюдать за цветом анода. Цвет его при нормальном режиме должен быть темно-вишневый. Более яркое свечение анода говорит о большой мощности тепловых потерь на аноде, в этом случае необходимо уменьшить связь с антенной.

19) Выключение радиопередатчика производится в обратном порядке.

5 Радиопередающее устройство «Корвет»

5.1 Техническая характеристика

Радиопередающее устройство «Корвет» предназначен для радиосвязи в диапазоне декаметровых волн (КВ) и части гектометровых волн (СВ) (приложение А). Рабочие частоты радиопередающего устройства определяются возбудителем БОТ, входящим в комплект и вырабатывающим частоты 1605 – 25800 кГц. Диапазон частот возбудителя разбит на 10 поддиапазонов: 1605-1999,9 кГц; 2000-2999,9 кГц; 3000-3800 кГц; 4063-4650 кГц; 6200-6525 кГц; 8295-8815 кГц; 12330-13200 кГц; 16460-17360 кГц; 22000-22720 кГц; 25010-25800 кГц.

В каждом диапазоне обеспечивается сетка частот с равномерным шагом через 100 Гц.

Радиопередатчик в диапазоне 1650 – 25800 кГц обеспечивает работу на широкополосные типы антенн через высокочастотные (ВЧ) кабели с волновым сопротивлением 75 Ом. В диапазоне 1605 – 3800 кГц радиопередатчик работает на несимметричный Т-или Г-образный вибратор.

Пиковая мощность в эквиваленте 75 Ом не ниже 300 Вт.

Потребляемая мощность 2 кВт;

Относительная нестабильность частоты $H_0 = 10^{-7}$.

Стабилизация частоты – диапазонно-кварцевая стабилизация.

Радиопередатчик обеспечивает режим работы (классы излучения) (Приложение В):

J3E – однополосная телефония на одной боковой полосе с подавленной несущей на 40 дБ (меньше 3%);

R3E – однополосная телефония на одной боковой полосе с уровнем несущей частоты больше 3%, но меньше 70%;

H3E – однополосная телефония на одной боковой полосе с уровнем несущей частоты более 70%;

H2A – тональное телеграфирование на верхней одной боковой полосе;

A1A – телеграфия с амплитудной манипуляцией;

F1B – телеграфирование посредством частотной манипуляции;

G1B – относительное фазовое телеграфирование.

Неравномерность АЧХ в полосе от 350 до 2700 не более 6 дБ;

Система охлаждения – принудительная воздушная;

Питание от 3хфазной сети с напряжением 380 В

Отклонение частоты радиопередатчика не более 15 Гц на всех частотах.

5.2 Конструкция радиопередающего устройства «Корвет»

Радиопередатчик «Корвет» скомпонован в одном корпусе. В корпусе имеются следующие блоки: возбудитель «БОТ», предварительный усилитель, усилитель мощности, блок фильтров, пульт местного управления, блок питания управления, анодно-экранный блок питания, блок-реле и колодки внешних со-

единений. В отдельные блоки выделены микротелефон с усилителем, пульт дистанционного управления, согласующий трансформатор.

Система УБС обеспечивает заданный порядок включения, настройки и управления радиопередатчика, защиту обслуживающего персонала от попадания под опасное для жизни напряжения радиопередатчика, от неправильной эксплуатации и в аварийных ситуациях, а также обеспечивает общую сигнализацию радиопередатчика при его эксплуатации.

Система УБС обеспечивает следующие операции:

- включение и выключение питания;
- установка частоты;
- установка типа излучения;
- установка уровня 25% и 100% мощности;
- выключение анода.

Сигнализация об исполнении осуществляется подсветкой соответствующих кнопок. Дополнительный процесс управления сопровождается следующей сигнализацией на световом табло пульта управления:

- при включении питания загорается надпись «ТЕРМОСТАТ»;
- во время прогрева ламп усилителя мощности – надпись «ЖДАТЬ»;
- после включения анода – надпись «ГОТОВ»;
- при наличии излучения – надпись «РАБОТА»;
- при неисправности – надпись «НЕИСПРАВНО»;

Кроме того, в РПДУ могут быть переключения:

- установка сдвига частот 170, 250, 500 или 1000 Гц;
- установка телефонных режимов «Симплекс - Дуплекс»;
- переключение напряжения сети с 220 В на 380 В.

Радиопередатчик «Корвет» имеет местное и дистанционное управление. Благодаря использованию в радиочастотном (РЧ) тракте не перестраиваемых апериодических каскадов усиления, радиопередатчик «Корвет» прост в управлении и имеет минимальное количество органов управления и настройки.

Радиопередатчик имеет две системы блокировок: механическую и электрическую. Основной частью системы УБС является блок-реле, предназначенный для запоминания поступающих с пульта управления команд и формирования дополнительных команд для автоматического управления возбудителем и радиопередатчиком.

На пульте местного управления расположены:

- шесть переключателей установки частоты;
- семь кнопок переключения работы режимов радиопередатчика;
- кнопки «ПИТАНИЕ ВКЛ.» и «ПИТАНИЕ ВЫКЛ.»;
- кнопки «АНОД ВЫКЛ.», «25% ВКЛ.», «100% ВКЛ.»;
- табло обобщенной сигнализации с надписями «ТЕРМОСТАТ», «НЕИСПРАВНО»;
- кнопка «НАСТРОЙКА»;
- индикаторный прибор.

5.3 Структурная схема радиопередающего устройства «Корвет»

Радиочастотный тракт (РЧТ), рисунок 1, радиопередатчика состоит из возбуждителя «БОТ», каскада предварительного усиления, усилителя мощности, манипулятора, дуплексных фильтров, блока фильтров и согласующего трансформатора.

Возбудитель «БОТ» является формирователем радиосигналов на гектометровых и коротких радиоволнах. Возбудитель построен по схеме диапазонно-кварцевой стабилизации частоты, что позволяет при помощи одного опорного генератора получать на выходе сетку частот, имеющую такую же стабильность, какую имеет кварцевый генератор. Уровень выходного сигнала возбуждителя 1,5 В.

Манипулятор обеспечивает подавление сигнала в паузе.

Дуплексные фильтры НЧ обеспечивают подавление помех радиоприему ВЧ шума при работе на парных частотах.

Каскад предварительного усиления обеспечивает усиление мощности радиосигналов до уровня достаточного для возбуждения оконечного каскада.

Усилитель мощности обеспечивает основное усиление до 300 Вт, собран по схеме УРУ на 4-х лампах ГУ-74Б. Блок фильтров обеспечивает подавление внеполосных излучений в диапазоне СВ (1605 – 3800 кГц).

Блок фильтров обеспечивает подавление внеполосных излучений в диапазоне СВ (1605 – 3800 кГц).

Для согласования выходного каскада с антенной применяют согласующий трансформатор. Управление и контроль за работой радиопередающего устройства производится с местного пульта радиопередатчика или с дистанционного выносного пульта.

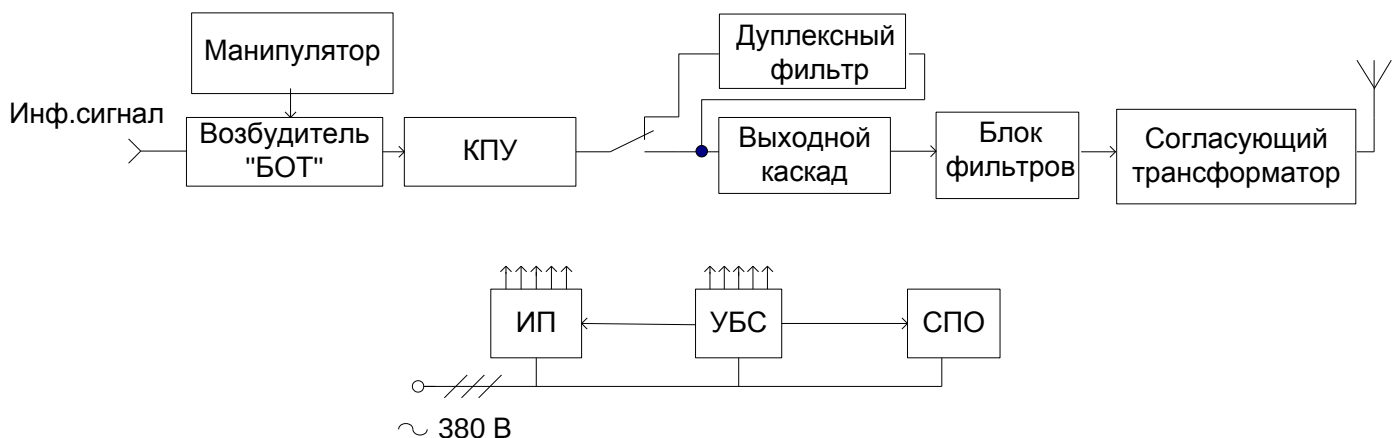


Рисунок 1 – РЧТ радиопередатчика «Корвет».

Схема электрическая структурная

5.4 Принципиальная схема радиопередающего устройства «Корвет»

5.4.1 Возбудитель «БОТ», рисунок 2, обеспечивает полное формирование всех видов работ радиопередающего устройства. Уровень выходного сигнала возбудителя 1,5 В на сопротивление нагрузки $R_n = 50 \text{ Ом}$. Возбудитель состоит из синтезатора частот, формирователя радиосигналов и выходного устройства. Синтезатор частот формирует сетку радиочастот с шагом 100 Гц. Эти частоты вырабатывает генератор плавного диапазона (ГПД), который имеет диапазонно-кварцевую систему стабилизации с кольцом фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). Фазовый детектор (ФД), включенный в кольцо ФАПЧ, вырабатывает управляющее напряжение со знаком «+» или «-». Это напряжение прямопропорционально зависит от разности эталонной частоты, поступающей с датчика мелкой сетки (ДМС), и частоты ГПД, преобразованной и поделенной на 10. При равенстве частот напряжение равно 0° и это соответствует окончанию настройки, которая происходит при помощи регулирующего элемента (варикап). Емкость варикапа зависит от управляющего напряжения. Частоты ДМС получены прямым синтезом от частоты опорного генератора (ОГ) «Гиацинт». Застабилизированные частоты ГПД подаются на выходное устройство, где происходит преобразование радиосигналов, полученных в формирователе радиосигналов на поднесущих частотах 3 МГц или 8 МГц, на рабочие частоты возбудителя. Затем фильтрация от побочных излучений и усиление радиосигнала.

При работе в режиме J3E R3E H3E формирование сигналов информации происходит в блоке однополосного сигнала БОС, при работе в режиме F1B в блоке частотной манипуляции, в режиме G1B в блоке фазовой манипуляции.

При однополосной телефонии напряжением частот разговорной речи модулируется несущая $f = 100 \text{ кГц}$.

Частота 100 кГц поступает с блока ДЧ. Разговорный сигнал поступает с линии или микрофонного усилителя через ограничитель блока низкой частоты БНЧ.

Частотная телеграфия осуществляется путем манипуляции частоты кварцевого генератора 5,1 МГц положительными посылками напряжения, поступающими от аппарата СТ или других специальных датчиков. Частота 5,1 МГц преобразуется в частоту 100 кГц с помощью $f = 5 \text{ МГц}$ опорного генератора. ОФТ осуществляется путем манипуляции на 180° фазы напряжения поднесущей частоты 100 кГц положительными посылками напряжения, поступающими от специальных датчиков.

Амплитудная манипуляция осуществляется напряжением 12 В, поступающим от манипулятора, установленного в предварительном усилителе передатчика. Манипулятор управляется от телеграфного ключа напряжением -12 В.

Далее напряжение с частотой 100 кГц, содержащее сигнал информации, подается через переключатель S1 на вход первого преобразователя, на второй вход которого поступает напряжение с частотой 2,9 МГц, подаваемое с блока ППЧ.

Напряжение с частотой 3 МГц, полученное на выходе преобразователя, поступает либо непосредственно на выходное устройство, либо на 2-ой преобразователь, где частота 3 МГц преобразуется в 8 МГц. Выбор частоты 3 МГц и 8 МГц определяется частотным диапазоном возбудителя.

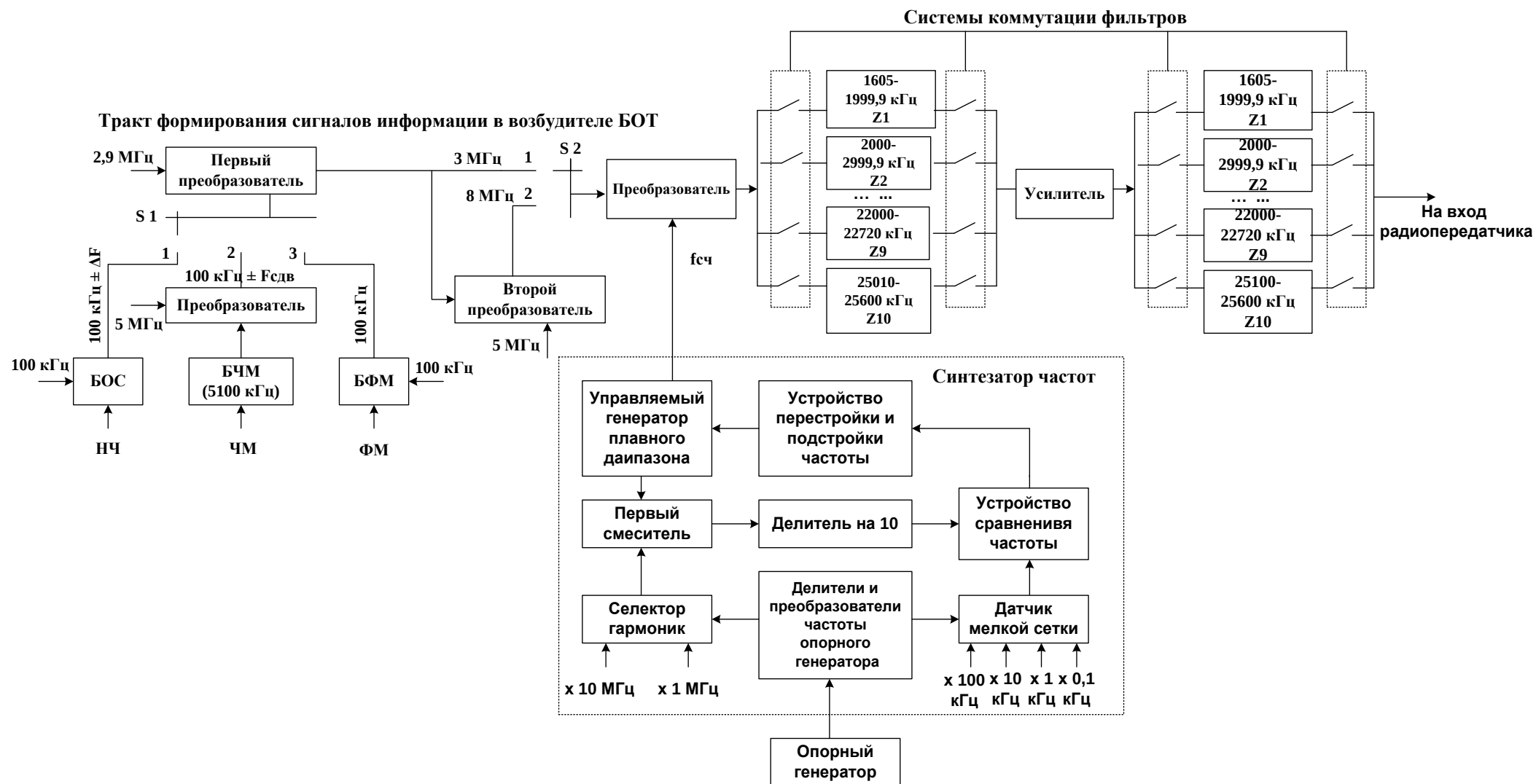


Рисунок 2 – Возбудитель «БОТ». Схема электрическая структурная

5.4.2 Усилитель высокой частоты (каскад предварительного усиления) состоит из двух апериодических каскадов, рисунок 3. Напряжение с выхода возбuditеля поступает через контакты реле P1 на входной трансформатор TP1 усилителя высокой частоты. На резисторах R5 и R6 собран делитель напряжения, который подключается в режиме 25 % мощности и уменьшает примерно вдвое уровень входного сигнала. Величина входного сопротивления при этом остается постоянной ($R = 50 \text{ Ом}$).

Первый каскад усилителя, собранный на транзисторе БТ1 типа КТ904А с ОЭ, работает в режиме класса А. Смещение на базе создается делителем напряжения (R1 и R2), через блокировочный дроссель Др1, а также резистором автосмещения (R7). Конденсатор С1 – элемент блокировочного фильтра. Питание на коллектор 12 В подается последовательно через трансформаторную нагрузочную систему (Tr2). Компенсация входных реактивностей первого каскада происходит в согласованном фильтре нижних частот, образованном конденсаторами С22 и С7, индуктивностью рассеяния трансформатора TP1, резистором R4 и входным сопротивлением транзистора Т1. Граничная частота этого фильтра 30 – 35 МГц.

Компенсация выходных паразитных параметров транзистора Т1 осуществляется аналогичным образом фильтром на конденсаторе С5, индуктивности рассеяния трансформатора TP2 и конденсаторах С9 и С10.

Резистор R4 предохраняет базу транзистора от перенапряжений. Конденсаторы С6 и С8 блокировочные в цепи питания коллектора.

С выхода первого каскада высокочастотное напряжение (6 В) поступает через симметрирующий трансформатор на транзисторы Т2 и Т3

Второй каскад, собранный на двух транзисторах БТ2 и БТ3 типа КТ907А, работает по двухтактной схеме в классе В. Транзисторы БТ2 и БТ3 имеют отрицательную обратную связь на резисторах R16 и R17. Смещение на базы подается с делителей (R15 и R12, R11 и R14), а также с резисторов автосмещения включенных в эмиттеры. Питание на коллекторы 27 В подается последовательно через средние точки. С трансформаторной нагрузочной системы, симметрирующего трансформатора TP3 сигнал поступает через согласующий трансформатор TP4 через элементы коррекции на фильтры подается на вход окончательного каскада или на вход дуплексных фильтров. Выходное напряжение усилителя составляет 12,5 В на нагрузке $R = 50 \text{ Ом}$ в диапазоне частот 1,6 – 25,6 МГц.

Дуплексные фильтры, предназначены для создания дополнительной фильтрации на частотах приема при телефонной дуплексной работе на парных частотах, выделенных для морской подвижной службы. Обеспечивают подавление помех радиоприему ВЧ шума при работе на парных частотах.

5.4.3. Усилитель мощности, рисунок 4, выполнен на четырех лампах ГУ-74Б по схеме усилителя бегущей волны.

Входная цепь представляет собой искусственную длинную линию (ИДЛ) с волновым сопротивлением $\rho = 200 \text{ Ом}$, работающую в согласованном

режиме (режим бегущей волны). Усилитель мощности обеспечивает основное усиление до 300 Вт, собран по схеме УРУ на 4-х лампах ГУ-74Б с общим катодом.

ИДЛ состоит из LC-звеньев, в каждое звено входит индуктивность дросселя и входная емкость генераторной лампы. Бегущая волна создает возбуждение на сетках ламп и в результате в анодной ИДЛ создается усиленная бегущая волна и выходная мощность в нагрузке (в фидере и антенне). Анодная ИДЛ неоднородная, имеет $\rho = 600$ Ом на ГЛ1 и ГЛ2 и $\rho = 190$ Ом на ГЛ3 и ГЛ4. Это сделано для выравнивания режимов работы всех 4х ламп. Анодная ИДЛ также должна быть согласована на входе (R1) и на выходе Г-образный фильтр (L5, L15 и C3). Понижение волнового сопротивления достигается подключением 2х емкостей к анодам генераторных ламп ГЛ3 и ГЛ4. Смещение на сетки ГЛ фиксированное, снимается с резистора R11. Питание на анод (+ПА) подается по параллельной схеме. Экранные сетки питаются от отдельного выпрямителя.

Индуктивности L8 – L7 совместно с входной емкостью лампы (55 пФ) составляют сеточную линию с волновым сопротивлением $\rho = 200$ Ом и граничной частотой 36 МГц. Трансформатор TP1 согласует это сопротивление с волновым сопротивлением кабеля от предварительного усилителя ($\rho = 50$ Ом).

Конденсатор C14 блокировочный в цепи смещения. Для повышения эффективности развязки напряжение смещения подается на сетки ламп через обмотку трансформатора TP1. Резистор R11 входит в состав делителя в цепи смещения.

Звенья L7, L13, C11 и L12, L14, C12 служат для согласования входа и выхода сеточной линии с входным трансформатором и нагрузкой. Резисторы R10, R16 являются нагрузкой сеточной линии. На диоде Д1 и резисторе R13 собрана измерительная цепь для контроля напряжения возбуждения.

Индуктивности L1 – L4 и конденсаторы C4, C5 совместно с выходной емкостью лампы (около 20 пФ вместе с монтажом) образуют анодную линию граничной частотой 30 МГц. Индуктивность L5 обеспечивает согласование анодной линии с нагрузкой. Индуктивность L6 и конденсатор C6 блокировочный фильтр по анодному питанию.

Измерение постоянной составляющей анодного тока ламп производится при помощи измерительных резисторов R6 – R9. Конденсаторы C7 – C10 блокировочные в цепи экранных сеток.

Резисторы R2 – R5, R17 – R20 предохраняют лампы от сильных перегрузок по току экранной сетки при работе на рассогласованную нагрузку. Конденсаторы C1, C2 и C13 разделительные.

Режим ламп выбран, исходя из минимальных нелинейных искажений, и не меняется при переключении уровней выходных мощностей. При работе пониженной мощностью (25%) напряжение возбуждения уменьшается примерно в два раза. Высокочастотный сигнал с выхода усилителя мощности поступает на блок фильтров

На схеме показан электродвигатель (ЭД) вентилятора системы принудительного охлаждения (3-х фазный асинхронный).

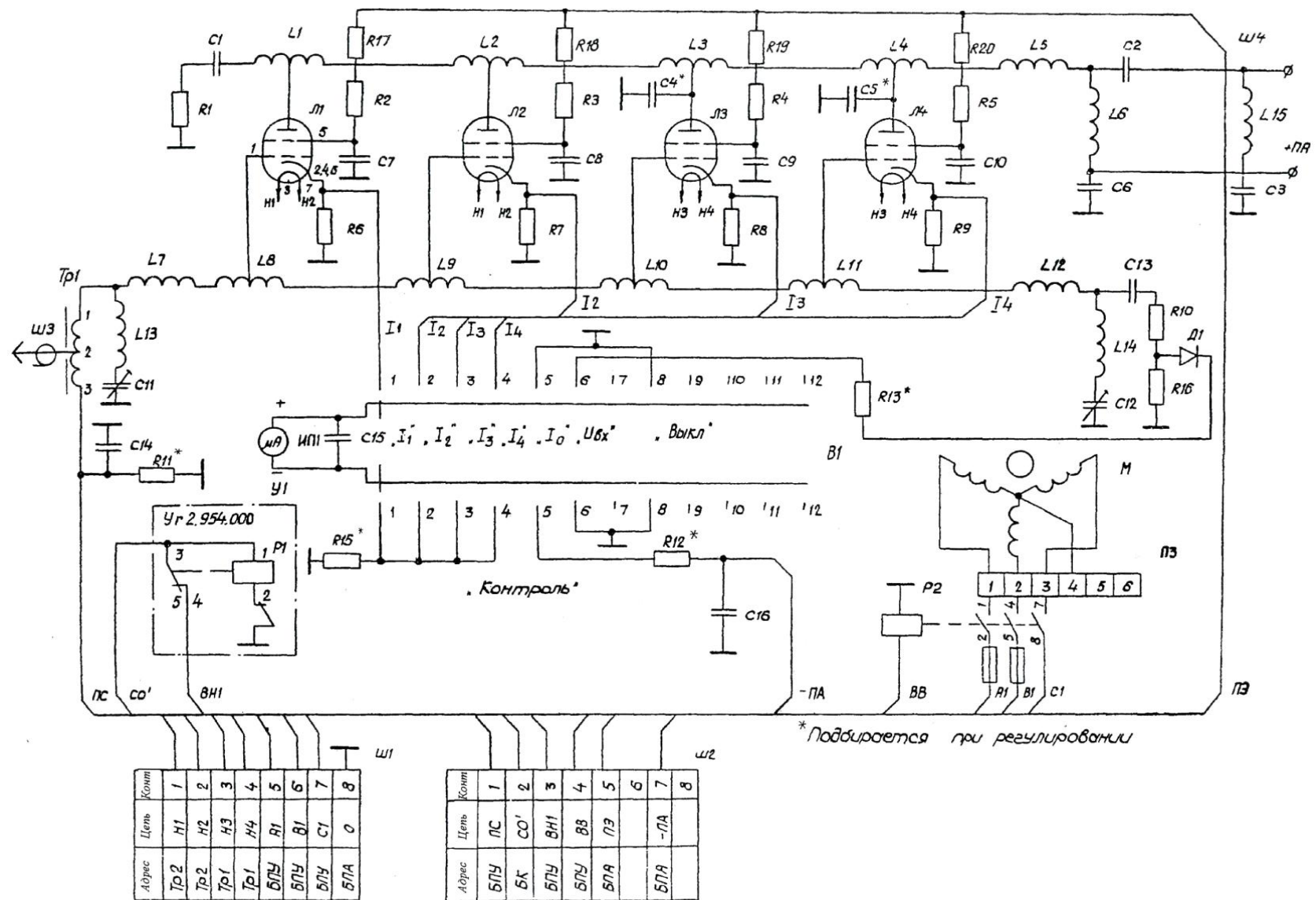


Рисунок 4 – Выходной каскад. Схема электрическая принципиальная

5.4 Порядок включения и настройки радиопередающего устройства «Корвет»

Включение радиопередатчика «Корвет» производится в следующем порядке:

1) Нажмите кнопку «ПИТАНИЕ ВКЛ.». По этой команде включаются все источники блока питания управления, цепи накала ламп каскада и вентилятор. При наличии питания загорается надпись «ТЕРМОСТАТ». Во время прогрева ламп усилителя мощности и охлаждения ламп после выключения питания загорается надпись «ЖДАТЬ» (при включении горит в течение 2 минут).

2) Нажмите кнопку рода работ A1 (A1A)

3) Установите рабочую частоту декадными переключателями.

4) Нажмите кнопку «НАСТР.»

5) Когда погаснет надпись «ЖДАТЬ», на табло нажмите кнопку «25% ВКЛ.». При этом загорается надпись «ГОТОВ»

6) Манипулируя телеграфным ключом, убедиться в наличии тока антенны (эквивалента)

7) Изменение режима работы и частоты производится после нажатия кнопки «АНОД ВЫКЛ.» и «ПИТАНИЕ ВЫКЛ.», при этом гаснет надпись «ГОТОВ»

8) При выключении передатчика нажать кнопку «АНОД ВЫКЛ.» и «ПИТАНИЕ ВЫКЛ.», на табло в течение 4-х минут горит надпись «ЖДАТЬ». Затем загорается надпись «ТЕРМОСТАТ», после чего можно выключить питание радиопередающего устройства на силовом щите.

6 Радиопередающее устройство ПКМ-1

6.1 Техническая характеристика

Радиопередающее устройство ПКМ-1 предназначен, для работы на магистральных линиях радиосвязи в диапазоне СЧ и ВЧ (приложение А).

Диапазон рабочих частот 1,5...29,9999 МГц, шаг сетки частот 100 Гц.

Классы излучения: А3Е; Н3Е; J3Е; R3Е; В8Е; А1А; G1В; F3Е; F1В; F7В (приложение В).

Выходная мощность $P_{\text{вых}} = 1 \text{ кВт} \pm 0,2 \text{ кВт}$.

Промышленный КПД $\eta = 20\% \pm 4\%$.

Относительная нестабильность частоты $H_0 = \pm 5 \cdot 10^{-8}$.

Стабилизация частоты – диапазонно-кварцевая стабилизация.

Мощность внеполосных излучений $P_{\text{внеп}} = 50 \text{ мВт}$.

Перестройка на любую частоту диапазона рабочих частот (ДРЧ) осуществляется как вручную с местного пульта, так и автоматически. Время перестройки меньше 3 сек..

Уровень комбинационных нелинейных искажений -27 дБ.

Уровень фона -50 дБ.

Уровень шума -55 дБ.

Электропитание - трехфазная сеть с $U = 380 \text{ В}$, с допустимым отклонением $+ 10\%...-15\%$.

Охлаждение - воздушное принудительное.

Радиопередатчик обеспечивает работу на широкополосные типы антенн через высокочастотные (ВЧ) кабели с волновым сопротивлением 75 Ом и на несимметричный Т-или Г-образный вибратор.

Система управления, блокировки и сигнализации (УБС) радиопередающего устройства обеспечивает принудительную последовательность операций по включению и отключению питающих напряжений, световую индикацию положения органов управления. В процессе автонастройки при КБВ $< 0,8$ уменьшает выходную мощность в 2 раза; при КБВ $< 0,5$ отключает питание радиочастотного тракта и высвечивает надпись «КБВ не норма».

6.2 Конструкция радиопередающего устройства ПКМ-1

6.2.1 Конструкция радиопередатчика ПКМ-1 состоит из:

- стойки усилителя мощности;
- блока автоматического контроля;
- стойки возбуждителя ВМРС;
- блока антенно-согласующего устройства;

6.2.2 Стойка усилителя мощности состоит из (сверху вниз):

- блока фильтров;
- блока УБС;
- модулей МП и МО (радиочастотный тракт);

- модулей стабилизаторов напряжения (МПС и МОС)
- блока питания системы автонастройки, вентилятора и силового трансформатора (нижняя часть стойки).

6.2.3 Возбудитель ВМРС состоит из (сверху вниз):

- пульт управления;
- стабилизатор напряжения (СтН);
- формирователя радиосигналов (ФРС);
- блок фильтров (БФ);
- блок питания (БП).

6.2.4 Формирователь радиосигналов (схема выдается в форме раздаточного материала) состоит из:

- формирователя вспомогательных частот (ФВЧ);
- датчика мелкой сетки (ДМС);
- датчик крупной сетки (ДКС);
- формирователя телеграфных сигналов (ФТС);
- формирователя однополосных сигналов (ФОС);
- тракта линейного (ТЛ).

6.2.5 Приборы, установленные в радиопередающем устройстве обеспечивают:

- контроль напряжения сети и источников питания;
- контроль напряжения на выходах датчиков автонастройки;
- контроль уровня ВЧ сигнала на входе радиочастотного тракта;
- контроль КБВ в антенном фидере;
- контроль $P_{\text{вых}}$;
- контроль токов, потребляемых транзисторами МП и МО.

6.3 Структурная схема радиопередающего устройства ПКМ-1

Радиочастотный тракт (РЧТ) радиопередатчика, рисунок 1.

Возбудитель ВМРС, обеспечивающий полное формирование всех радиосигналов на заданных радиочастотах, построенный по принципу синтезатора частот с косвенным синтезом, с диапазонной кварцевой стабилизацией частоты.

Измеритель частоты входит в систему автонастройки (САН), по измеренной частоте САН по сигналам ИЧ подключает фильтры в БФ и цепи согласования в АнСУ.

Предварительный модуль усиления РЧТ (коэффициент усиления 35 дБ), усиливает мощность радиосигналов, которые подаются на УДМ. УДМ делит мощность радиосигналов предварительного модуля на 4 равные части для возбуждения 4х оконечных модулей.

Четыре оконечных транзисторных модуля усиления, обеспечивающих усиление до 250...300 Вт каждый.

УСМ служит для сложения мощностей 4х оконечных модулей, чтобы получить заданную мощность РПДУ.

Блок фильтров, обеспечивает подавление высших гармоник и комбинационных составляющих.

Антенно-согласующее устройство, предназначенное для согласования выхода РЧТ РПДУ с антенно-фидерным устройством (АФУ).

Сигнал, усиливаемый усилителем мощности и излучаемый антенной, генерируется и формируется возбудителем (ВМРС). Выходной сигнал возбудителя мощностью 13 мВт подается в измеритель частоты, где производится измерение частоты сигнала. С измерителя частоты подается команда на включение соответствующего фильтра в блоке фильтров.

С измерителя частоты ВЧ сигнал поступает в блок согласующего устройства, где производится согласование усилителя мощности с антенным фидером.

По окончании настройки блока АнСУ выход возбудителя коммутируется на предварительный усилитель. Затем сигнал поступает на устройство деления мощности, обеспечивающее синфазное возбуждение четырех оконечных модулей.

Усиленный оконечными модулями сигнал складывается в устройстве сложения мощностей, на выходе которого получается суммарная мощность радиосигнала, равная 1 кВт. Далее сигнал поступает в блок фильтров, который обеспечивает подавление внеполосных излучений (гармоник и комбинационных составляющих) и отфильтрованный сигнал подается в АнСУ, в котором при помощи подобранных цепей согласования обеспечивается согласование выходного сопротивления РПДУ с волновым сопротивлением фидера, представляющим собой коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 75 Ом. Если используется 4х проводный воздушный фидер, то на выходе подключается симметрирующий трансформатор. Для контроля мощности и КБВ на выходе РПДУ в комплекте имеется блок измерений с устройством фидерной защиты (УФЗ). При снижении КБВ ниже нормы УФЗ отключает передающее устройство.

Согласующее устройство обеспечивает согласование стойки усилителя мощности с входным сопротивлением антенного фидера, волновое сопротивление которого 75 Ом при КБВ в нем не менее 0,25 за время не более 3 сек. Согласование производится автоматически с помощью датчиков автонастройки и системы автонастройки. Настройка производится при очень малом уровне излучения (выходной уровень возбудителя).

Система УБС обеспечивает включение и выключение в заданной последовательности питающих напряжений, аварийное отключение питающих напряжений оконечных модулей в случае их неисправности – снижения КБВ фидера до величины, меньшей 0,2 и других неисправностях.

Индикация состояния работы УМ и сигнализация при аварийных ситуациях осуществляется с помощью световых табло на лицевой панели блока УБС.

Контроль выходной мощности и КБВ осуществляется с помощью блока измерения ВЧ мощности, КБВ. Измерительный прибор размещен на передней панели блока УБС. Питание УМ осуществляется от выпрямителя, размещенного в нижней стойки усилителя мощности.

Предварительный и оконечные модули питаются от автономных стабилизированных источников напряжения.

Вспомогательные цепи питаются от отдельных стабилизированных источников, расположенных внутри стойки.

Система охлаждения включает в себя два вентилятора и воздухопроводы, обеспечивающие равномерное прохождение воздушного потока через радиаторы модулей и стабилизаторов, и снабжена фильтром для очистки воздуха и аэроконтактами.

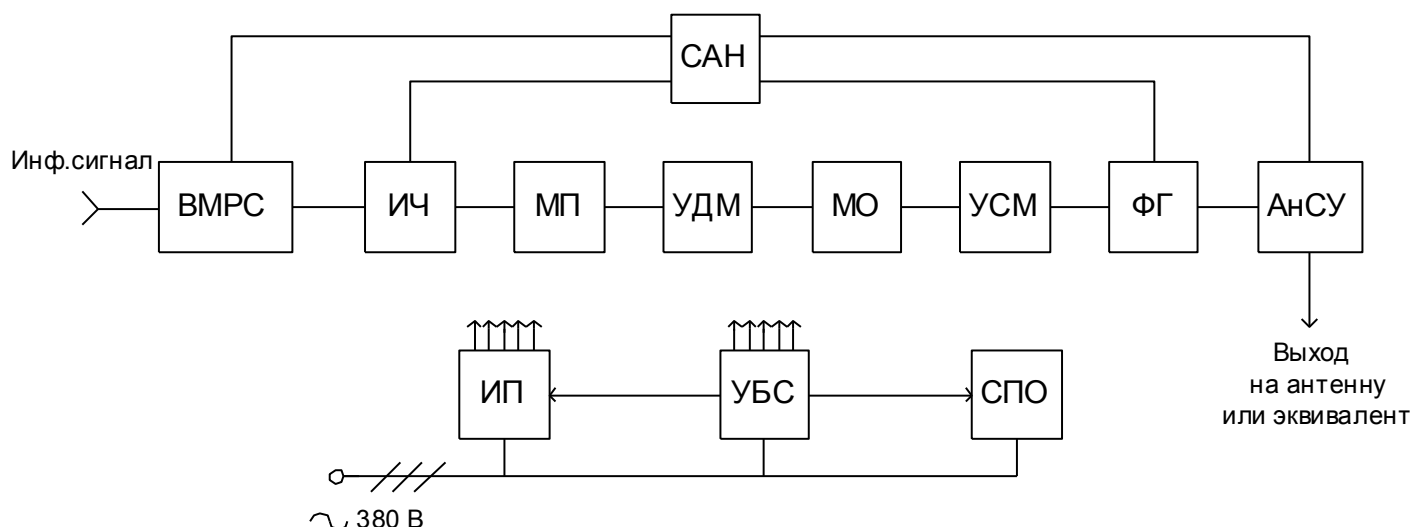


Рисунок 1 – РЧТ радиопередатчика ПКМ-1.
Схема электрическая структурная

САН - система автонастройки;
 УДМ - устройство деления мощности;
 МП - предварительный модуль;
 МО - оконечный модуль;
 УСМ - устройство сложения мощности;
 ФГ - фильтра гармоник;
 АнСУ - антенно-согласующее устройство;
 ВМРС - возбудитель магистральной радиосвязи;
 ИЧ - измеритель частоты;
 ИП - источники питания;
 УБС - управление, блокировка и сигнализация;
 СПО - система принудительного охлаждения.

6.4 Принципиальная схема радиопередающего устройства ПКМ-1

6.4.1 Принцип действия возбuditеля, рисунок 2.

Формирователь вспомогательных (опорных) частот, вырабатывает частоты полученные прямым синтезом от опорного кварцевого генератора. Датчик мелкой сетки (ДМС) формирует сетку высокостабильных частот косвенным синтезом. При помощи генератора управляемого напряжением (ГУН), который стабилизируется кольцом фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). Импульсно фазовый детектор (ИФД) вырабатывает управляющее напряжение, пропорциональное разности опорной частоты и частоты ГУН, поделенной на соответствующий коэффициент деления, подобранный системой автонастройки (САН). Напряжение, выработанное фазовым детектором (ФД) управляет частотой ГУН. Частота стабилизируется, когда разность частот на ФД будет равна 0° . Частоты ДМС подаются в линейный тракт (ТЛ) в качестве опорных для преобразования радиосигналов. Датчик крупной сетки (ДКС) вырабатывает сетку высокостабильных частот с шагом 200 кГц в диапазоне 124,4...153,8 МГц при помощи ГУН2, который также входит в кольцо ФАПЧ для стабилизации частот. В кольцо ФАПЧ входит преобразователь Пр1, понижающий частоту ГУН2 на 120 МГц, делитель частоты и дробный делитель (ДДПКД), который управляется САН. В ФД сравниваются опорная частота 1 МГц и частота на выходе ДДПКД. ФД вырабатывает напряжение управления $\pm U_{упр}$, пропорциональное разности частот. При равенстве частот ГУН2 стабилизируется. Так как шаг сетки большой (200 кГц), а система ФАПЧ узкополосная, в ДКС имеется система поиска, обеспечивающая грубую настройку ГУН. Частоты ДКС подаются на выходной преобразователь для получения рабочих частот.

Формирователь однополосного сигнала (ФОС) обеспечивает формирование радиосигналов J3E, R3E, H3E, B8E фильтровым методом с балансной амплитудной модуляцией. Телефонные сигналы подаются на входы А и В через амплитудные ограничители на балансные модуляторы (БМ), в которых происходит амплитудная модуляция (АМ) с подавлением модулируемой частоты 128 кГц на 40 дБ. Кварцевые фильтры подавляют ненужную боковую полосу на 60 дБ. При формировании B8E в сумматоре телефонных каналов (СТК) радиосигналы 1 и 2 канала объединяются в групповой радиосигнал B8E. Подводимая частота 128 кГц к СТК служит для восстановления несущей частоты (пилот-сигнала). При формировании радиосигнала J3E эта цепь отключается. Сформированные радиосигналы с СТК подаются в ТЛ в блок управления коммутацией (УК) для преобразования на рабочие частоты.

Формирователь телеграфных сигналов (ФТС) служит для формирования телеграфных сигналов F1B, F7B, A1A, G1B (ОФТ) и телефонного радиосигнала F3E. Телефонный сигнал через усилитель-ограничитель подается на ГУН3, средняя частота которого модулируется на частоте $f_{cp} = 14,336$ МГц. Полученный радиосигнал делится в делителе на 112 и получается радиосигнал F3E на поднесущей частоте 128 кГц, дальше радиосигнал подается в ТЛ в блок управления коммутацией (УК) для преобразования на рабочие частоты. Аналогично формируются F1B и F7B.

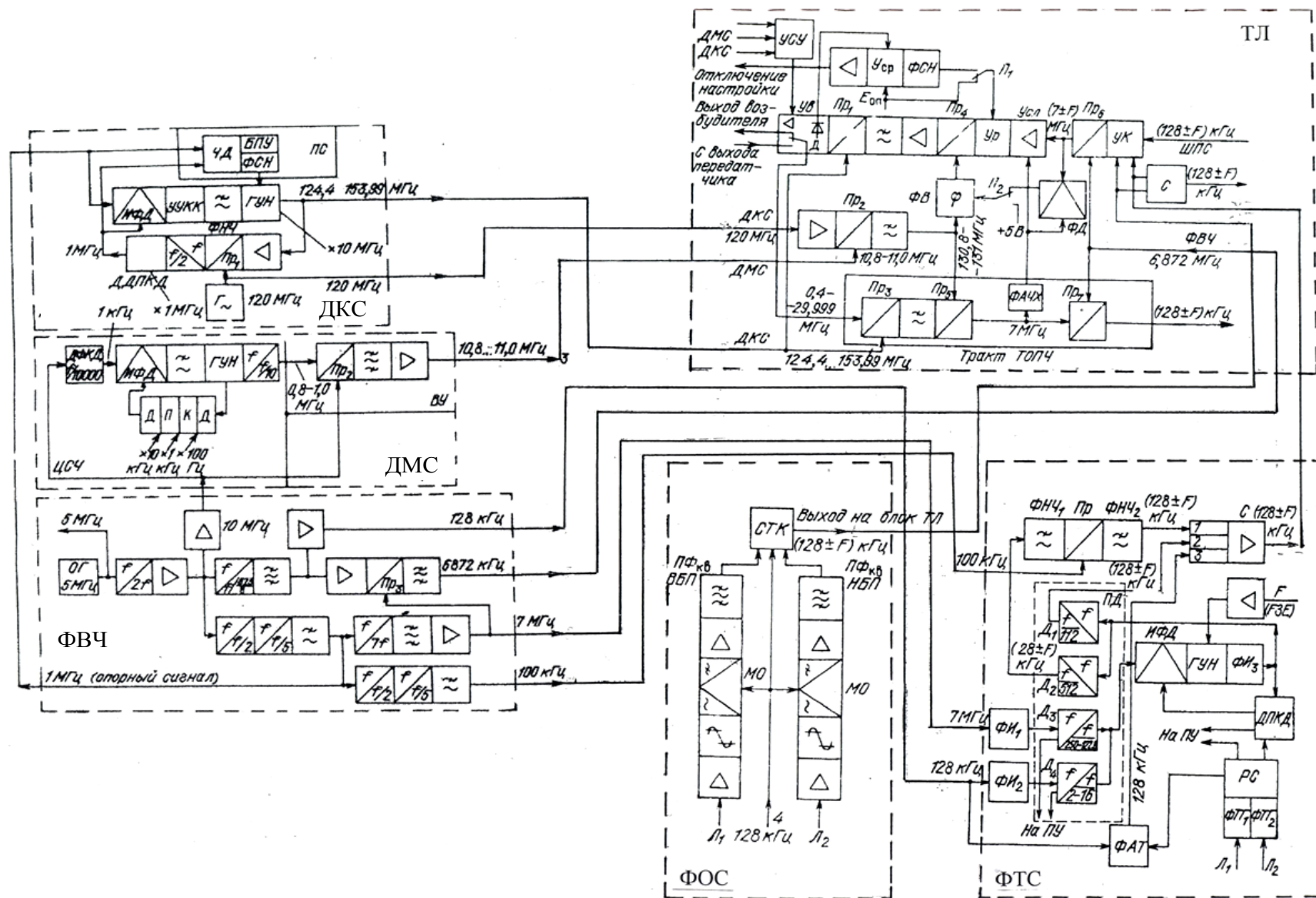


Рисунок 2 – ВМРС. Схема электрическая структурная

Телеграфные сигналы с линии поступают в виде тональных посылок, поэтому они вначале демодулируются и импульсы постоянного тока управляют реверсивным счетчиком, который в свою очередь управляет делителем ДПКД, включенным в кольцо ФАПЧ ГУНЗ ($f_{cp} = 14,336$ МГц) и частота ГУНЗ изменяется скачком на величину девиации, чтобы получить различные частотные сдвиги при работе на ФД подаются различные опорные частоты с другого ДПКД. Полученные радиосигналы подаются на делитель и делятся на 112 или 512 в зависимости от частоты сдвига и через сумматор в ТЛ в блок управления коммутацией (УК) для преобразования на рабочие частоты.

Формирование А1А происходит в блоке ФАТ формирователя телеграфных сигналов. При помощи импульсных сигналов реверсивного счетчика, управляющего работой блока ФАТ, в котором формируется амплитудно-манипулированный радиосигнал на несущей частоте 128 кГц и подается на сумматор в ТЛ в блок управления коммутацией (УК) для преобразования на рабочие частоты.

Радиосигнал G1B (ОФТ) формируется в блоке ФТС с помощью кольца ФАПЧ, управляющего частотой ГУН $f_{cp} = 14,336$ МГц. При этом частота ГУН будет отклоняться на величину $\pm \Delta f$. Величина отклонения зависит от скорости телеграфирования и определяется изменением кода ДПКД. При поступлении телеграфных импульсов также будет изменяться фаза радиочастотного колебания на 180° при переходе к отжатию. Полученный радиосигнал ОФТ на частоте 14336 кГц подается на делитель, в котором эта частота делится на 512 и получается частота 28 кГц. Далее этот радиосигнал подается на преобразователь, где переносится на частоту 128 кГц и подается на сумматор в ТЛ в блок управления коммутацией (УК) для преобразования на рабочие частоты.

Спектр частот информационных сигналов на частоте 128 кГц с блоков ФОС или ФТС вводится в блок ТЛ. В зависимости от установленного вида работы один из спектров частот информационного сигнала поступает на вход устройства коммутации (УК), а затем на первый вход преобразователя Пр6. На другой вход преобразователя Пр6 подается напряжение с частотой 6,872 МГц с блока ФВЧ.

В результате преобразования на выходе Пр6 образуется сигнал со спектром частот $(7 \pm \Delta F)$ МГц. Этот спектр частот после усиления и фильтрации подается на преобразователь Пр4, на другой вход Пр4 вводится через фазовращатель предварительно отфильтрованное и усиленное напряжение с полосой частот 130,8...131 МГц с шагом 100 Гц. Напряжение с полосой частот 130,8...131 МГц формируется на выходе Пр2 из колебаний с полосой частот 10,8... 11 МГц, поступающих с ДМС и колебаний с частотой 120 МГц, поступающих с ДКС. На выходе Пр4 образуется сигнал со спектром частот в полосе $[(123,8...124) \pm \Delta F]$ МГц. Этот спектр частот усиливается, фильтруется и подается на первый вход Пр1, а на второй вход Пр1 поступают с ДКС сигналы в полосе частот 124,4...153,99 МГц с шагом 200 кГц.

В результате преобразования на выходе Пр1 образуется сигнал со спектром в рабочей полосе частот 400 кГц...29,9999 МГц, который усиливается до напряжения 1 В и подается на выход возбуждителя.

6.4.2. Принцип действия радиочастотного тракта

Радиочастотный тракт построен по модульному принципу и состоит из предварительного модуля (ПМ) и 4-х оконечных модулей (ОМ).

6.4.2.1 Предварительный модуль, рисунок 3, представляет собой широкополосный транзисторный 3-х каскадный усилитель с трансформаторными нагрузочными системами. 1-й каскад собран на БТ2 КТ904А с ОЭ, работает без отсечки выходного тока (режим А). Смещение на базу создается комбинированным способом. Делитель R12 и R9 дает фиксированное смещение, а R10 – автосмещение. Питание коллектора от +20 В дает делитель R15 и R14. L5 и C8 – блокировочный фильтр. Нагрузочная система трансформаторы Tr1 и Tr2.

Транзистор БТ1 в схеме – регулятор мощности. При закрытом состоянии транзистора мощность максимальна.

2-й каскад БТ3 и БТ4 2-х тактный апериодический усилитель с трансформаторной нагрузочной системой (Tr3), работает в режиме АВ. Смещение подается фиксированным способом (делители R20 и R21). Для уменьшения нелинейных комбинационных искажений усилителя второй и третий каскады охвачены отрицательной обратной связью по напряжению (цепи R18, R16 и R19, R17, а также R26, C24 и R28, C25). Питание коллектора параллельное через блокировочные дроссели L9 и L10.

3-й каскад собран по 2-х тактной схеме на БТ5 и БТ6 (КТ956А) с трансформаторной нагрузочной системой Tr4, работает в режиме АВ. Смещение фиксированное подается через R27, блокировочные дроссели L11 и L12. Коллекторы питаются по параллельной схеме через дроссели L13 и L14. На элементах R26 и C24, R28 и C25 осуществляется ООС.

Диод VD1 является датчиком в устройстве термостабилизации (УТС), стабилизирующей положение рабочей точки в БТ.

Термостабилизация режима маломощных транзисторов (VT2, VT3, VT4) обеспечивается использованием отрицательной обратной связи по постоянному току. Этой цели служат резистор R10, включенный в эмиттер транзистора VT2, и гасящие резисторы R12, R15, по которым протекает постоянная составляющая коллекторного тока транзисторов VT2, VT3, VT4 и через которые запитываются делители смещения R12, R9 и R20, R21. Температурная стабилизация рабочих точек выходных транзисторов (VT5, VT6) осуществляется при помощи устройства термостабилизации (УТС), представляющего собой трехкаскадный усилитель постоянного тока с коэффициентом усиления по току порядка нескольких тысяч и коэффициентом усиления по напряжению около единицы. Датчиком для устройства термостабилизации является диод, закрепленный на корпусе одного из мощных выходных транзисторов. При увеличении температуры стабилизируемых транзисторов УТС уменьшает напряжение на их базах, а при уменьшении температуры - увеличивает.

Для обеспечения устойчивой работы усилителя в диапазоне частот, а также постоянства величин коллекторных нагрузок по переменному току, введены балластные сопротивления R16, R17 и R22, R23. Помимо усиления сигнала в предварительном усилителе осуществляется автоматическая регулировка усиления для обеспечения одинаковой выходной мощности передатчика во всем рабочем диапазоне частот. Регулировка уровня производится регулирующим транзистором VT1, сопротивление которого как по постоянному, так и по переменному току изменяется в зависимости от величины управляющего напряжения, поступающего с платы АРМ. По мере уменьшения управляющего напряжения на выходе платы АРМ мощность увеличивается и когда ее уровень достигает заданной величины срабатывает пороговое устройство, построенное на операционном усилителе. Роль смещения в этом устройстве выполняет опорное напряжение, определяющее выходную мощность, а на вход операционного усилителя подается сигнал с датчика мощности. При срабатывании порогового устройства прекращается изменение выходного управляющего напряжения платы АРМ.

Мощность ПМ делится на 4 равные части в устройстве деления мощности (УДМ) и подается на возбуждение четырех оконечных модулей (ОМ).

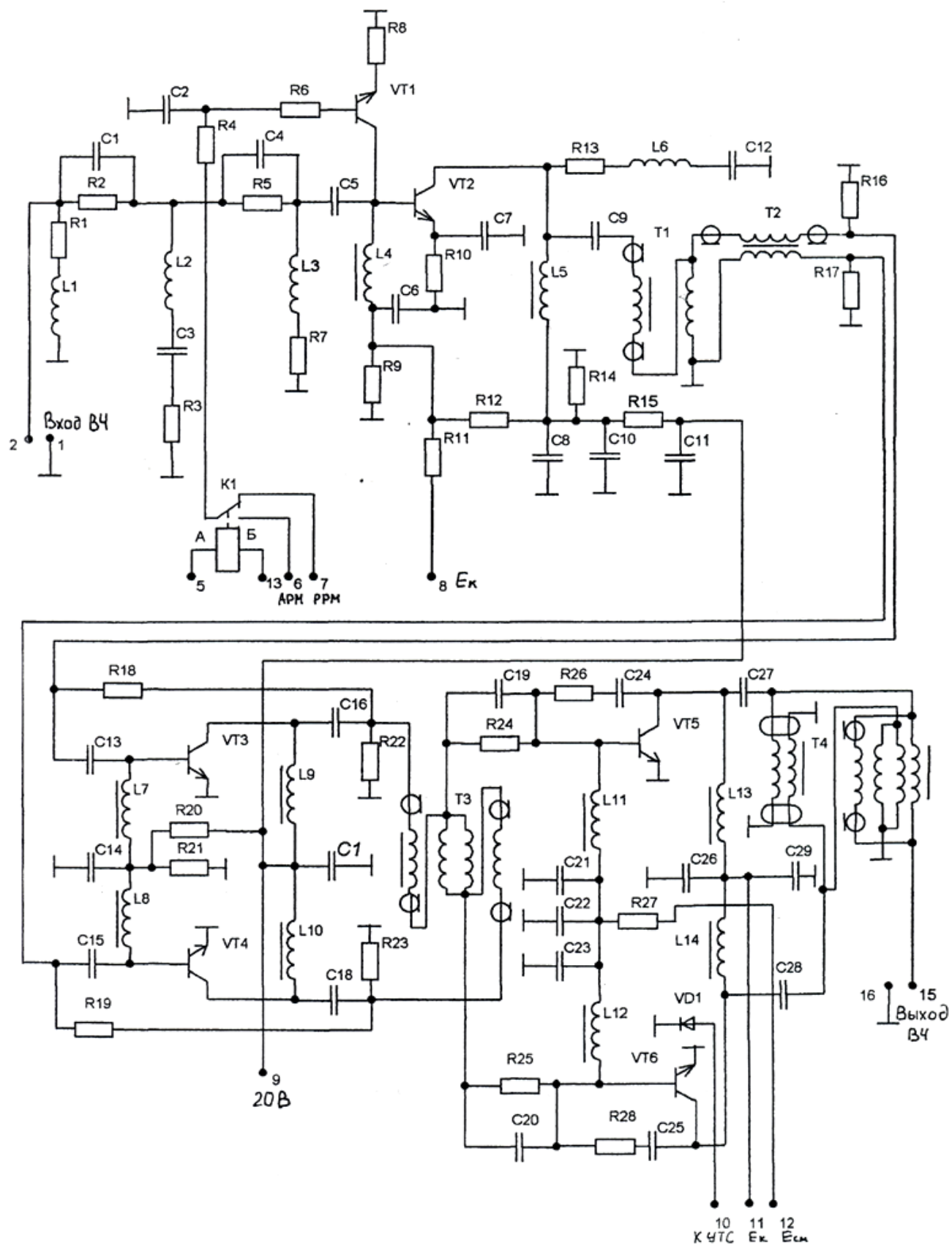


Рисунок 3 – Предварительный модуль. Схема электрическая принципиальная

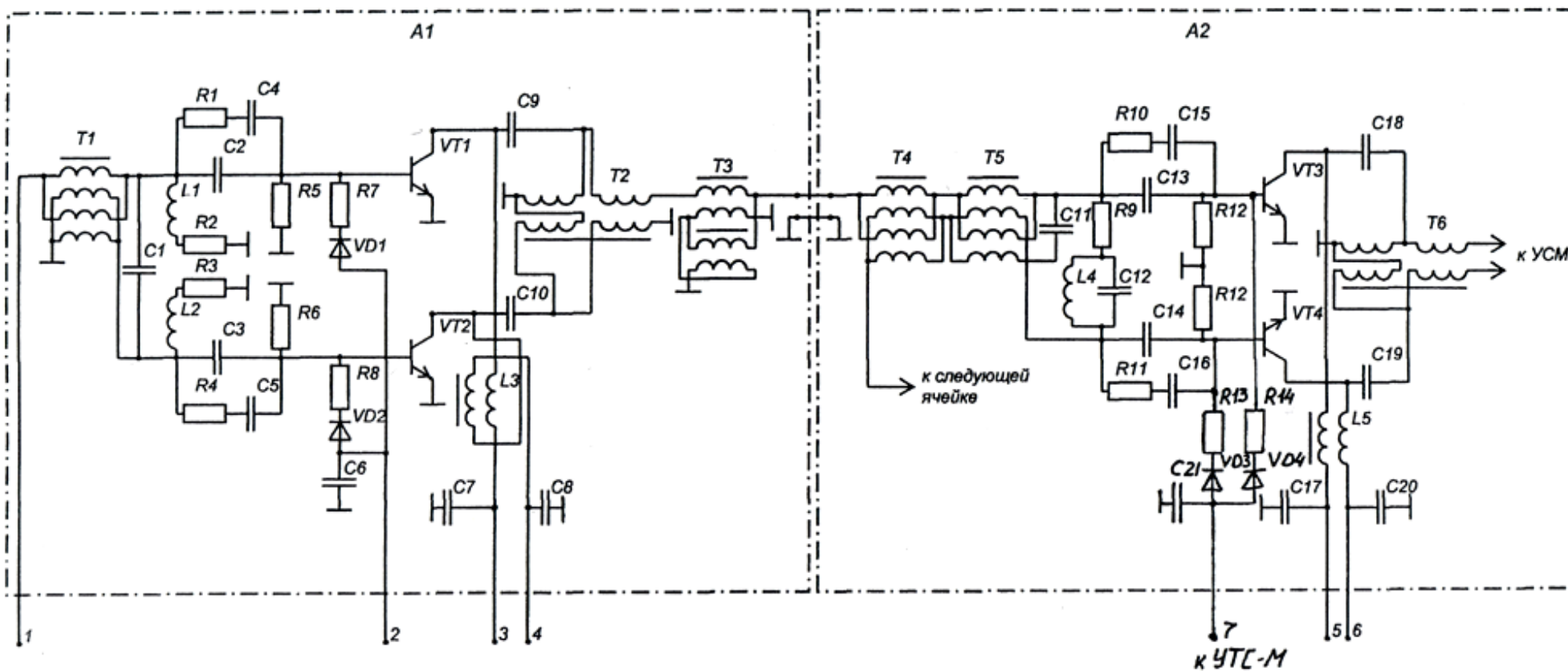


Рисунок 4 –Оконечный модуль. Схема электрическая принципиальная

6.4.2.2 Оконечный модуль (ОМ), рисунок 4, предназначен для линейного усиления мощности поступающей с выхода устройства деления мощностей (УДМ), до уровня 250–300 Вт.

Предварительный усилитель оконечного модуля, расположен на плате предварительной ячейки А1 и предназначен для усиления входного сигнала до уровня, необходимого для раскачки оконечных ячеек.

Усилитель собран по двухтактной широкополосной трансформаторной схеме на транзисторах 2Т956А, работающих в режиме АВ. Смещение фиксированное. Питание коллекторов параллельное через дроссель L3.

На плате оконечных ячеек А2, размещен оконечный усилитель оконечного модуля, состоящий из четырех идентичных двухтактных ячеек, входы которых объединяются мостовыми схемами деления и сложения мощности.

Все трансформаторы, используемые в усилителе, являются трансформаторами типа ТРП.

Сигнал с выхода УДМ через точку 1 оконечного модуля поступает на вход платы предварительной ячейки А1, собранной на транзисторах VT1, VT2. для перехода от несимметричного выхода УДМ к симметричному входу предварительной ячейки служит симметрирующий трансформатор Тр1.

Резисторы R7 и R8 служат для создания автосмещения на базах транзисторов, а резисторы R5, R6 - для выравнивания их входных сопротивлений.

Коллекторное напряжение +27 В на транзисторы предварительной ячейки подается через точки 3 и 4.

Выходной трансформатор Тр2 содержит две обмотки, одна из которых шунтирует на землю четные гармоники коллекторов транзисторов, а вторая согласует симметричный выход ячейки с несимметричным входом схемы деления. Выходное сопротивление предварительной ячейки 125 Ом.

Элементы L1R2; L2R3; C2, R1 и R4, C3, C1 платы А1 служат для коррекции частотной характеристики всего усилителя.

Постоянное смещение на базы транзисторов VT1, VT2 подается через точку 2 с помощью устройства термостабилизации (УТС), обеспечивающего неизменный начальный коллекторный ток транзисторов при изменении температуры.

В качестве датчика УТС используется диод, крепящийся к корпусу одного из транзисторов.

С выхода предварительной ячейки А1 усиленный сигнал поступает в схему деления, обеспечивающую равномерное возбуждение четырех оконечных ячеек А2, согласование их входных сопротивлений с выходным сопротивлением предварительной ячейки и их развязку.

Схема деления содержит четыре одинаковых широкополосных трансформатора типа ТРП Тр1 (на схеме указана одна ячейка), соединенных по входу последовательно. Выходы трансформаторов соединены со входами оконечных ячеек.

С выходов схемы деления сигнал поступает на входы четырех идентичных оконечных ячеек, схемы которых мало отличаются от схемы предварительной ячейки.

Смещение на базы транзисторов VT3, VT4 подается от отдельного устройства термостабилизации (УТС-М), общего для всех четырех оконечных ячеек.

Датчиком УТС-М являются два параллельно соединенных диода, на корпусе одного из транзисторов оконечной ячейки.

Коллекторное напряжение +27 В на транзисторы оконечной ячейки подается через точки 5 и 6.

Входное сопротивление оконечной ячейки 1,5 Ом, выходное 12,5 Ом; номинальная выходная мощность - 75 Вт.

Сигналы с выходов ячеек складываются с помощью мостовой схемы сложения мощностей, эта схема осуществляет также взаимную развязку выходов ячеек и согласование выходного сопротивления с несимметричной нагрузкой 50 Ом.

Далее сигнал с оконечного модуля поступает на вход устройства сложения мощностей (УСМ).

6.5 Порядок включения и настройки радиопередающего устройства ПКМ-1

Включение радиопередатчика ПКМ-1 производится в следующем порядке:

1) Включить автомат «ВВОД». На табло блока УБС при этом загорается надпись «ОТКЛ» и «НЕСИММЕТРИЧНЫЙ 75 Ом». Стрелка прибора «КОНТРОЛЬ ИП» должна быть в пределах сектора.

2) Нажать кнопку «ВКЛ» (блока УБС). При этом загорается табло «ВКЛ» и «РАБОТА НА НАГРУЗКУ» и гаснет табло «ОТКЛ». На блоках МПС и МОС (стабилизаторы питания модулей усиления) загораются светодиоды и включаются вентиляторы охлаждения.

3) По прибору «КОНТРОЛЬ ИП» проверить наличие питающих напряжений.

4) Проверить токи МП и МО по прибору, пользуясь переключателем «ТОКИ МОДУЛЕЙ».

5) Включить возбудитель и установить заданную преподавателем частоту и класс излучения.

6) Проверить наличие радиосигнала на входе МП, для чего переключатель «КОНТРОЛЬ ИП» установить в положение «ВХОД ВЧ».

7) Выключение радиопередатчика производится в обратном порядке.

7 Радиопередающее устройство TF-30

7.1 Техническая характеристика

Передающее устройство TF-30 предназначен для высококачественного радиовещания в УКВ диапазоне во втором стандартном диапазоне частот, частоты которого соответствуют полосе 87,5 – 108 МГц. Этот передатчик относится к маломощным радиопередающим устройствам. На выходе его формируется радиосигнал с широкополосной частотной модуляцией F3E. На вход передатчика подают звуковой сигнал со спектром 30...15000 Гц (высший класс качества) с уровнем 0 дБ. Звуковой сигнал модулирует частоту передатчика и на выходе получается радиосигнал с заданной мощностью и девиацией частоты.

Диапазон рабочих частот 87,5...108 МГц (приложение А)

Номинальная выходная мощность 30 Вт.

Уровень гармоник < -75 дБ.

Относительная нестабильность частоты $H_0 = \pm 5 \cdot 10^{-7}$.

Девиация частоты излучения, вызываемая моносигналом 75 кГц ± 3 ;

комплексным сигналом: 75 кГц ± 4 ;

пилот-тоном или поднесущей: 6,75 кГц $\pm 0,75$.

Частота пилот-тона 19 кГц ± 2 .

Переходное затухание между стереосигналами на частотах:

120 Гц 40дБ

400 Гц 46дБ

1000 Гц 50дБ

5000 Гц 46дБ

10000 Гц 40дБ.

Уровень паразитной амплитудной модуляции (ПАМ) 0,3%.

Сопротивление низкочастотного входа передатчика 600 ± 60 Ом.

Потребляемая мощность не более 110 Вт.

Питание ~180...260 В.

Охлаждение естественное воздушное.

7.2 Конструкция радиопередающего устройства TF-30

Все узлы передатчика размещены в едином корпусе, сконструированном для установки в стандартную стойку. На передней панели, рисунок 1, с внутренней стороны вертикально закреплен узел индикации и контроля MS3.

На задней панели, рисунок 2, расположены сетевая вилка, клавишный сетевой выключатель, клемма заземления, разъемы дистанционного управления Ethernet и RS232/485. Также на заднюю панель выходят ВЧ разъемы модуля усилителя мощности (УМ) и низкочастотные (НЧ) разъемы модуля MB_PT_PM.



Рисунок 1 – Передатчик TF-30. Вид спереди

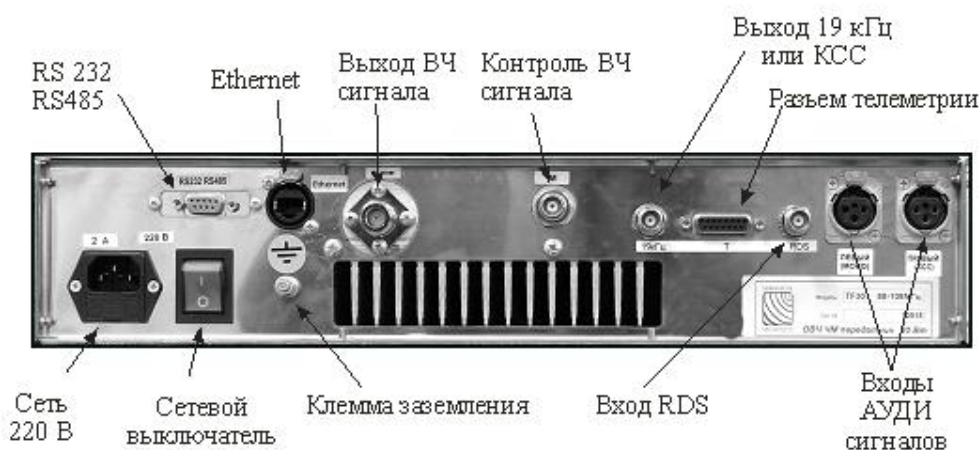


Рисунок 2 – Передатчик TF-30. Вид сзади

7.3 Структурная схема радиопередающего устройства TF-30

В передающих устройствах радиовещания УКВ диапазона вещание осуществляется в двух стандартных диапазонах УКВ-1 и УКВ-2. Частоты УКВ-1 66 МГц – 74 МГц, УКВ-2 частоты 87,5 – 108 МГц согласно ГОСТа. Радиовещание осуществляется классом излучения F3E при помощи широкополосной частотной модуляции с девиацией частоты 50 кГц или 75 кГц. Звуковой сигнал должен быть передан со спектром от 30...15000 Гц. Полоса спектра радиосигнала получается около 200 кГц. Такие широкополосные сигналы требуют использования диапазонов радиоволн с большой частотной вместимостью. Диапазоны ДВ, СВ, КВ используют для передачи более узкополосных радиосигналов из-за меньшей частотной вместимости, поэтому в этих диапазонах применяют амплитудную модуляцию и снижают требования по качеству передачи радиосигналов. АМ радиосигналы имеют хуже помехозащищенность по сравнению с ЧМ радиосигналами и менее выгодное распределение энергии в спектре радиосигналов. Поэтому в передающих устройствах УКВ диапазона применяют частоту модуляции.

В радиопередающих устройствах радиовещания УКВ диапазона применяется режим стерео вещания, обеспечивающий более высокое качество звучания в радиоприемниках, придает объемность и большую естественность звучания, что важно для передачи музыкальных и концертных программ. При стерео

вещании передача звуковых сигналов осуществляется при помощи двух микрофонов разнесенных на сцене (студии) и подаются на два входа передающего устройства, где формируются в комплексный стереофонический сигнал, который модулирует частоту ВЧ генератора (ГУН). В режиме моно вещания используется один канал подачи звукового сигнала. Такие радиопередающие устройства радиовещания должны обеспечивать параметры качества передачи сигналов соответствующие высшему классу качества. Передаваемый спектр звукового сигнала должен быть в полосе 30...15000 Гц, отклонение АЧХ не более 0,5 дБ. В звуковом вещании, а так же при звуковом сопровождении ТВ программ получила распространение частотная модуляция. При частотной модуляции девиация частоты пропорциональна только амплитуде модулирующего сигнала.

Сигнал левого и правого каналов, рисунок 3, поступают через электронный трехканальный аттенюатор, фильтр низкой частоты (ФНЧ) – 15 кГц и переключаемую цепь предискажений на стереокодер по системе с пилот-тоном. Сформированный сигнал внутреннего КСС (комплекс стереофонического сигнала) вместе с сигналами МОНО и внешнего КСС поступает на коммутатор режимов работ передатчика. Выбранный коммутатором сигнал суммируется с сигналом RDS (Radio Data System – многоцелевой стандарт, предназначенный для передачи информационных сообщений по каналам ЧМ-радиовещания в диапазоне УКВ) и подается на генератор управляемый напряжением (ГУН), охваченный петлей фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). В этой точке схемы, в зависимости от установок передатчика, переключается/отключается ограничитель (пикосрезатель) уровня модуляции. Далее, уже промодулированный высокочастотный сигнал усиливается до уровня 1...3 Вт, потом с помощью выходного усилителя мощности – до уровня 30 Вт. Усиленный сигнал, пройдя через выходной ФНЧ и рефлектометр, поступает на выходной разъем передатчика.

Напряжения датчиков падающей и отраженной мощности (с рефлектометра), тока и температуры с усилительного модуля, напряжения питания, захвата ФАПЧ, детекторов аудио уровней поступают на микроконтроллер для индикации и контроля.

Напряжения датчиков падающей и отраженной мощности, тока и температуры усилительного модуля поступают также на схему автоматической регулировки мощности (АРМ), которой охвачен усилитель мощности для компенсации колебаний выходной мощности и обеспечения интеллектуальной защиты передатчика.

Для просмотра и контроля параметров передатчика, управления его режимами работы в схеме предусмотрен микроконтроллер и ЖКИ (жидкокристаллический индикатор). В случае превышения какого-либо порога микроконтроллер индицирует сообщение об аварии на ЖКИ, звуком и красным светодиодом, выключает заданные контакты. Просмотреть значения каналов и другую информацию можно и с персонального компьютера, подключенного по ин-

терфейсам RS232/485 или Ethernet. Микроконтроллер ведет журнал аварий, который хранится в энергонезависимой памяти EEPROM.

Все узлы передатчика питаются от одного источника питания +26 В. От источника питания +26 В через управляемый транзисторный ключ питаются вентиляторы охлаждения передатчика.

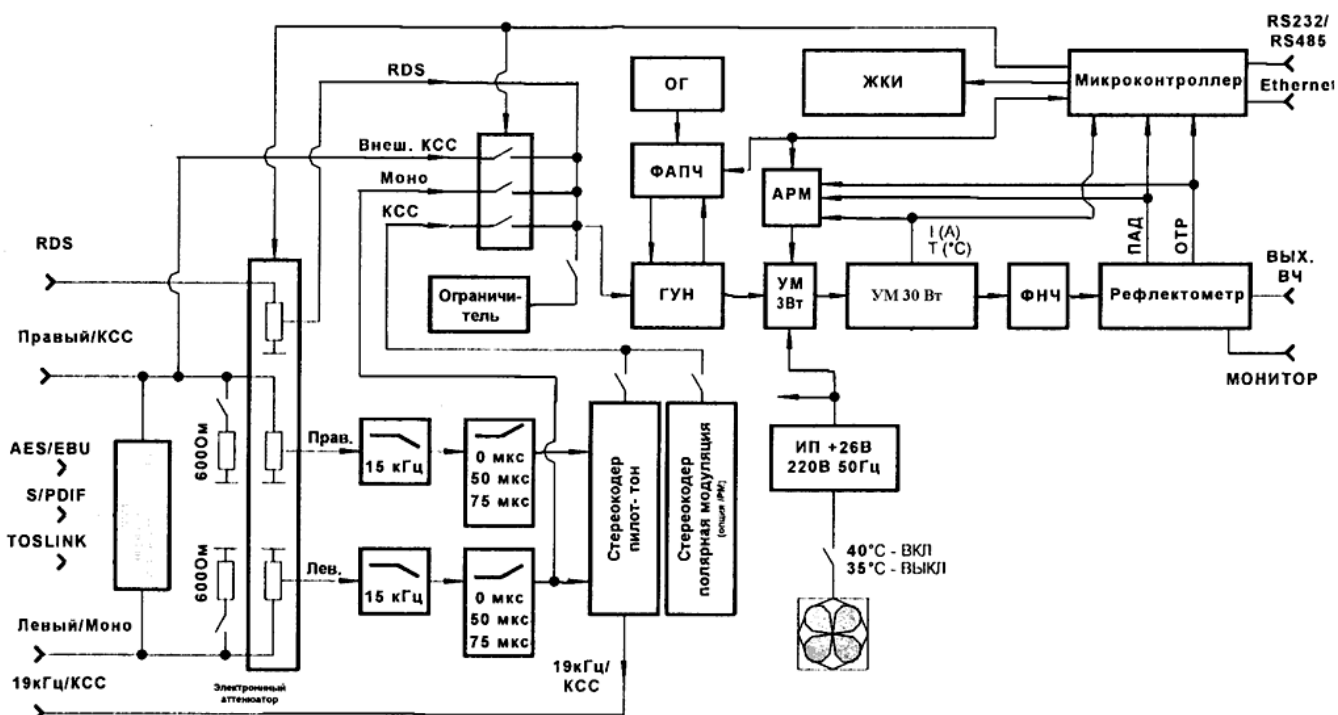


Рисунок 3 – РЧТ радиопередатчика TF-30.

Схема электрическая структурная

7.4 Порядок включения и настройка радиопередающего устройства TF-30

Включение радиопередатчика TF-30 производится в следующем порядке:

7.4.1 Проверить заземление корпуса радиопередатчика. Сетевая клавиша должна быть в положение «ОТКЛ».

7.4.2 Подключить к разьему «• →» эквивалент антенны.

7.4.3 Подсоединить к одному из разъемов «ЛЕВЫЙ/МОНО» или «ПРАВЫЙ/КСС» НЧ сигнал с низкочастотного генератора.

7.4.5 Подключить радиопередающее устройство к сети переменного тока.

7.4.6 Перевести на радиопередатчике и генераторе сетевую клавишу в положение «ВКЛ».

7.4.7 Дождаться на информационном дисплее радиопередатчика основное сообщение.

F	1	0	2	.	4	МГц	В	ы	к	л	
Р	в	ы	х								

7.4.8 Перевести с помощью кнопок управления на передней панели, усилитель мощности в положение «ВКЛ». На информационном дисплее сообщение будет выглядеть так:

Ф	1	0	2	.	4	МГц	Вкл
ПАД	2	5	1	ОТР	5	Вт	

7.4.9 Установить заданную преподавателем несущую частоту и выходную мощность РПДУ.

7.4.10 Настроить на генераторе заданный преподавателем НЧ сигнал и на заданной частоте радиопередатчика настроить FM-приемник, прослушать НЧ сигнал.

7.4.11 Отключить радиопередатчик.

Схема установки, рисунок 4, входят радиоприемное устройство, РПДУ TF-30, эквивалент антенны с R=75 Ом, персональный компьютер, источник информационного сигнала.

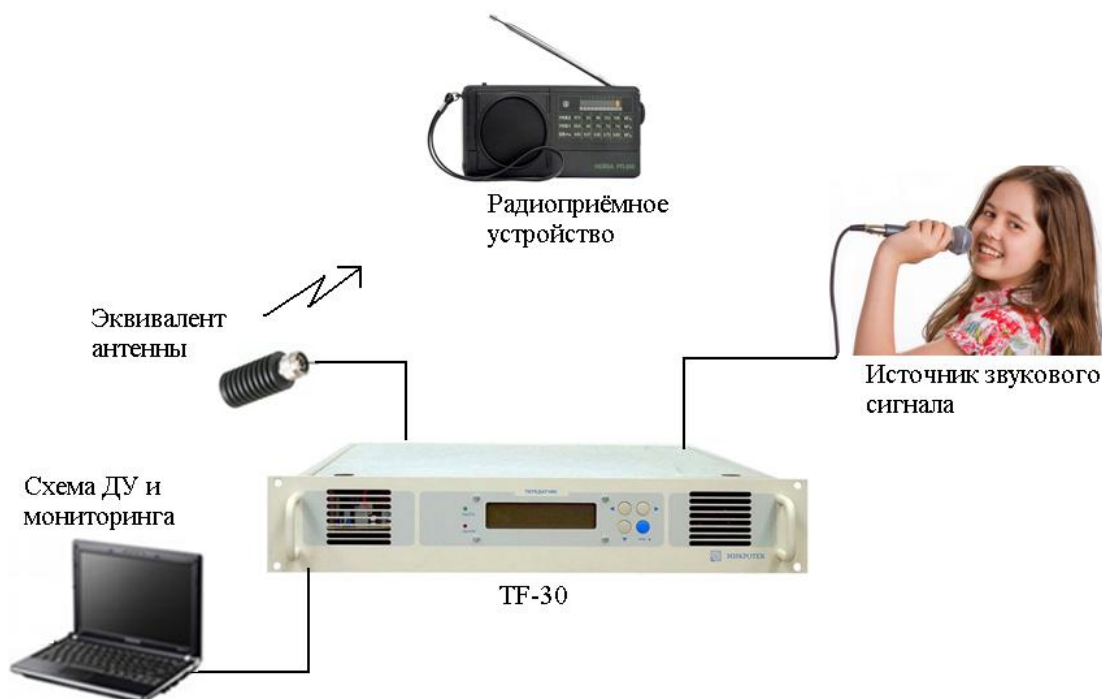


Рисунок 4 – Схема соединения

8 Радиопередающее устройство TTV-100

8.1 Техническая характеристика

Радиопередатчик предназначен для преобразования полного телевизионного сигнала и сигнала звукового сопровождения в радиосигнал вещательного телевидения в системе СЕКАМ D в одном из ТВ каналов третьего частотного диапазон рабочих частот 174...230 МГц (6 - 12 ТВК) с выходной мощностью по уровню синхроимпульсов 100 Вт. Радиопередатчик TTV-100 настроен на 6 ТВ канал (174...182 МГц).

Диапазон рабочих частот 174...230 МГц (6-12 ТВК).

Выходная мощность в пике синхроимпульса 100 Вт.

Усиление сигналов изображения и звука совместное.

Отношение мощностей сигналов изображения и звука 10/1.

Уровень внеполосных составляющих не более –60 дБ.

Стандарт вещания SECAM D/K.

Напряжение сети питания, 90/264 В $\pm$ 20% 50/60 Гц.

Потребляемая мощность не более 550 Вт.

Звуковое сопровождение ЧМ моно.

Входное сопротивление (канал изображения) 75 Ом.

Уровень видеосигнала на входе возбуждителя 1 В.

Максимальное отклонение частоты в канале изображения (абсолютная нестабильность Δf частоты) не более ± 25 Гц.

Входное сопротивление (канал звука) 600 Ом.

Уровень входного сигнала (канал звука) 0,775 В.

Номинальная девиация частоты, 50 кГц.

Максимальное отклонение частоты в канале звука не более ± 25 Гц.

Неравномерность частотной характеристики 30 - 15000 Гц $\pm$ 0,5 дБ.

Нелинейные искажения не более 0,5%.

8.2 Конструкция радиопередающего устройства TTV-100

В состав передатчика TTV-100 входит:

– возбуждатель TTV12/E;

– усилитель мощности (УМ) ALN100-3-3В.

Возбудитель и усилитель мощности, рисунок 1 и 2, являются независимыми устройствами с автономными системами контроля и питания. Как возбудитель, так и усилитель используют в своем составе импульсные источники питания, позволяющие вести непрерывную работу при колебаниях напряжения питающей сети от 176 до 264 В и переменного тока от 47 до 63 Гц. Источники имеют высокий коэффициент полезного действия (КПД), малый уровень шумов и пульсаций и снабжены эффективной защитой от перенапряжения и перегрузки.

Контроль работы составных частей передатчика осуществляется независимо друг от друга. В процессе эксплуатации можно проводить измерения значений напряжений питания, мощности падающего и отраженного сигналов на выходе возбуждателя и усилителя, а также входного уровня сигналов изображения и звука. Возможны автоматическое или ручное регулирование мощности выходного сигнала. Кроме того, на лицевую панель выведена индикация:

- включения передатчика;
- отсутствия видеосигнала на входе возбуждателя;
- отсутствия захвата в системе ФАПЧ возбуждателя;
- перегрева выходного каскада, как возбуждателя, так и УМ;
- превышения допустимого уровня коэффициента стоячей волны (КСВ) нагрузки передатчика;
- перегрузки по входу усилителя мощности.

При пропадании на входе передатчика видеосигнала предусмотрено автоматическое снижение выходной мощности в два раза.

Все блоки передатчика: возбуждатель и блок усиления мощности размещены в стандартном шкафу. Все разъемы блоков расположены на их задних стенках.

Забор воздуха для системы охлаждения осуществляется через перфорацию в передних панелях блоков.

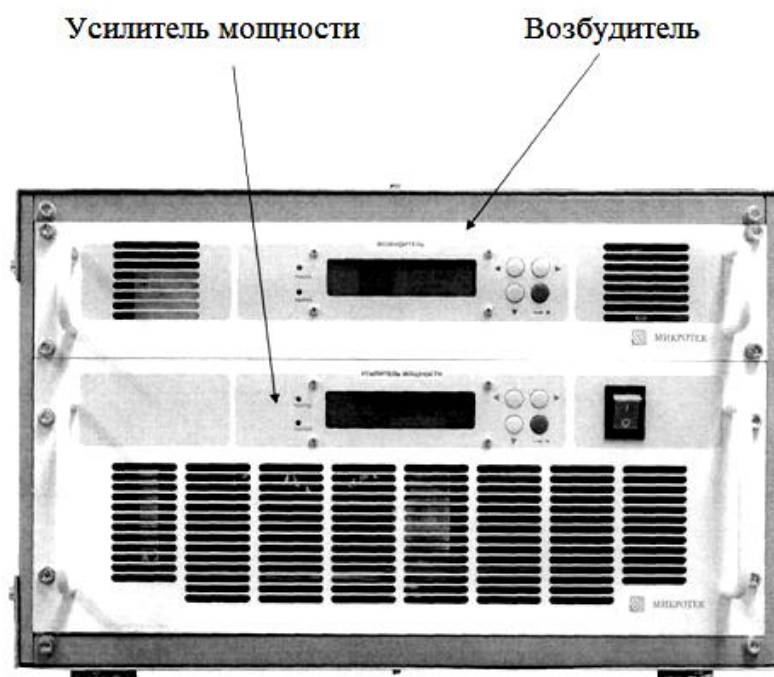


Рисунок 1 – Передатчик TTV-100. Вид спереди

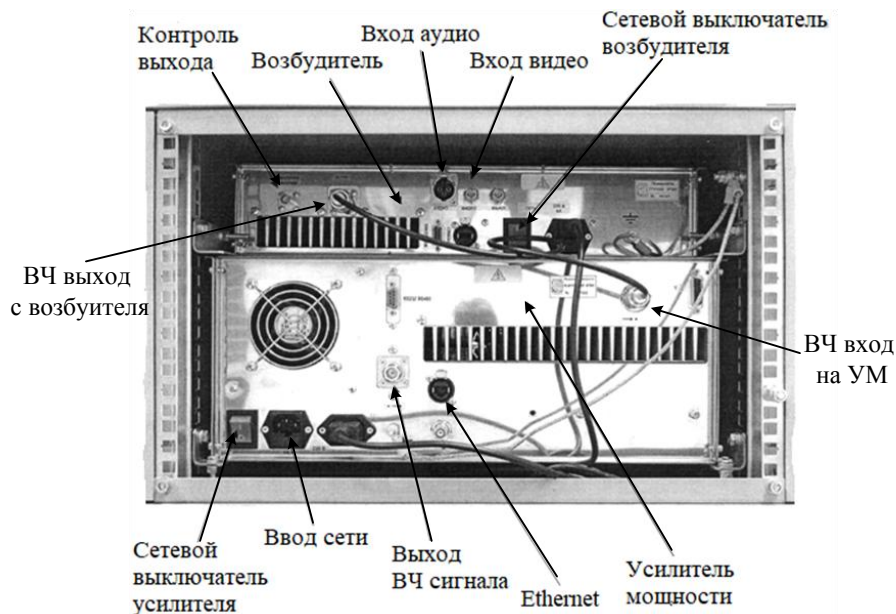


Рисунок 2 – Передатчик TTV-100. Вид сзади

8.3 Структурная схема радиопередающего устройства TTV-100

Передатчик TTV-100 средней мощности, предназначен для аналогового телевидения в УКВ диапазоне в одном из трех стандартных диапазонов рабочих частот (ДРЧ) ТВ-1, ТВ-2, ТВ-3 на заданном канале с 1...12. На вход возбудителя подается два информационных сигнала, видеосигнал с напряжением 1 В и спектром от 0 до 6 МГц. Этот сигнал модулирует по амплитуде несущую радиочастоту в заданном канале и получается сигнал амплитудно-модулированный (АМ). Звуковой сигнал передается по высшему классу качества, поэтому его спектр должен быть от 30 до 15000 Гц. На вход возбудителя он подается с уровнем 0 дБ. Звуковой сигнал модулирует другую несущую частоту, отклоняя ее, на величину девиации равную 50 кГц. Радиосигналы АМ и ЧМ объединяются в групповой радиосигнал (рисунок 3) на выходе передающего устройства в полосе радиочастот выбранного канала равного 8 МГц.

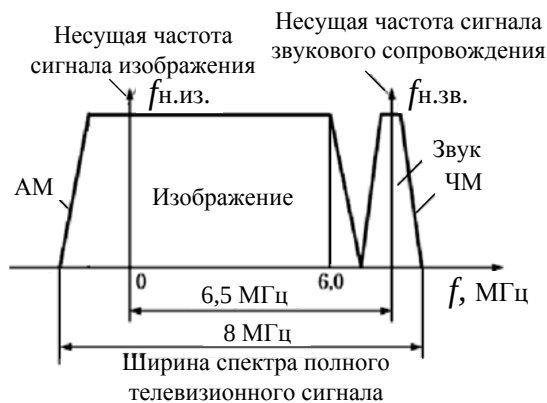


Рисунок 3 – Спектр телевизионного сигнала

8.3.1 Отличительной особенностью возбудителя является возможность изменения рабочей частоты в пределах одного телевизионного диапазона с 1 по 2, с 3 по 5 и с 6 по 12 ТВК.

В состав возбудителя входит:

- узел индикации и контроля (контроллер), предназначен для просмотра и контроля параметров возбудителя, управления его режимами;
- формирователь, видео и аудио сигнал поступают на формирователь с выхода которого снимается сигнал телевизионного канала (ТВК) уровнем 117-120 дБмкВ. Формирователь состоит из: узла видео коррекции, узла видео процессора, узла аудио процессора, узла модулятора, узел корректора, опорный генератор, узел преобразователя, узел усилителя;
- предкорректор, устанавливается взамен узла корректора в плате формирователя, служит для коррекции интермодуляционных искажений, но также оказывает влияния на другие характеристики линейности;
- выходной УМ, усиливает сигнал сформированного ТВК до требуемого уровня. УМ имеет автоматическую регулировку мощности и обеспечивает стабильный уровень выходной мощности;
- источники питания;
- вентилятор;
- переключатель клавишный.

8.3.2 Усилитель мощности построен по схеме совместного усиления сигналов изображения и звука. Выходной полосовой фильтр, выполнен на основе спиральных резонаторов и обеспечивает подавление внеполосных составляющих до уровня не более -60 дБ. При необходимости организовать работу передатчиков на соседних ТВ каналах возможна поставка фильтра с повышенными требованиями.

В состав усилителя мощности входит:

- балансный усилитель мощности, выполненный на базе двух идентичных двухтактных усилителей объединённых квадратурными 3-х децибельными направленными ответвителями. Двухтактный усилитель на мощном транзисторе, работает в классе АВ с трансформаторными апериодическими нагрузочными системами;
- основной источник питания, служит для питания оконечных каскадов усилителя. Входное U 180/264В переменного тока, входное U 48В, выходная мощность 504 Вт;
- вспомогательный источник питания. Входное U 90/264В переменного тока, входное U 24В, выходная мощность 45,6 Вт;
- узел MS3 служит для контроля параметров передатчика.
- узел контроля CS-12 обеспечивает формирование сигналов необходимых для функционирования узла индикации и контроля MS3 и для управления усилителем.
- полосовой фильтр, служит для подавления внеполосных излучений на выходе передатчика TTV-100. Фильтр состоит из фильтра нижних частот С-L и

восьми режекторов L-C. Фильтр нижних частот служит для подавления внеполосных излучений образующихся в области второй и третьей гармоник. Режекторы подавляют комбинационные гармоники.

8.4 Порядок включения и настройка радиопередающего устройства TTV-100

8.4.1 Перед включением радиопередающего устройства убедитесь визуально в отсутствии механических повреждений. Проверьте заземление корпуса. Сетевая клавиша должна быть в положение «ОТКЛ».

8.4.2 На возбудителе подключите с помощью соответствующего кабеля ВЧ выход к нагрузке ВЧ вход усилителя мощности.

8.4.3 На усилителе мощности подключите с помощью соответствующего кабеля эквивалент нагрузки $R = 75 \text{ Ом}$ к выходу ВЧ.

8.4.4 Подключите источник видео и информационного сигнала.

8.4.5 Для дистанционного управления и контроля к одному из разъёмов Ethernet подключите персональный компьютер (ПК) используя стандартный кабель типа «патч-корд».

8.4.6 Убедитесь в наличии сети 220 В и соответствии её номиналу. Подключите сетевой шнур к соответствующему разъёму.

8.4.7 На задней панели возбудителя переведите сетевой выключатель в положение «ВКЛ».

8.4.8 На задней панели УМ переведите сетевой выключатель в положение «ВКЛ». Затем на передней панели УМ переведите клавишный переключатель в положение «ВКЛ». При включении питания на жидкокристаллическом индикаторе (ЖКИ) выводятся два информационных сообщения А и В.

«МИКРОТЕК»
www.microtec.ru

– Сообщение А

ALND100-5-21/69
K v1.2 ПОВ1.47

– Сообщение В – название, конструктивная версия и версия ПО изделия

Рвых 104Вт 44°
Ротр 2Вт

– Основное сообщение

При появлении основного сообщения на дисплее индицирует текущее значение выходной и отражённой мощности УМ и температуры радиатора охлаждения.



Схема установки, рисунок 4, входят телевизионный приемник, РПДУ TTV100, эквивалент антенны с R=75 Ом, персональный компьютер, источник информационного сигнала (видеоплейер или видеокамера).



Рисунок 4 – Схема соединения

9 Возбудитель магистральный радиосвязной ВО-71

9.1 Техническая характеристика

Возбудитель ВО-71 предназначен для получения высокостабильных колебаний на дискретных фиксированных частотах, формирования выходных сигналов при всех видах работы радиостанции и установки необходимого уровня выходной мощности передатчика. Возбудитель построен по схеме диапазонно-кварцевой стабилизации частоты с использованием генератора плавного диапазона (ГПД) с компенсацией его нестабильности и преобразованием частоты сигнала в рабочий диапазон частот.

С выхода возбудителя напряжение подается на вход радиочастотного тракта передатчика.

– Возбудитель обеспечивает образование дискретной сетки частот через 100 Гц в диапазоне 1,5 - 29,9999 МГц;

– Диапазон частот возбудителя разбит на 3 поддиапазона:

- I – 1,5 - 9,9999 МГц;
- II – 10 - 19,9999 МГц;
- III – 20 - 29,9999 МГц.

– Допустимое отклонение частоты $2 \cdot 10^{-7}$;

– Время перестройки на любую частоту не более 1с;

– Для передачи информации обеспечиваются следующие классы излучений НЗЕ (с уровнем несущей 70%), RЗЕ (с уровнем несущей $> 3\%$, но $< 70\%$), JЗЕ (с уровнем несущей не превышающим 3%), В8Е, А1А, F3Е, F1В и F7В со сдвигами частот 200, 250, 400, 500, 800 и 1000 Гц, а так же дополнительно F1В со сдвигами частот 125 и 6000 Гц;

– Спектр частот телефонных каналов 300...3400 Гц;

– Выходное напряжение на эквиваленте нагрузки, при отключенной автоматической регулировке напряжения (АРН) 1,4...3,0 В; при работе с АРН $1 \pm 0,1$ В во всем диапазоне частот;

– В телефонных каналах и в канале частотной модуляции обеспечивается плавная регулировка входных напряжений 61...1300 мВ;

– Предусмотрена установка и запоминание десяти рабочих частот.

9.2 Конструкция возбудителя ВО-71

Прибор 1-ОВ – блок опорных частот. Вырабатывает сетку особо стабильных частот полученных при участии опорного генератора Гиацинт – 5 МГц (эталонный кварцевый автогенератор).

Прибор В3 – формирователь всех радиосигналов (классы излучения) на поднесущей частоте 6,222 МГц.

Прибор В2 – формирователь выходных частот, преобразует радиосигналы с поднесущей частоты на рабочие частоты возбудителя.

Прибор В4 – блок питания (выпрямительное устройство).

9.3 Формирование радиосигналов в магистральном радиосвязном возбuditеле ВО-71

На рисунке 1 изображена функциональная схема магистрального радиосвязного возбuditеля ВО-71.

Информационные сигналы, телефонные и телеграфные, подаются на входы прибора ВЗ.

Телефонные радиосигналы с напряжением 0,775 В подаются на балансные модуляторы, которые находятся в блоке ВЗ-6. В балансных модуляторах происходит амплитудная модуляция поднесущей частоты 128кГц и подавление этой частоты на 40 дБ, эта частота формируется в блоке опорных частот.

Полученные радиосигналы пропускаются через полосовые фильтры, в которых происходит подавление НБ в одном канале или ВБ в другом канале на 60 дБ. На выходе блока ВЗ-6 добавляется пилот-сигнал, если формируются радиосигналы НЗЕ, РЗЕ. Полученные радиосигналы на поднесущей частоте 128 кГц $\pm \Delta F$ коммутируются на блок ПБЗ-1, в котором радиосигнал преобразуется на поднесущую частоту 722 кГц $\pm \Delta F$ и далее этот радиосигнал подается на блок БЗ-2 балансного преобразования, в котором радиосигналы преобразуются на частоту 6,222 МГц $\pm \Delta F$.

Радиосигнал FЗЕ формируется в блоке ВЗ-6, в котором имеется управляемый генератор, работающий на частоте 722 кГц. При помощи варикапа звуковой сигнал будет изменять частоту генератора по закону модулирующего сигнала, отклоняя ее на величину девиации. Полученный радиосигнал на частоте 722 кГц $\pm \Delta F$ подается в блок БЗ-2 и преобразуется так же на частоту 6,222 кГц $\pm \Delta F$.

Телеграфные радиосигналы F1В, F7В формируются в блоках ЧТ, ДЧТ в которых получают данные радиосигналы так же на поднесущей частоте 128 кГц, далее они подаются на блоки преобразования ПБЗ-1 и БЗ-2 и на выходе получают радиосигнал на частоте 6,222 МГц $\pm \Delta F$.

Сформированные радиосигналы подаются в прибор В2 на регулятор усиления и далее на один из трех блоков ВЧ подставок. Три блока ВЧ (36,222 МГц; 46,222 МГц; 56,222 МГц) подставок нужны для перекрытия всего рабочего диапазона возбuditеля, который разбит на три поддиапазона. Далее с блока ВЧ подставок радиосигнал на выбранной частоте подставки подается на выходной смеситель, в котором происходит вычитание из частоты генератора плавного диапазона (ГПД 56,222...66,222 МГц) частоты ВЧ подставки и получаются радиосигналы в диапазоне рабочих частот от 1,5 до 29,9999 МГц.

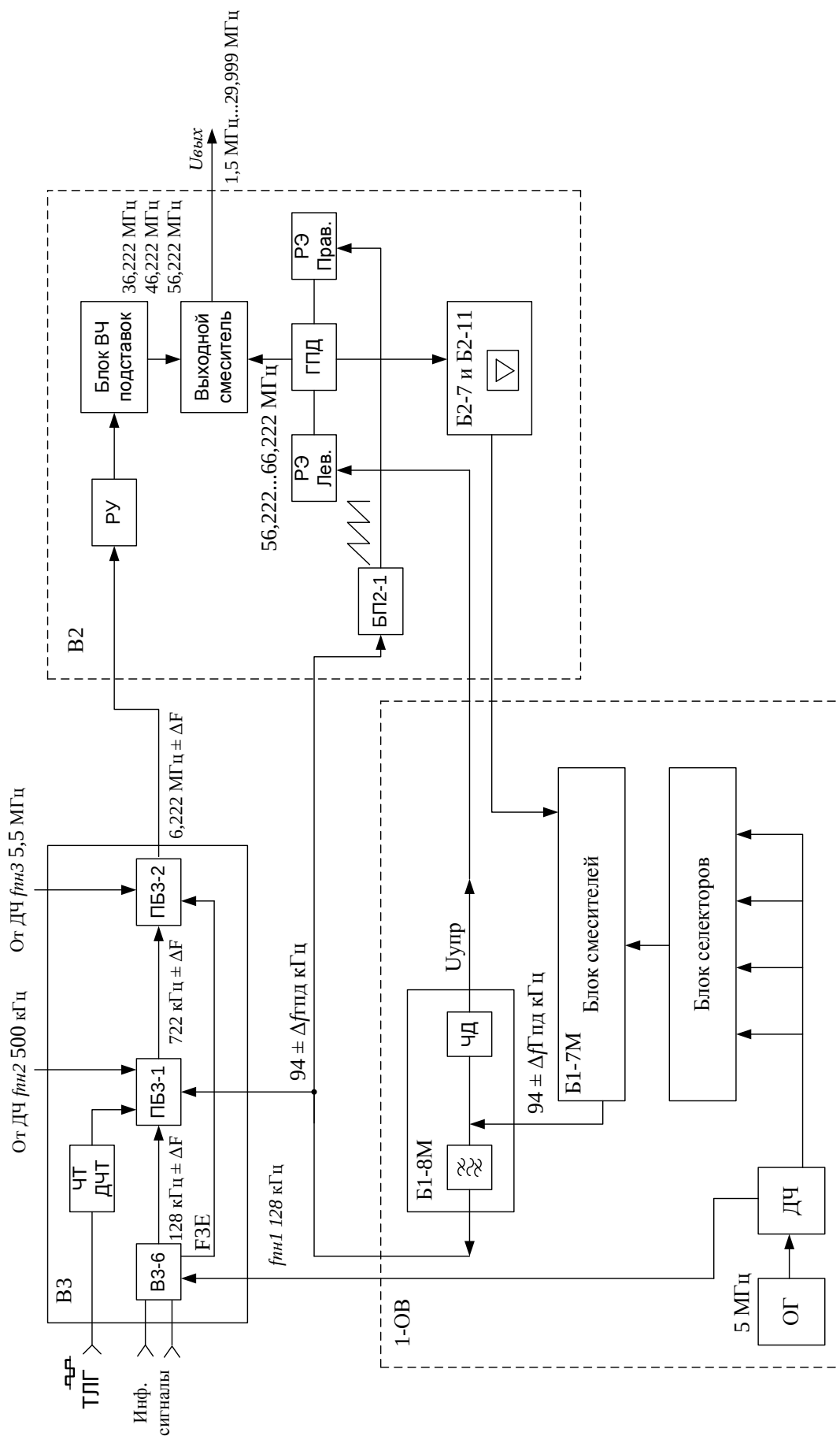


Рисунок 1- Возбудитель ВО-71. Схема функциональная структурная

9.4 Система стабилизации рабочих частот в магистральном радиосвязном возбuditеле ВО-71

Возбудитель имеет высокую относительную нестабильность частоты $2 \cdot 10^{-7}$, которая получается благодаря диапазонно-кварцевой системе стабилизации с опорным генератором типа «Гиацинт» частота которого равна 5 МГц. Нестабильность этого генератора $2 \cdot 10^{-7}$, благодаря этому рабочие частоты будут иметь такую же высокую стабильность частоты. В данном возбuditеле, рисунок 1, в системе стабилизации применяется кольцо ЧАПЧ и метод компенсации остаточной нестабильности ГПД.

Кольцо ЧАПЧ включает в себя ГПД, блоки усиления В2-7 и В2-11, блок смесителей Б1-7М, частотный дискриминатор Б1-8М и левый РЭ.

ГПД, частота которого подается на блоки усиления В2-7 и В2-11, и далее на блоки смесителей, в которых частота ГПД преобразуется в частоту 94 кГц путем вычитания из частоты ГПД фиксированных частот блока селекторов. Рабочая частота возбuditеля соответствует сумме номеров частот, выбранных переключателями блока опорных частот. В начале настройки частота ГПД плавно изменяется под воздействием правого регулирующего элемента (РЭ – варикапа). При подходе к частоте 94 кГц начинает работать частотный дискриминатор (ЧД), который вырабатывает управляющее напряжение, величина которого зависит от величины отклонения частоты от значения равного 94 кГц. Управляющее напряжение подается на левый варикап, оба варикапа входят в резонансную систему ГПД и влияют на его частоту. Когда частота на входе ЧД ровно 94 кГц, управляющее напряжение будет равно 0 и частота ГПД будет за-стабилизирована кольцом ЧАПЧ, при этом емкость правого варикапа так же фиксируется, так как в блоке БП2-1 выключается генератор пилообразного напряжения в момент поступления сигнала с частотой 94 кГц на вход блока БП2-1. Сигнал 94 кГц приходит с блока Б1-8М через узкополосный полосовой фильтр при этом ГПД стабилизируется на заданной частоте кольцом ЧАПЧ и удерживается на этом значении.

Так как ЧАПЧ не достаточно стабильная система стабилизации, поэтому остается остаточная нестабильность ГПД. Для повышения стабильности предусмотрена компенсация этой нестабильности в выходном смесителе прибора В2. Компенсация в выходном смесителе происходит при вычитании частоты ГПД из частоты ВЧ подставки, которая так же имеет эту нестабильность. Эта нестабильность введена в блоке ПБ3-1, на который подается частота 94 кГц. Эта частота складывается с опорной частотой 500 кГц и получается вторая поднесущая частота 594 кГц. При модуляции этой частоты радиосигналом полученным в блоке В3-6 остаточная нестабильность вместе с радиосигналом преобразуется на частоту $722 \text{ кГц} \pm \Delta F$, $6,222 \text{ МГц} \pm \Delta F$ и на ВЧ подставку и далее происходит компенсация её и повышение стабильности выходных частот возбuditеля до требуемого значения (10^{-7}).

10 Радиоприемное устройство Р-155

10.1 Техническая характеристика

Приемное устройство Р-155 представляет собой супергетеродинный радиоприемник с двойным преобразованием частоты, используется на магистральных линиях телеграфных и телефонных радиосвязей. При применении двух устройств возможен разнесенный прием сигналов. Управление работой приемного устройства – местное с лицевой панели приемника или дистанционное с вынесенного пункта управления.

– Диапазон частот 1,5...29,9999 МГц разбит на шесть поддиапазонов:

- I – 1,5 - 2,9999 МГц;
- II – 3 - 4,9999 МГц;
- III – 5,0 - 7,9999 МГц;
- IV - 8,0 - 12,9999 МГц;
- V – 13,0 - 19,9999 МГц;
- VI – 20,0 - 29,9999 МГц.

– Относительное отклонение частоты – не более $2 \cdot 10^{-7}$.

– Прием информации классов излучений: А1А, А3Е, J3Е, F3Е, F1В, со сдвигом частот 125, 250 и 500 Гц и скорость манипуляции 50 Бод; F7В со сдвигом частот 250 Гц при синхронной работе со скоростью манипуляции 150 Бод или асинхронной работе со скоростью 50 Бод. Прием сигналов классов излучений F1В и F7В может быть осуществлен на разнесенные антенны;

– Чувствительность:

- по несимметричному входу при приеме сигналов J3Е не хуже 2 мкВ;
- по несимметричному входу в режиме приема автоматических видов связи не хуже 1,5 мкВ.

– Избирательность:

- первая промежуточная частота – 1222 кГц, вторая – 128 кГц;
- полоса пропускания тракта первой промежуточной частоты составляет 5 кГц для всех видов телеграфного приема и 20 кГц для телефонного приема;
- полосы пропускания тракта второй промежуточной частоты при слуховом приеме составляют 9 кГц (ТЛФ-ДП), 1,2 кГц (ТЛГ-Ш) и 0,26 кГц (ТЛГ-У);
- полосы пропускания при приеме однополосных телефонных сигналов и телеграфных сигналов ЧТ и ДЧТ определяются кварцевыми фильтрами в выходных приборах (4-ОМ и 5-ОМ);
- ослабление чувствительности по зеркальному каналу первого преобразования не менее 1000 раз (60 дБ), а по зеркальному каналу второго преобразования - не менее 10000 раз (80 дБ);

– Регулировка усиления:

- В устройстве имеется ручная и автоматическая регулировка усиления АРУ обеспечивает изменение уровня выходного сигнала не более, чем в 2 раза (6 дБ) при изменении уровня входного сигнала в 1000 раз (60 дБ).

- Телеграфные искажения:

- при ЧТ-125, ЧТ-250, ЧТ-500 (скорость 50 бод) не превышают 5%;
- при ДЧТ-250 при синхронной работе со скоростью 150 бод не превышают 22%;

- при ДЧТ-250 при асинхронной работе со скоростью 50 бод не превышают 20%.

- Готовность устройства к работе

- для слухового приема телеграфных сигналов с амплитудной манипуляцией и телефонных сигналов с амплитудной модуляцией и приема сигналов автоматических видов связи устройство готово через 1 минуту после включения, для приема телефонных сигналов с однополосной модуляцией - через 2 часа после включения.

- для сохранения необходимой стабильности частоты при кратковременных перерывах в работе и выключении устройства используется режим дежурного подогрева, при котором термостат и схема опорного генератора остаются включенными. В этом случае устройство готово к приему всех видов работы через 1 минуту после включения.

- Электропитание устройства:

- устройство питается от однофазной сети переменного тока напряжением $127/220 \text{ В} \pm 5\%$ при частоте 50 Гц. Максимальная мощность, потребляемая устройством, не превышает 300 ВА.

- Антенный вход устройства:

- подключение несимметричного фидера с волновым сопротивлением 75 Ом;

- подключение симметричного фидера с волновым сопротивлением 200 Ом через дополнительный симметрирующий трансформатор. Антенный вход устройства защищен;

- от радиолокационных помех с помощью противолокационного фильтра (ПЛФ), ослабляющего помехи в диапазоне 400 - 10000 МГц не менее, чем в 100 раз (40 дБ), в диапазоне 200 - 400 МГц не менее, чем в 10 раз;

- от воздействия высокочастотного напряжения до 100 В, в том числе и на частоте, совпадающей с частотой настройки (в схеме предусмотрен разрядник);

- от воздействия напряжения постоянного тока до 500 В (в схеме предусмотрен разделительный конденсатор).

10.2 Конструкция радиоприемного устройства Р-155

Прибор 2-1М – блок главного канала приема сигналов;

Прибор 1-ОВ – блок опорных частот (БОЧ) для получения в диапазоне 1,5...29,9999 МГц сетки частот, шаг сетки 100 Гц;

Прибор 3-ОМ – блок питания приборов 2-1М, 1-ОМ и отдельных цепей системы автоматики устройства;

Прибор 4-ОМ блок демодулятора сигналов однополосной телефонной радиосвязи и частотно-модулированных сигналов;

Прибор 5-ОМ – блок демодулятора сигналов ЧТ и ДЧТ;

Прибор 9-ОМ – блок приема сигналов телеграфной радиосвязи на оконечной буквопечатающей аппаратуре.

10.3 Тракт приема радиосигналов радиоприемного устройства Р-155

Принимаемые радиосигналы, рисунок 1, заданных классов излучения подаются на входную цепь, которая представляет собой сложную РНС, она настраивается двумя секциями блока конденсаторов переменной емкости (КПЕ). Далее радиосигнал подается на двухкаскадный УРЧ, резонансная система которого настраиваются двумя секциями КПЕ. Пятая секция КПЕ служит для настройки первого гетеродина. Емкости КПЕ настраиваются автоматически системой автонастройки (САН) при помощи электродвигателя ЭД2, который управляется этой системой. ЭД1 служит для переключения поддиапазонов, весь диапазон разбит на 6 поддиапазонов. ЭД1 поворачивает шестигранный барабан в нужное положение в соответствии с выбранным поддиапазоном. Вначале ЭД1 повернет барабан в нужное положение, а затем ЭД2 обеспечивает настройку контуров входной цепи, УРЧ и гетеродина 1 (Г1) на рабочую частоту. Радиосигнал с выхода УРЧ подается на преобразователь Пр1, в котором происходит вычитание из частоты гетеродина частоты радиосигнала и в результате получается радиосигнал на частоте ПЧ1 1,222 МГц. Радиосигнал пропускается через один из трех полосовых фильтров, полоса которых должна соответствовать ширине спектра радиосигнала. Далее радиосигнал подается на второй преобразователь Пр2, к которому подключается второй гетеродин Г2. На выходе преобразователя получается радиосигнал на промежуточной частоте ПЧ2 128 кГц. Дальше сигнал усиливается в блоке ПЧ-Г. Блок ПЧ-Г имеет три выхода, которые подключаются к соответствующим демодуляторам радиосигнала.

Верхний блок демодуляции преобразует радиосигналы однополосные телефонные (J3E, R3E, H3E), а так же В8Е и частотно модулированный F3E. Однополосные радиосигналы пропускаются через полосовые фильтры, которые обеспечивают избирательность по соседнему каналу, усиливаются, а затем преобразуются вначале в двухполосные радиосигналы, потом детектируются амплитудным детектором и получается звуковой сигнал. Радиосигнал F3E так же пропускается через полосовой фильтр, который обеспечивает избирательность по соседнему каналу, усиливается и преобразуется в АМ сигнал при помощи частотного детектора (ЧД) и здесь же детектируется амплитудным детектором.

Телеграфные радиосигналы - частотная телеграфия (ЧТ F1B) и двойная частотная телеграфия (ДЧТ F7B) усиливаются, фильтруются и в частотном детекторе преобразуются в АМ сигнал, затем детектируются, на выходе получают кодовые импульсные группы в виде однополярных импульсов, триггерный усилитель придает им прямоугольную форму с заданным уровнем.

Радиосигналы АЗЕ, А2А А1А с третьего выхода ПЧ-Г пропускаются через полосовые фильтры, которые обеспечивают избирательность по соседнему каналу, усиливаются, далее радиосигналы АЗЕ и А2А подаются на амплитудный детектора и далее на УЗЧ. Радиосигнал А1А подается на преобразователь, к которому подключается гетеродин 3 (Г3) частота которого $128 \pm 1,5$ кГц. При вычитании получается звуковая частота – тональные телеграфные сигналы (код Морзе).

10.4 Система стабилизации и настройки РПМУ Р-155

Радиоприемное устройство имеет высокую стабильность частоты гетеродинов и настройки, величина нестабильности не хуже чем $2 \cdot 10^{-7}$, которая получается благодаря диапазонно-кварцевой системе стабилизации с опорным генератором типа «Гиацинт» частота которого, равна 5 МГц.

Первый гетеродин (Г1), рисунок 1, стабилизируется при помощи кольца ЧАПЧ и опорных частот полученных в блоке селекторов путем деления частоты (ДЧ) опорного генератора.

В кольцо ЧАПЧ входит: 1 гетеродин, блок БПЧГ, блок преобразователей, частотный детектор (ЧД1) и регулирующий элемент (РЭ - варикап).

Стабилизация происходит следующим образом: частота гетеродина 1 поднимается в блоке БПЧГ на одну из трех частот ВЧ подставок 55, 45 или 35 МГц. Частоты ВЧ подставок выбираются системой настройки САН в зависимости от выбранного поддиапазона. Весь диапазон разбит на шесть поддиапазонов. Частота гетеродина в начале настройки плавно изменяется емкостью блока КПЕ и электродвигателя ЭД2. Преобразованная частота гетеродина 1 с выхода блока БПЧГ подается на блок преобразователей в котором происходит последовательное вычитание набранных частот селекторов. Номера частот селекторов соответствуют частоте настройке радиоприемного устройства. При вычитании в блоке преобразователей должна всегда получиться частота 94 кГц. При подходе к этой частоте начинает работать ЧД1 и ЧД2, которые вырабатывают управляющие напряжения пропорциональные разности частот. ЧД1 управляет регулирующим элементом (РЭ). Емкость варикапа фиксируется, когда частота будет ровно 94 кГц и управляющее напряжение будет равно 0. Частота первого гетеродина (Г1) стабилизируется кольцом ЧАПЧ и удерживается на заданном значении. Когда на выходе ЧД2 напряжение будет равно 0, электродвигатель (ЭД2) останавливается. При этом будут настроены контуры входной цепи, УРЧ и Г1. Питание электродвигателя (ЭД2) отключается. Когда частота 94кГц пройдет узкополосный фильтр появится частота на выходе второго гетеродина (Г2) 1094 кГц, которая получается сложением опорной частоты 1 МГц и частоты 94 кГц. 94 кГц – называется компенсационной, так как во втором преобразователе (Пр2) при вычитании происходит компенсация остаточной нестабильности первого гетеродина (Г1). И благодаря этому стабильность настройки радиоприемного устройства повышается.

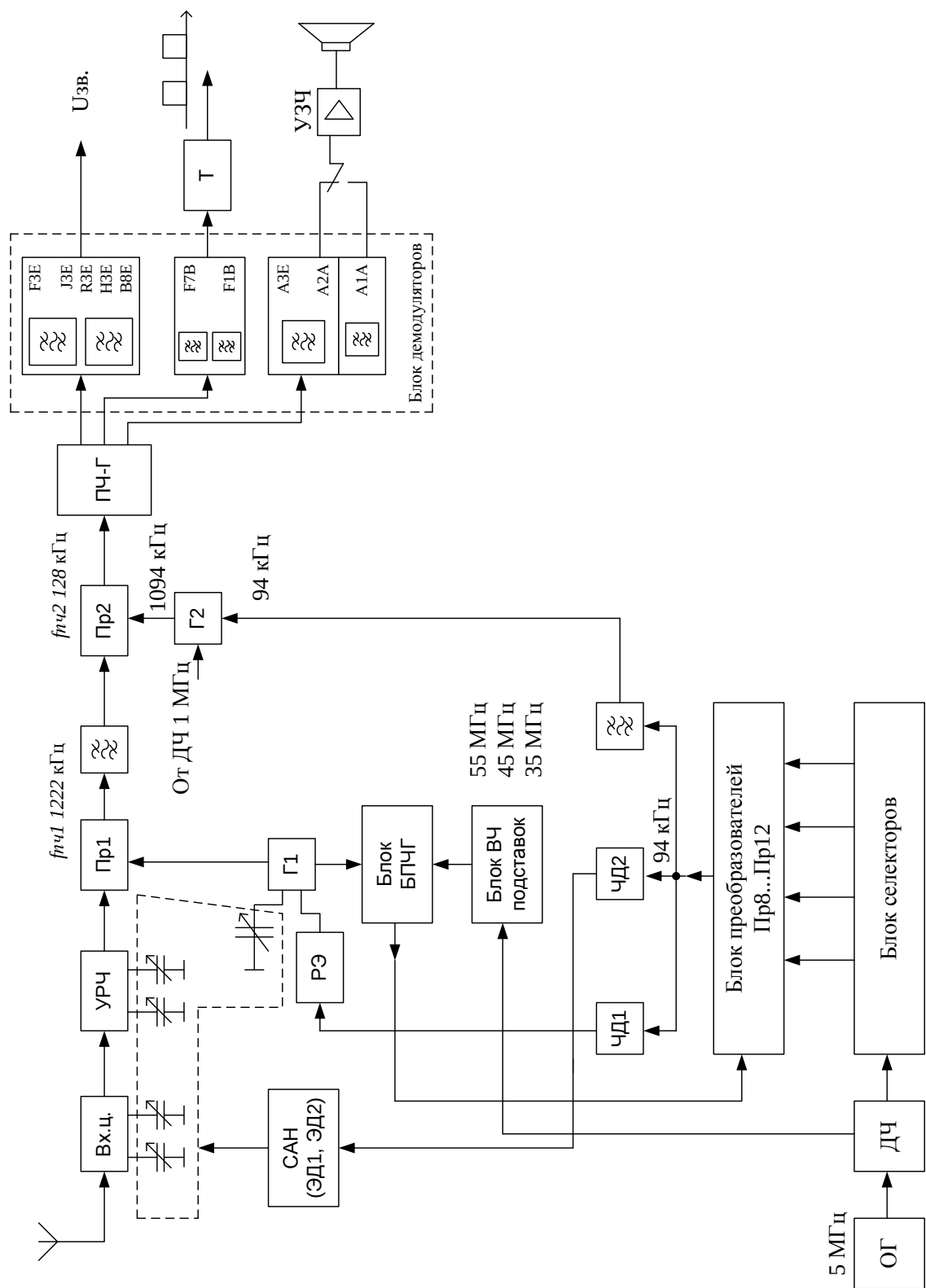


Рисунок 1- Радиоприемник Р-155. Схема функциональная структурная

Таблица 1

ОНЧ (СДВ)	VLF	3 – 30 кГц	Мириаметровые волны или очень низкие частоты	10 км...100 км	Пд от 1 до 1000 кВт	Служебная связь, подводная связь
НЧ (ДВ)	LV	30 – 300 кГц	Километровые волны или низкие частоты	1 км...10 км		Радионавигация, радиовещание с АМ, радиосвязь с однополосной модуляцией, с фазовой манипуляцией, с частотной манипуляцией, и с амплитудной манипуляцией
СЧ (СВ)	MF	300 – 3000 кГц	Гектометровые или средние частоты	100 м...1000 м		Радиовещание с АМ на среднее расстояние (до 1000 км), радиосвязь с ОМ на среднее расстояние поверхностной волной, радионавигация, служебная связь.
ВЧ (КВ)	HF	3 – 30 МГц	Декаметровые волны или высокие частоты	10 м...100 м	Пд от 100 Вт до 500 кВт	Дальнее радиовещание, дальняя радиосвязь пространственными лучами
ОВЧ (УКВ)	VHF	30 – 300 МГц	Метровые волны или очень высокие частоты	1 м...10 м	Пд от 1 Вт до 10 кВт	Радиовещание, телевидение, ближняя связь (пейджинговая), профессиональная радиосвязь (РЖД, Газпром)
УВЧ (ДМВ)	UHF	300 – 3000 МГц	Дециметровые волны или ультравысокие частоты	10 см...100 см		Радиорелейная связь, телевидение, радиовещание с ЧМ. Сотовая подвижная связь, тропосферная радиорелейная связь
СВЧ (СМВ)	SHF	3 – 30 ГГц	Сантиметровые волны или сверхвысокие частоты	1 см...10 см		Спутниковая связь, радиолокация. Тропосферная радиорелейная связь, радиорелейная связь прямой видимости
КВЧ (КВЧ)	EHF	30 – 300 ГГц	Миллиметровые волны или крайне высокие частоты	1...10 мм		Космическая связь, РРСП (радиорелейные системы передачи)
ГВЧ	-	300 – 3000 ГГц	Децимиллиметровые волны или гипервысокие частоты	0,1...1 мм		Радиоастрономия

Таблица 2

Тип модуляции основной несущей	Старое обозначение		Новое обозначение	
Амплитудная модуляция (АМ)	Телеграфия	A1	A1A	Амплитудная телеграфия (посредством манипуляция к.Морзе) на слух, без применения модулирующей звуковой частоты
		A2	A2A	Амплитудная телеграфия (посредством манипуляция) с применением модулирующей звуковой частоты
		A2H	H2A	Амплитудная телеграфия (посредством манипуляция по к.Морзе) с применением модулирующей звуковой частоты, одна боковая полоса с полной несущей частотой
	Телефония	A3	A3E	Две боковые полосы (радиовещание)
		A3H	H3E	Одна боковая полоса с полной несущей частотой (> 70%)
		A3A	R3E	Одна боковая полоса с ослабленной несущей частотой (> 3% , но < 70%)
		A3J	J3E	Одна боковая полоса с подавленной несущей частотой (< 3%)
		A3B	B8E	Две независимые боковые полосы
Частотная (или фазовая) модуляция ЧМ и ФМ		F1	F1B	Частотная телеграфия (посредством манипуляции буквопечатающим аппаратом)
		F6	F7B	Двойная частотная телеграфия (ДЧТ)
		F3	F3E	Частотная телефония
			G1B	Относительная фазовая телеграфия (ОФТ)
			F3EHN	Стереофоническое радиовещание

