

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**АВИАЦИОННЫЙ ФАКУЛЬТЕТ ТАШКЕНТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ А.Р. БИРУНИ**

**КАФЕДРА: «ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАДИОЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ И АЭРОПОРТОВ»**

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по предмету: «РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА СВЯЗИ»

на тему:

**«МОДЕРНИЗАЦИЯ СМЕСИТЕЛЯ ПРИЕМНИКА
РАДИОСТАНЦИИ «БАКЛАН»»**

Выполнил:

подпись

Азимов А.
ст-т гр. 141-10

Проверил:

подпись

Цыбин В.В.

ТАШКЕНТ 2013

**АВИАЦИОННЫЙ ФАКУЛЬТЕТ ТАШКЕНТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ А.Р. БИРУНИ**

**КАФЕДРА: «ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАДИОЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ И АЭРОПОРТОВ»**

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой: доц. Сайдумаров И.М.

подпись

«_____» 2013 года

**ЗАДАНИЕ
ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ**

(Ф.И.О. студента)

(специальность)

(название предмета)

Тема курсового проекта: _____

Утверждено приказом №____ от «_____» 2013г

Срок сдачи курсового проекта: «_____» 2013г

Исходные данные для выполнения проекта: _____

Содержание пояснительной записки проекта: _____

Содержание графической части проекта: _____

Дата выдачи задания: «_____» 2013г

Задание принял к исполнению:

подпись студента

(Ф.И.О. студента)

Руководитель проекта:

подпись

(Ф.И.О. преподавателя)

Содержание

1. Введение	4
2. Анализ существующей системы и выявление ее недостатков.....	5
2.1. Общие сведения о базовой системе	6
2.2. Детальный анализ существующей системы	8
2.3. Выявление недостатков и рекомендации к проектированию	15
3. Дополнительные исследования по теме курсового проекта	Ошибка! Закладка не определена.
4. Выбор и обоснование структурной схемы устройства.....	16
5. Выбор и обоснование функциональной схемы устройства	Ошибка! Закладка не определена.
6. Выбор и обоснование принципиальной схемы устройства	19
7. Расчетная часть	25
8. Заключение.....	28
7. Список использованной литературы	29

1. Введение

Радиосвязное оборудование имеет огромное значение в обеспечении полетов летательных аппаратов. Постоянное развитие современной элементной базы и повышение требований к радиосвязному оборудованию создают предпосылки для модернизации существующего связного оборудования.

Радиосвязь, электросвязь посредством радиоволн. Для осуществления радиосвязи в пункте, из которого ведётся передача сообщений (радиопередача), размещают радиопередающее устройство, содержащее радиопередатчик и передающую антенну, а в пункте, в котором ведётся приём сообщений (радиоприём), - радиоприёмное устройство, содержащее приёмную антенну и радиоприёмник.

Генерируемые в передатчике гармонические колебания с несущей частотой, принадлежащей какому-либо диапазону радиочастот, подвергаются модуляции в соответствии с передаваемым сообщением. Модулированные радиочастотные колебания представляют собой радиосигнал. От передатчика радиосигнал поступает в передающую антенну, посредством которой в окружающем антенну пространстве возбуждаются соответственно модулированные электромагнитные волны.

Распространяясь, радиоволны достигают приёмной антенны и возбуждают в ней электрические колебания, которые поступают далее в радиоприёмник. Принятый радиосигнал очень слаб, так как в приёмную antennу попадает лишь ничтожная часть излученной энергии. Поэтому радиосигнал в радиоприёмнике поступает в электронный усилитель, после чего он подвергается демодуляции, или детектированию; в результате выделяется сигнал, аналогичный сигналу, которым были модулированы колебания с несущей частотой в радиопередатчике. Далее этот сигнал, обычно дополнительно усиленный, преобразуется при помощи соответствующего воспроизводящего устройства в сообщение, адекватное исходному.

Любой радиоприемник должен удовлетворять определенным требованиям, которые позволяют использовать его по назначению. Радиоприемники характеризуют следующие основные технические параметры: выходная мощность, чувствительность, диапазон частот, нелинейные и частотные искажения.

					5524600.0898.РЭСС.КП.ПЗ
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
Разраб.	Азимов А.				
Провер.	Цыбин В.В.				
Реценз.					
Н. Контр.					Модернизация смесителя приемника радиостанции «Баклан»
Утверд.	Сайдумаров И.				

Выходная мощность - это мощность, которую радиоприемник отдает в нагрузку или громкоговорителю при соответствующей величине сигнала на входе радиоприемника. Чувствительность - это способность обеспечить номинальную выходную мощность при малой величине сигнала на входе.

Избирательность - это способность радиоприемника выделять из многих сигналов, отличающихся по частоте, сигнал принимаемой радиостанции.

Диапазон частот - это участок спектра радиочастот, ограниченный верхней и нижней частотами, в пределах которого обеспечивается прием сигналов.

Нелинейные и частотные искажения определяют качество воспроизведения сигнала и зависят в основном от усилительных каскадов радиоприемника.

По назначению различают приемники связные, радиовещательные, телевизионные, радиорелейных и телеметрических линий, радиолокационные, радионавигационные и другие. Связные радиоприемники чаще всего служат для приема одноканальных непрерывных сигналов с АМ (с несущей и боковыми полосами), ОБП (однополосной) и ЧМ или дискретных сигналов с амплитудной манипуляцией, частотной или фазовой. Радиовещательные приемники (монофонические) принимают одноканальные непрерывные сигналы с АМ на длинных, средних и коротких волнах и с ЧМ на ультракоротких волнах. Приемники черно-белых телевизионных программ принимают непрерывные сигналы с АМ и частичным подавлением одной боковой полосы частот и звуковые сигналы с ЧМ. Приемники цветных телевизионных программ принимают также сигналы, создающие цветное изображение. Приемники оконечных станций радиорелейных и телеметрических линий обычно предназначены для приема и разделения каналов многоканальных сигналов с частотным и временным уплотнением.

Иzm.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

5524600.0898.РЭСС.КП.ПЗ

Лист

5

2. Анализ существующей системы и выявление ее недостатков

2.1. Общие сведения о РС «Баклан»

Радиостанции ближней связи являются основным средством взаимодействия экипажа летательного аппарата со службами УВД. Радиостанции для ближней связи предназначены для ведения радиосвязи экипажами воздушных судов между собой и службами управления воздушным движением на расстоянии в пределах около 300км. Основным типом РС ближней связи на ВС восточного производства имеющихся в парке «Узбекистон Хаво Йуллари» является радиостанция «Баклан».

Бортовая радиостанция МВ диапазона «Баклан» предназначена для обеспечения беспоисковой и бесподстроечной радиосвязи экипажами летательных аппаратов между собой и со службами управления воздушным движением. Радиостанция «Баклан» одна из наиболее распространенных радиостанций ближней связи, используемых на сегодняшний день. Радиостанция работает в симплексном режиме, то есть одновременно можно либо передавать, либо принимать.

Существуют два варианта радиостанции «Баклан» – «Баклан-5» и «Баклан-20» (у радиостанции «Баклан-5» выходная мощность передатчика составляет 5 Вт, а у «Баклан-20» – 16 Вт). В состав комплекта радиостанции входят: приемопередатчик, пульт дистанционного управления, амортизационная рама и дополнительный усилитель низкой частоты, который закрепляется на амортизационной раме.

Комплект может быть одинарным или сдвоенным, в случае сдвоенного комплекта в состав радиостанции будут входить по два приемопередатчика, пульта дистанционного управления и дополнительных УНЧ, а амортизационная рама будет сдвоенной. Пульт дистанционного управления может быть удален от радиостанции на расстояние до 40 м.

Управление радиостанцией осуществляется в основном с пульта дистанционного управления и при помощи кнопки «прием-передача», нажатие которой переводит радиостанцию из режима «прием» в режим «передача». Кнопка «прием-передача» располагается на штурвале (или рычаге) управления. Кроме этого к органам управления радиостанцией можно отнести тумблер включения питания радиостанции и регуляторы глубины модуляции и уровня самопрослушивания (регуляторы расположены на передней панели).

Иzm.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	5524600.0898.РЭСС.КП.ПЗ	Лист 6
------	------	----------	---------	------	-------------------------	-----------

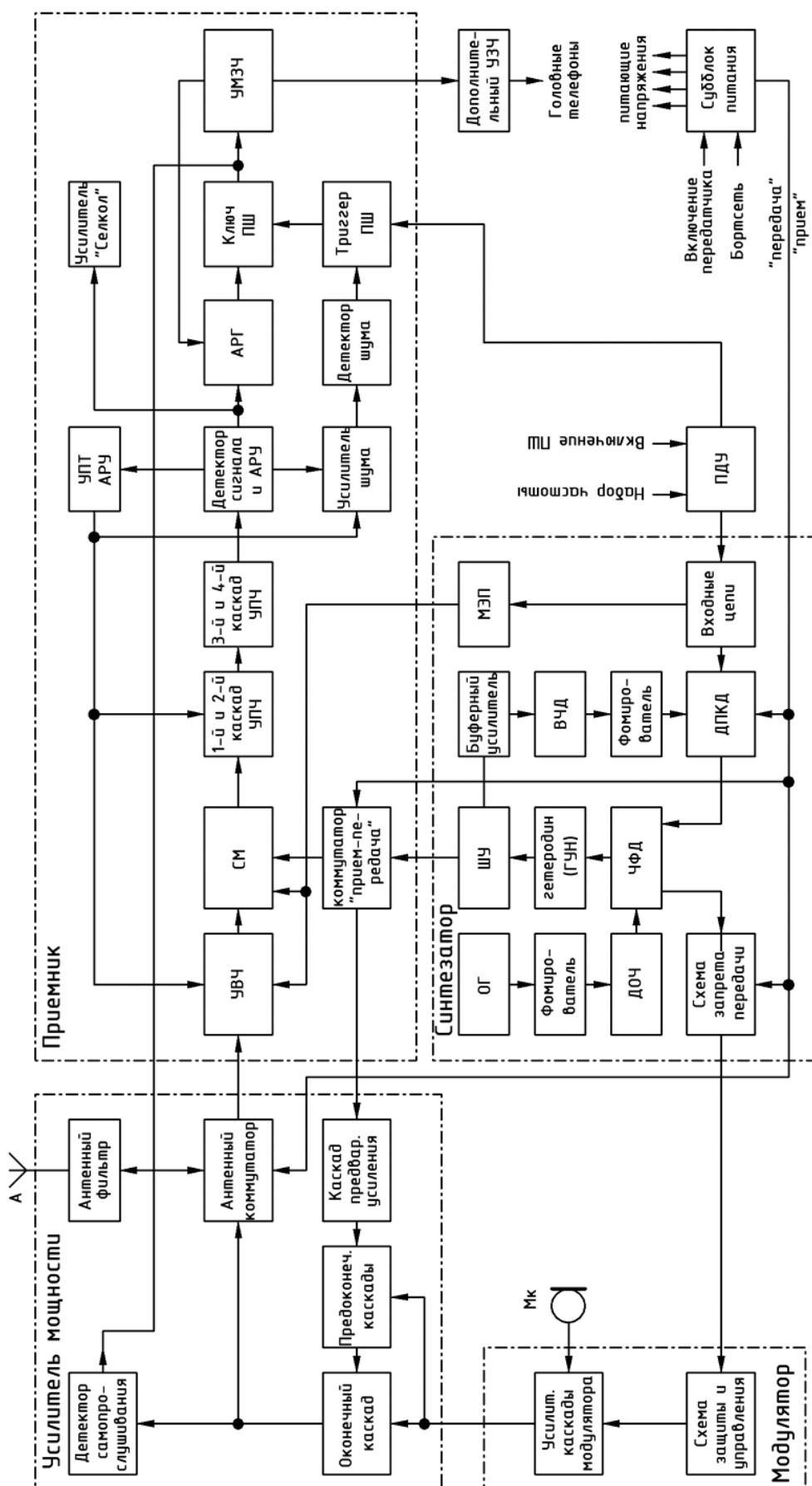


Рис.2.1. Функциональная схема радиостанции «Баклан».

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

5524600.0898.РЭСС.КП.ПЗ

Лист

2.2. Детальный анализ приемника РС «Баклан»

Приемник радиостанции «Баклан» супергетеродинного типа с одним преобразованием частоты. Блок приемника (Приложение 1) предназначен для усиления и выделения полезного сигнала при обеспечении достаточной мощности на нагрузке.

Приемник состоит из следующих блоков: входная цепь, усилитель высокой частоты, смеситель, усилитель промежуточной частоты, детектор сигнала и АРУ, УПТ АРУ, усилитель низкой частоты, дополнительный усилитель низкой частоты. Кроме того в блок приемника входит коммутатор прием-передача.

1) Входная цепь представляет собой двухконтурный полосовой фильтр, перестраиваемый варикапами. Элементами фильтра являются индуктивности L1, L3, варикапы D1–D4 и конденсаторы C1, C3. Индуктивность L2 является элементом внутренней индуктивной связи между контурами. Связь первого контура с антенной и второго с входом УВЧ – автотрансформаторная. Конденсатор C4 – разделительный. Для улучшения линейности колебательной системы применено встречно-последовательное включение варикапов. Управляющее напряжение подается на варикапы через резисторы R1, R2. Конденсатор C2 – блокировочный, C86* – разделительный.

2) УВЧ приемника однокаскадный, выполнен на полевом тетроде T1 по схеме с общим истоком. Режим транзистора по постоянному току обеспечивается резистивными делителями R5, R6 – в цепи первого затвора, R3, R4 – в цепи второго затвора и резистором R7 – в цепи истока. Питание истока – параллельное, через дроссель Dr1. На выходе каскада включен двухконтурный полосовой фильтр, перестраиваемый варикапами. Управляющее напряжение подается через резисторы R10, R11. Элементами фильтра являются индуктивности L4, L6, варикапы D5–D8 и конденсаторы C11, C13. Индуктивность L5 является элементом внутренней индуктивной связи между контурами. Конденсаторы C10, C14 разделительные, а C6–C9, C12 – блокировочные. Дроссель Dr2 является элементом фильтра в цепи питания.

В УВЧ применена автоматическая регулировка усиления изменением потенциала второго затвора. С этой целью резистивный делитель в цепи второго затвора подключен к выходу УПТ АРУ. Резистор R8 создает опорное смещение на истоке, что увеличивает эффективность АРУ.

3) Смеситель выполнен на полевом триоде T2 по схеме с общим истоком.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	5524600.0898.РЭСС.КП.ПЗ	8

Режим транзистора по постоянному току задается резистивным делителем R13, R14 в цепи затвора и резистором R16 в цепи истока. Колебания гетеродина поступают на исток транзистора через резистивный аттенюатор R15, R17 и одноконтурный фильтр гетеродина, элементами которого являются индуктивность L7, варикапы D9, D10 и конденсатор C15. Связь контура с аттенюатором и истоком транзистора автотрансформаторная. Для улучшения линейности колебательной системы применено встречно-последовательное включение варикапов. Напряжение управления подается на варикапы через резистор R12. Конденсаторы C16, C18 – блокировочные. Нагрузкой смесителя является кварцевый фильтр Y2. Для согласования фильтра с выходом транзистора T2 и входом транзистора T4 применены параллельные контуры Y1, Y3 и конденсаторы C20, C82, C25, C83. Питание смесителя осуществляется через дроссель фильтра Dr3, C87. C26 – разделительный.

4) Усилитель промежуточной частоты состоит из четырех усилительных каскадов. Первый каскад УПЧ выполнен по каскодной схеме общий исток – общая база на транзисторах T3, T4. Режим каскада по постоянному току обеспечивается резисторами R20, R21, R23, R24, R26, R28, R30. Конденсаторы C30, C31, C33 и C36 – блокировочные. Делитель R28, R30 создает опорное напряжение на истоке для увеличения глубины АРУ. Напряжение АРУ с выхода Y4 подается на второй затвор транзистора T4 через цепочку D11, R18, R26. Нагрузкой каскада является контур Y5. Для устранения паразитных обратных связей питающее напряжение подается через фильтр Dr6, C33. Резисторы R25, R27 применены для обеспечения устойчивой работы каскада. Сигнал с выхода первого каскада УПЧ через разделительный конденсатор C34 поступает на вход второго каскада УПЧ, выполненного на полевом транзисторе T5 по схеме с общим истоком.

Режим транзистора T5 обеспечивается резисторами R33, R34*, R35, R37, R41. Делитель R37, R41 создает опорное напряжение на истоке для увеличения глубины АРУ. Конденсаторы C38, C41, C44 – блокировочные. Для устранения паразитных обратных связей, питание подается через фильтр Dr7, C41. Нагрузкой второго каскада УПЧ является однозвездный широкополосный кварцевый фильтр Y8. Для согласования кварцевого фильтра с выходом транзистора T5 и входом транзистора T8 применены контуры Y7 и Y9. Включение контуров со стороны кварцевого фильтра полное, со стороны выхода T5 и входа T8 – частичное.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	9
5524600.0898.РЭСС.КП.ПЗ						

Напряжение АРУ с выхода У4 подается на второй затвор транзистора Т5 через цепь Д11, R18, R33. Резистор R36 обеспечивает устойчивую работу каскада. Сигнал с выхода второго каскада УПЧ через разделительный конденсатор С48 поступает на вход третьего каскада УПЧ. Третий и четвертый каскады УПЧ выполнены по схеме общий эмиттер – общая база на транзисторах Т7, Т8 и Т9, Т10. Режим третьего каскада УПЧ обеспечивается резисторами R48-R50, R54 и четвертого каскада – резисторами R57–R59, R64. Конденсаторы С49-С51, С56-С58 – блокировочные. Для устранения паразитных обратных связей питающее напряжение подается через фильтры Др8, С51; Др9, С58. Нагрузками каскадов служат контуры У10, У12. Резисторы R51-R53, R61.R62, R63 обеспечивают устойчивую работу каскадов. Через разделительный конденсатор С61 сигнал промежуточной частоты поступает на вход детектора сигнала и АРУ.

5) Детектор сигнала и АРУ выполнен на транзисторе Т12 по схеме с общим коллектором для напряжения сигнала и по схеме с общим эмиттером для напряжения АРУ. Режим транзистора по постоянному току задается базовым делителем R68, R69, R66 и Т11, эмиттерной нагрузкой R72 и коллекторной нагрузкой R70, R71. Для обеспечения работы детектора в интервале температур в цепи базового делителя применен термокомпенсирующий транзистор Т11. Режим транзистора Т11 задается резистором R66. Конденсаторы С63, С65 – блокировочные. Постоянная составляющая продетектированного сигнала с резистора R71 поступает на вход усилителя постоянного тока АРУ. Звуковой сигнал с эмиттера транзистора Т12 через фильтр R73, С64, С66 поступает на вход усилителя низкой частоты, усилитель «SELCAL», систему ПШ.

6) Система автоматической регулировки усиления предназначена для стабилизации уровня выходных сигналов приемника при изменении амплитудных входных сигналов. В систему АРУ входят детектор АРУ – Т12, усилитель постоянного тока У4 и регулируемые каскады на транзисторах Т1, Т4, Т5. R71, С32 – фильтр по цепи АРУ. Постоянное напряжение, снимаемое с резистора R71, подается на вход усилителя постоянного тока У4. Для устойчивой работы системы АРУ в усилителе постоянного тока У4 введена цепь отрицательной обратной связи по переменному току – конденсаторы С22, С23. С28 устраниет возбуждение на высоких частотах.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Управляющее напряжение, снимаемое с микросхемы У4/6, подается на вторые затворы транзисторов Т4, Т5 двух каскадов УПЧ и на второй затвор транзистора Т1 УВЧ. На регулируемые каскады напряжение поступает через диод Д11.

7) Подавитель шума предназначен для отключения усилителя низкой частоты при отсутствии сигнала на входе приемника или при слабых, неразборчивых на фоне шумов, сигналах. При отношении уровней сигнала и шума равном или больше трех подавитель шума включает УНЧ.

Подавитель шума состоит из двухзвенного фильтра верхних частот С35, R29, С37, R31, R32, R38, усилителя шума У6, детектора шума Д16, Д17, триггера У13, ключа Т15. Сигнал с выхода детектора сигнала через двухзвенный фильтр верхних частот поступает на вход усилителя шума У6. Режим по постоянному току усилителя задается резисторами R31, R32, R38, R40, R42, R105. Резисторы R39, R40, R42, R105 и конденсатор С42 образуют цепь отрицательной обратной связи по постоянному току. С39 устраняет возбуждение усилителя на высоких частотах.

С выхода усилителя напряжение шумов через разделительный конденсатор С46 поступает на детектор шума, выполненный по схеме удвоения на диодах Д16, Д17. Для термостабилизации рабочей точки детектора шума на диоды подается смещение через резистор R43 и термостабилизирующий транзистор Т6, режим которого задается резистором R44. Детектор шума детектирует напряжение шумов, в результате чего постоянное напряжение на нагрузке детектора R45, С47 увеличивается и поступает на вход триггера ПШ. Под действием возрастающего постоянного напряжения на нагрузке детектора ПШ триггер срабатывает, при этом напряжение на затворе ключа ПШ транзистора Т15 велико. Переход сток–исток транзистора Т15 закрывается, и сигнал с тракта УПЧ не проходит в тракт УНЧ. Резисторы R79, R88, R77, R93, R94, R112 – режимозадающие.

При появлении сигнала уменьшается уровень шумов на входе усилителя ПШ У6 и соответственно уменьшается постоянная составляющая на выходе детектора шума Д16, Д17, что переводит триггер У13 в другое устойчивое состояние, при котором напряжение на затворе транзистора Т15 равно нулю, переход сток– исток транзистора Т15 открыт, и сигнал без ослабления поступает с выхода усилителя У14 на вход фильтра низких частот и усиливается усилителем низкой частоты.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	5524600.0898.РЭСС.КП.ПЗ	11

При работе приемника в системе со сдвигом несущей возникают биения с частотами, которые могут оказаться в спектре шумов тракта ПШ. Чтобы при этом обеспечивалось прохождение сигнала, в тракте введено автоматическое отключение подавителя шума. Управление отключением производится от УПТ АРУ через цепь D13, R101, R19, R102, D15, R103, R104. При малых уровнях несущей напряжение АРУ велико, диод D13 открыт, диод D15 закрыт и цепь отключения ПШ не влияет на работу усилителя шума. С увеличением сигнала на входе приемника напряжение на выходе УПТ падает, диод D13 закрывается, диод D15 открывается и изменяет режим усилителя шума У6. При этом уменьшаются шумы на входе детектора шума D16, D17, уменьшается постоянная составляющая на входе триггера У13. Триггер переходит в другое устойчивое состояние, при котором ключ T15 открыт и сигнал проходит через тракт УНЧ.

Резистор R38 задает нужный порог автоматического отключения ПШ. В приемнике предусмотрено ручное отключение ПШ, осуществляемое с панели ПДУ коммутацией диода D19. При этом вход триггера замыкается на корпус и УНЧ включается. Цепь R46, D18 – для отключения УНЧ в режиме «передача».

8) Усилитель низкой частоты предназначен для усиления сигналов звуковой частоты, поступающих с детектора приемника; для усиления сигналов звуковой частоты, поступающих с детектора самопрослушивания передатчика в режиме «передача». Маломощный усилитель состоит из автоматического регулятора громкости, первого предварительного усилителя, фильтра нижних частот, второго предварительного усилителя и усилителя мощности. Напряжение звуковой частоты с детектора сигнала через разделительный конденсатор C67 и делитель R74, R76 поступает на регулируемый делитель напряжения системы АРГ-Т13. Автоматический регулятор громкости предназначен для стабилизации выходного напряжения УНЧ. В систему АРГ входят: детектор АРГ-Т17, усилитель постоянного тока – Т16, аттенюатор АРГ-Т13. Принцип регулировки заключается в изменении сопротивления сток–исток транзистора аттенюатора АРГ-Т13 при изменении сигнала на входе блока. В результате происходит деление сигнала между балластным резистором R74 и изменяющимся от сигнала сопротивлением сток–исток аттенюатора АРГ-Т13. С выхода предварительного усилителя У16 сигнал поступает на базу транзистора Т17, являющегося детектором АРУ.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	5524600.0898.РЭСС.КП.ПЗ	12

Режим детектора задается термокомпенсированным делителем R100, Д24. Если выходной сигнал У16 превышает порог открывания детектора, то Т17 открывается импульсами переменного напряжения. С коллектора транзистора Т17 выпрямленное напряжение поступает на базу транзистора Т16. Открывание транзистора приводит к разряду С75 и понижению управляющего напряжения на затворе Т13, что в свою очередь приводит к уменьшению его сопротивления и уменьшению сигнала на входе усилителя и стабилизирует его величину на выходе усилителя. Далее сигнал через разделительный конденсатор С69 поступает на вход первого предварительного усилителя У14. Режим по постоянному току задается делителем R96, R78, R80, R107. Конденсатор С68 – фильтр по цепи смещения. Конденсатор С72 – фильтр по цепи питания.

Конденсатор С71 препятствует возбуждению усилителя на высокой частоте. Резистивный делитель R81, R82 и конденсатор С73 обеспечивают необходимую величину отрицательной обратной связи, определяющую усиление усилителя.

С выхода У14 сигнал через разделительный конденсатор С74, ключ ПШ-Т15, резистор R84, фильтр низких частот (У 15) поступает на второй предварительный усилитель У16. Фильтр низких частот улучшает соотношение сигнал-шум на выходе приемника и обеспечивает затухание частоты 3920 Гц на 20 дБ. Предварительный усилитель выполнен на микросхеме У16. Питание и цепи смещения общие с первым предварительным усилителем. Резистор R106 обеспечивает 100% отрицательную обратную связь по постоянному току, стабилизирующую режим микросхемы. Отрицательная обратная связь по переменному току обеспечивается резистором R106. Конденсатор С78 служит для устранения возбуждения по высокой частоте. С выхода микросхемы У16 сигнал поступает на оконечный усилитель, выполненный по схеме с последовательным возбуждением на транзисторах Т18–Т20. Связь между предварительным и оконечным каскадом – непосредственная, потенциал на базу Т18 задается режимом микросхемы У16. Резистор R109 является коллекторной нагрузкой транзистора Т18 и режимозадающим для транзистора Т19. Резисторами R108, R110 и конденсатором С80 обеспечивается отрицательная обратная связь по переменному току. Резистор R111 – коллекторная нагрузка транзистора Т19. Конденсатор С81 служит для предотвращения возбуждения схемы в области высоких частот. С выхода усилителя мощности сигнал поступает на согла-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	13
5524600.0898.РЭСС.КП.П3						

сующий трансформатор Тр2, ко вторичной обмотке которого подключается вход мощного усилителя. Конденсатор С84 – разделительный. Конденсатор С85 – фильтр по цепи питания +17 В.

Усилитель «Селкол» предназначен для усиления сигнала, поступающего от детектора сигнала, до величины, достаточной для работы окончного устройства. Усилитель выполнен на микросхеме У11. Сигнал через разделительный конденсатор С53 поступает на микросхему У11. Резисторами R55, R56, R67 обеспечивается режим по постоянному току. Резисторы R67, R65 и конденсатор С60 образуют цепь регулируемой обратной связи по переменному напряжению. Конденсатор С55 пре-дотвращает возбуждение схемы в области высоких частот. Через разделительный конденсатор С62 сигнал поступает на трансформатор Тр1 и далее на вход аппаратуры «Селкол». Резистор R60 и конденсатор С52 образуют фильтр по цепи питания.

9) Коммутатор предназначен для подключения выхода возбудителя гетеродина либо ко входу смесителя в режиме «прием», либо ко входу передатчика в режиме «передача». Коммутатор состоит из цепи R22, С27, Др4, Д12, Д14, L8. Конденсаторы С21, С29, С88 – блокировочные. В режиме «прием» напряжение +18 В открывает диод Д12 и напряжение гетеродина подается на смеситель. В режиме «передача» напряжение +18 В снимается, поэтому диод Д12 закрыт и напряжение возбудителя подается на вход передатчика.

10) Дополнительный усилитель низкой частоты (рис. 7, приложение 2) предназначен для усиления сигнала с маломощного усилителя до мощности, необходимой для нормального прослушивания сигнала при подключении от одной из четырех пар, в зависимости от варианта исполнения, либо низкоомных, либо высокоомных телефонов. Дополнительный усилитель низкой частоты выполнен по двухтактной схеме на транзисторах одинаковой проводимости Т1, Т2, работающих в режиме класса В. В качестве фазоинвертора используется входной трансформатор Тр1 с заземленной средней точкой во вторичной обмотке.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

2.3. Выявление недостатков смесителя радиостанции

К общим недостаткам можно отнести устаревшую элементную базу радиостанции. Приемник построен преимущественно на дискретных элементах – полевых транзисторах. УВЧ радиостанции, несмотря на применение старой элементной базы, обладает вполне приемлемыми характеристиками, и не будет модернизироваться. А вот смеситель приемника радиостанции «Баклан» можно модернизировать, так как он обладает некоторыми недостатками. К их числу можно отнести применение стоковой инжекции сигнала гетеродина (роль которого выполняет синтезатор сетки частот) вместо базовой (подача на затвор) инжекции.

Как следует из выше изложенного, высокочастотная часть приемника нуждается в модернизации. При этом можно отметить, что модернизация оборудования может осуществляться по нескольким направлениям – замена блоков построенных на дискретных элементах интегральными микросхемами, применение новых методов обработки сигналов, а также замена устаревших дискретных элементов на современные с более лучшими параметрами.

Иzm.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	5524600.0898.РЭСС.КП.ПЗ	Лист 15
------	------	----------	---------	------	-------------------------	------------

3. Выбор и обоснование структурной ВЧ части

Структурная схема ВЧ тракта радиостанции «Баклан» (рис.3.1) состоит из блоков: входная цепь, усилитель радиочастоты, согласующая цепь, смеситель частоты, цепь сопряжения с гетеродином (ССЧ), кварцевый фильтр.

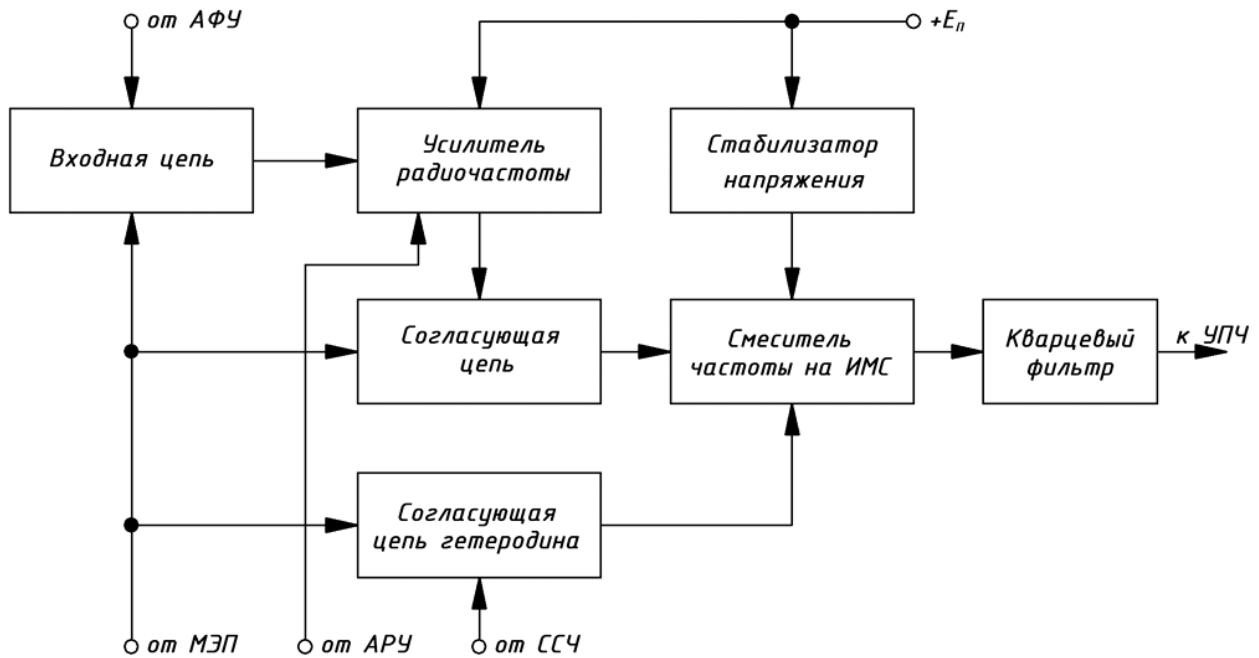


Рис.3.1. Структурная схема ВЧ тракта модернизированного приемника.

Проектируемый приемник содержит, как правило, несколько поддиапазонов с различными коэффициентами перекрытия по частоте

$$K_{\Delta} = f_{\text{МАКС}} / f_{\text{МИН}},$$

где $f_{\text{МАКС}}$ и $f_{\text{МИН}}$, соответственно, максимальная и минимальная расчетные частоты.

В реальном контуре параллельно конденсатору настройки всегда есть некая суммарная емкость C_0 , состоящая из паразитных емкостей схемы и, возможно, емкости подстроичного конденсатора. Выбирая элемент настройки общий для всех поддиапазонов, следует проверить выполнение условия

$$K_{\Delta \text{ МАКС}}^2 J(C_{\text{Н МАКС}} + C_0) / (C_{\text{Н МИН}} + C_0),$$

где $K_{\Delta \text{ МАКС}}$ - наибольший коэффициент перекрытия из числа поддиапазонов проектируемого приемника; наименьшее значение $C_0 = 10...20 \text{ пФ}$.

При электронной настройке изменение емкости контуров происходит путем изменения управляющего напряжения на вариатах, выполняющих функции КПЕ. Изменение управляющего напряжения может происходить автоматически по программе управляющего микропроцессорного устройства, либо вручную – путем из-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					5524600.0898.РЭСС.КП.П3

менения сопротивления переменного резистора, включенного в цепь формирования управляющего напряжения. При выборе типа вариакапа следует, в первую очередь, обратить внимание на рекомендуемый диапазон рабочих частот и на коэффициент перекрытия емкости, который должен удовлетворять приведенному выше соотношению. Желательно, чтобы значение добротности вариакапа удовлетворяло условию $Q_B > 300...400$. В противном случае необходимо скорректировать значение результирующей добротности контура

$$Q_{KP} = Q_K Q_B / (Q_K + Q_B),$$

где Q_K - добротность катушки индуктивности, Q_B - добротность вариакапа.

Необходимо обратить внимание и на значения управляющего напряжения. При работе с $U_y = -(1...3)$ В вариакап обладает малой добротностью, однако крутизна его вольт-фарадной характеристики максимальна, что обеспечивает эффективное изменение резонансной частоты контура. Работа в области высоких значений управляющего напряжения $U_y = -(10...25)$ В обеспечивает максимальную добротность вариакапа, при низкой эффективности регулировки. На выбор пределов изменения U_y влияет и ограниченная величина напряжения питания.

Отметим также, что использование вариакапов может привести к росту нелинейных искажений сигнала в преселекторе при большом уровне помех. При жестких требованиях к параметрам многосигнальной избирательности предпочтительно использование механически перестраиваемых КПЕ.

Для работы в ДВ и СВ диапазонах могут быть рекомендованы вариакапы KB105, KB135, в диапазоне KB - KB104, KB121, KB135 в диапазоне УКВ - KB109, KB111, KB121 и др. Возможно использование вариакапных матриц KBC120Б и KBC120А, аналогичных двух и трехсекционному КПЕ.

По вольт-фарадной характеристике выбранного вариакапа следует определить пределы изменения емкости настройки $C_{\text{н}} \text{мин}$, $C_{\text{н}} \text{ макс}$ и соответствующие пределы изменения управляющего напряжения $U_y \text{ макс}$, $U_y \text{ мин}$. Эти параметры необходимы в дальнейших расчетах. В многодиапазонном приемнике один вариакап может подключаться к контурам разных диапазонов с помощью соответствующего переключателя (аналогично подключению КПЕ в приемнике с механической настройкой). Однако, благодаря низкой стоимости и малым габаритам, можно использовать в контуре каждого диапазона собственный не переключаемый вариакап.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					5524600.0898.РЭСС.КП.П3 17

Иzm.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

5524600.0898.РЭСС.КП.ПЗ

Лист
18

4. Выбор и обоснование принципиальной схемы устройства

Проведя анализ существующей системы в предыдущем разделе выбрана структурная схема высокочастотного тракта приемника радиостанции, который следует модернизировать. Принципиальная схема ВЧ тракта приведена на рис.4.1.

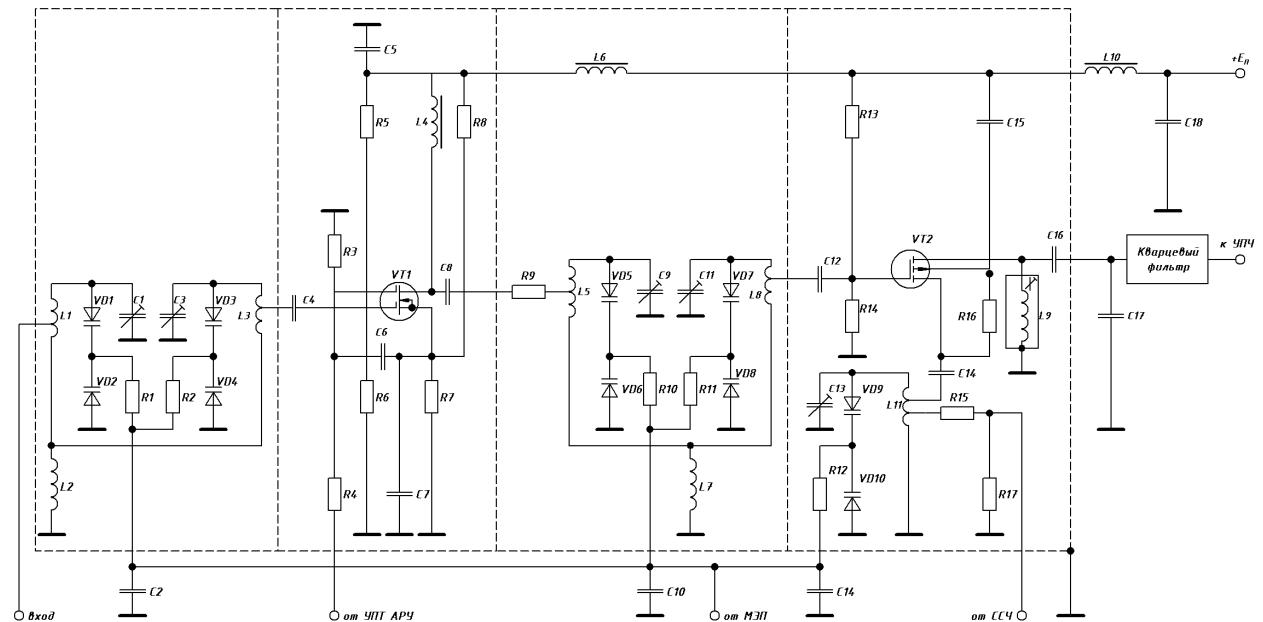


Рис.4.1. Принципиальная схема высокочастотной части приемника РС «Баклан».

Смеситель частоты радиостанции может быть выполнен как на дискретных элементах (в частности на полевых транзисторах с двумя затворами как показано на рис.4.2), так и на специализированных микросхемах смесителей.

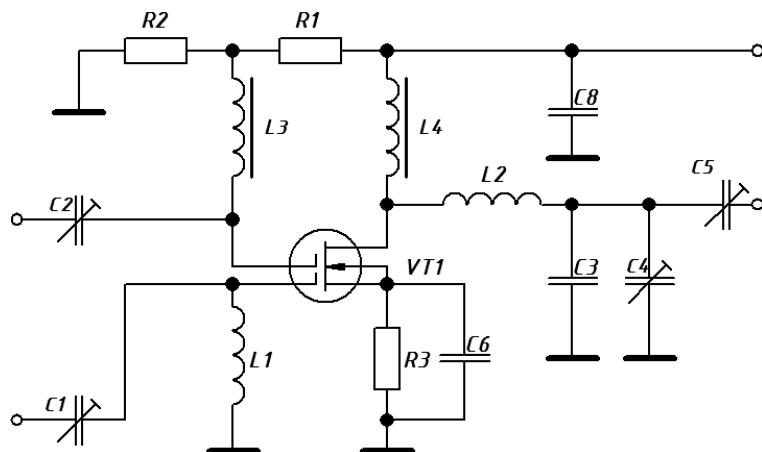


Рис.4.2. Пример смесителя частоты на полевом транзисторе с двумя затворами.

В последнем случае можно добиться лучших результатов, так как открывается возможность реализации преимуществ компенсационных схем преобразователей частоты. Современная промышленность выпускает микросхемы для применения в каскадах приемников, и даже микросхемы которые представляют собой готов-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

вый приемник, к которому необходимо подключить лишь несколько навесных элементов (в основном это резонансные контуры, цепи коррекции и т.д.).

Лучшей из отечественных ИМС для построения преобразователя частоты является ИМС К174ПС1 (зарубежные аналоги TCA240 и U5010A). Ее принципиальная схема приведена на рис.4.3.

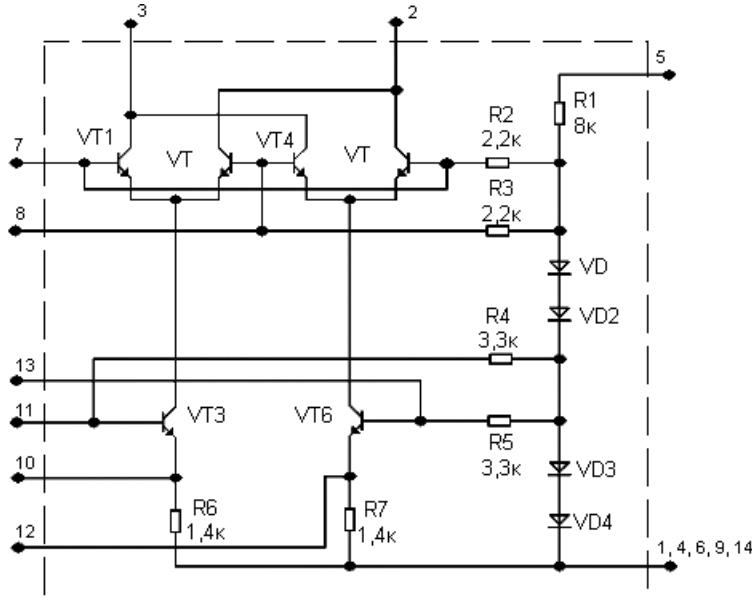


Рис.4.3. Принципиальная схема ИМС смесителя К174ПС1.

Сигнал от входного устройства или УРЧ подают между выводами 7 и 8 ИМС, при этом один из них может быть заземлен по переменному току через блокировочный конденсатор. Схема допускает построение преобразователя частоты либо с совмещенным гетеродином на транзисторах, входящих в ИМС, либо с внешним гетеродином. При работе отдельного гетеродина его напряжение подается между выводами 11 и 13 ИМС (базы нижних транзисторов, которые в этом случае выполняют функции генераторов тока, управляемых напряжением гетеродина). При этом выводы 10 и 12 ИМС (эмиттеры этих транзисторов) соединяют непосредственно, либо через небольшое сопротивление.

При подсоединении к выводам ИМС внешних элементов необходимо следить за тем, чтобы по постоянному току выводы не были соединены с источником постоянного напряжения, либо с корпусом.

В зависимости от способа подключения согласующего контура к выходу ИМС реализуется либо балансная, либо кольцевая схема преобразователя частоты. В первом случае согласующий контур (СК) подключен несимметрично либо к вы-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

воду 2, либо к выводу 3 ИМС. Во втором случае СК подключен симметрично между выводами 2 и 3 ИМС (рис.4.4).

Несимметричное подключение СК к ИМС позволяет включить в свободный вывод еще один СК, настроенный на $f_{ПЧ}$ АМ тракта, либо на $f_{ПЧ}$ ЧМ тракта. В первом случае снимаемое с этого контура напряжение можно подать на отдельный детектор АРУ для УРЧ. Второй вариант позволяет иметь один преобразователь частоты для всех диапазонов приемника. При построении преобразователя частоты на ИМС К174ПС1 обычно не возникает проблем с получением нужного коэффициента усиления. На этапе эскизного расчета рекомендуется принять коэффициент передачи преобразователя частоты $K_{0\text{ ПР}} = 20\ldots 30$ при работе в диапазонах ДВ, СВ и КВ и $K_{0\text{ ПР}} = 4\ldots 6$ при работе в диапазоне УКВ.

В качестве смесителя частоты в настоящем курсовом проекте выбрана микросхема К174ПС1, удовлетворяющая требованиям по частоте и имеющая относительно низкий уровень шума. Микросхема К174ПС1, представляет собой балансный смеситель (или кольцевой в зависимости от схемы включения). В качестве гетеродинного напряжения для смесителя используется сигнал синтезатора сетки частот радиостанции 128...147 МГц. В смесителе должен выделяться сигнал разностной частоты (от частоты гетеродина отнимается частота входного сигнала).

Входные цепи для микросхемы можно построить по-разному (с емкостной и индуктивной связью), в данном случае можно использовать схему с емкостными связями, которая обычно используется при гетеродинах (роль которого выполняет ССЧ), частота которых стабилизирована кварцевым резонатором.

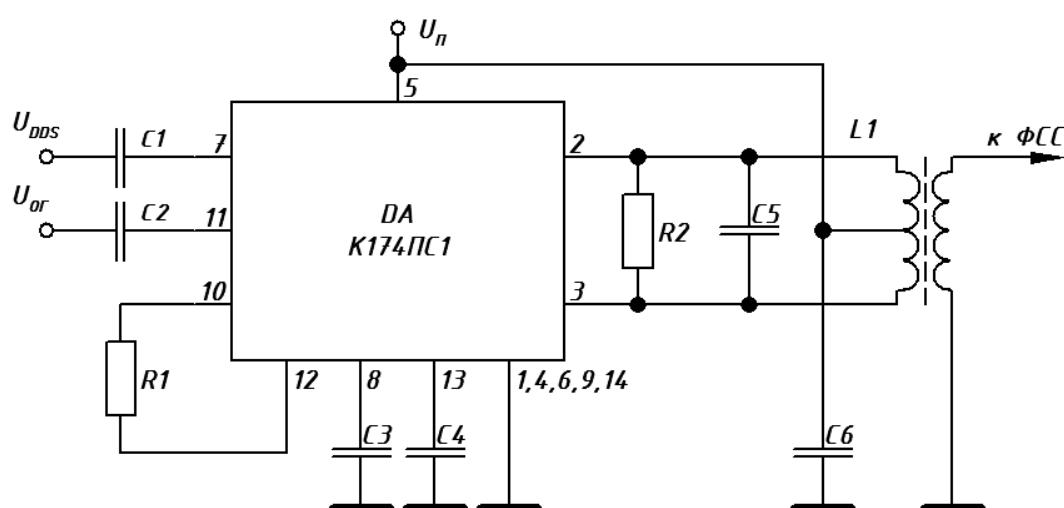


Рис.4.4. Включение микросхемы К174ПС1 в качестве кольцевого смесителя.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Выходная цепь микросхемы выполнена симметричной, что обеспечивает работу микросхемы как кольцевого смесителя и улучшает качество работы каскада. Смеситель нагружен на кварцевый фильтр (с полосой пропускания 20МГц).

Оставлен существующий контур гетеродина, с несущественными доработками для обеспечения управления им от матрицы электронной настройки приемника. Для питания микросхемы смесителя К174ПС1 требуется напряжение питания +9В, а существующий смеситель выполненный на полевом транзисторе питается от напряжения +18В. Вследствие этого в модернизируемом устройстве необходимо применение стабилизатора напряжения на 9В.

В современных источниках питания применяются преимущественно микросхемы интегральных стабилизаторов напряжения, а к построению стабилизаторов на дискретных элементах прибегают лишь в тех случаях когда имеющиеся микросхемы не подходят по требуемым параметрам. Особенную популярность имеют интегральные стабилизаторы с фиксированным выходным напряжением.

Это обусловлено главным образом тем, что регулируемые стабилизаторы требуют подключения внешних компонентов, объем которых значительно превосходит размеры микросхемы и увеличивает размеры и массу проектируемого устройства. Стабилизаторы с фиксированным выходным напряжением не требуют подключения других внешних элементов, кроме входного и выходного конденсаторов. Кроме того, стабилизаторы обычно имеют встроенную защиту от перегрузок. Типовая схема включения стабилизатора приведена на рис.4.5.

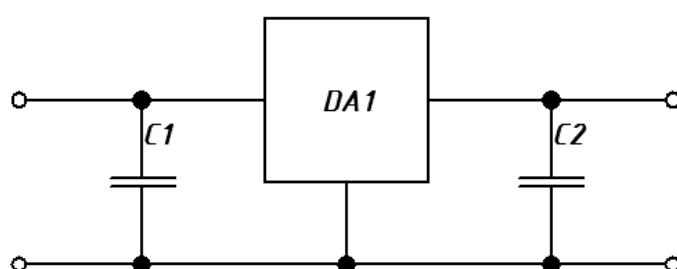


Рис.4.5. Схема включения интегрального стабилизатора напряжения.

Микросхемы стабилизаторов с фиксированным выходным напряжением содержат встроенную защиту от перегрузки по току и тепловую защиту до максимально допустимой температуры кристалла, что существенно повышает надежность микросхем. Выходной конденсатор обеспечивает устойчивость при импульсном изменении тока нагрузки, снижает уровень пульсации.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Входной конденсатор необходимо включить для устранения генерации при скачкообразном включении входного напряжения. Эта генерация возникает в стабилизаторе из-за влияния паразитной индуктивности и емкости соединительных проводов. При отсутствии входного конденсатора возникает высокочастотная генерация на входе стабилизатора, которая прекращается при достижении выходным напряжением определенного уровня. Амплитуда высокочастотных колебаний может превышать максимально допустимое входное напряжение, что приводит к пробою перехода коллектор-эмиттер регулирующего транзистора. В результате анализа существующей элементной базы для этих целей была выбрана микросхема KP142EH8A, которая удовлетворяет требованиям по напряжения, мощности и другим параметрам.

Параметры KP142EH8A

Входное напряжение	14,5÷25В
Выходное напряжение	8,9÷9,1В
Коэффициент стабилизации	40
Пульсации выходного напряжения	0,05%

Окончательный вариант принципиальной схемы модернизированного ВЧ тракта приемника радиостанции «Баклан» приведен на рис.4.6

Иzm.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

5524600.0898.РЭСС.КП.ПЗ

Лист

23

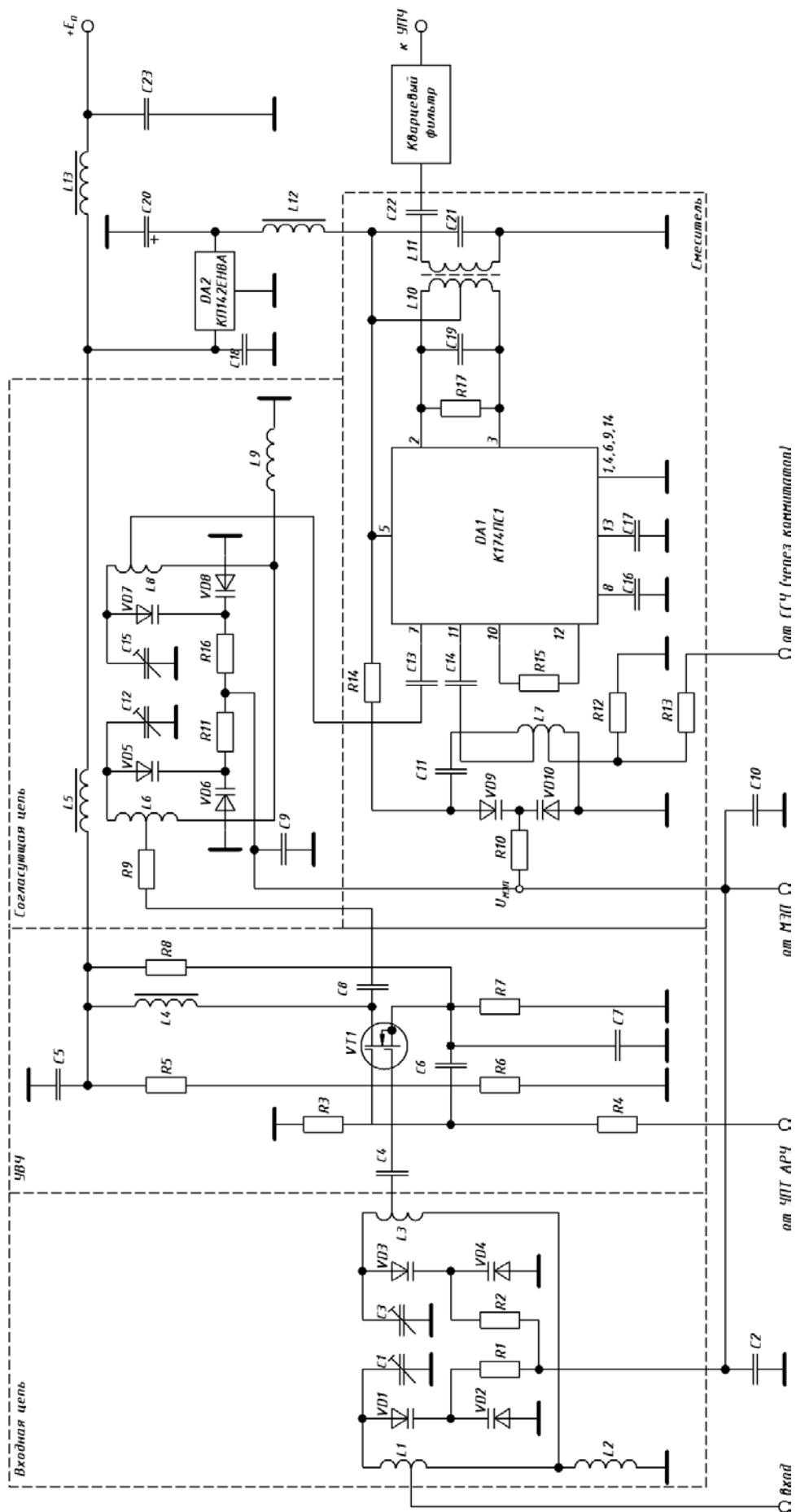


Рис.4.6. Принципиальная схема модернизированного ВЧ тракта приемника.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

5. Расчетная часть

Произведем расчет модернизированного каскада смесителя на интегральной микросхеме К174ПС1. В качестве гетеродинного напряжения для смесителя используется сигнал синтезатора сетки частот радиостанции 128...159 МГц. В смесителе выделяется сигнал суммарной частоты. Исходные данные для расчета:

- среднее значение выходной частоты смесителя, f_{CM} ;
- полоса пропускания кварцевого фильтра, F_ϕ ;
- входная проводимость кварцевого фильтра, g_{FBX} ;
- конструктивная добротность катушки согласующего контура на f_{CM} , Q_K ;
- крутизна преобразования интегральной микросхемы, y_{21CM} ;
- выходная проводимость микросхемы на f_{CM} , g_{VYX} .

Преобразователь частоты выполнен на микросхеме К174ПС1, которая включена по схеме кольцевого смесителя.

Расчета заключается в определении параметров элементов согласующего контура и коэффициента его включения m_ϕ во входную цепь кварцевого фильтра (КФ). Значения y_{21CM} и g_{VYX} должны соответствовать выбранной схеме подключения нагрузки (в данном случае выбрана симметричная нагрузка).

Полоса пропускания согласующего контура выбирается существенно больше, чем полоса пропускания КФ, чтобы избежать влияния согласующего контура на полосу пропускания полосового фильтра (то есть КФ). С другой стороны она не должна быть слишком большой, так как это приведет к снижению коэффициента усиления и к ухудшению избирательности.

Полоса пропускания кварцевого фильтра F_ϕ , настроенного на частоту 20МГц, составляет 18кГц. Полоса пропускания согласующего контура должна выбираться существенно больше полосы пропускания КФ. Рекомендуется выбрать

$$F_{K\Theta} = (2,5...3,5)F_\phi = (1,5...2,5) \cdot 18\text{кГц} = 27...45\text{кГц}$$

Примем значение полосы пропускания 45кГц. Рассчитываем требуемое значение добротности эквивалентного контура, используя полученное значение

$$Q_{K\Theta} = f_{CM}/F_{K\Theta} = \frac{20 \cdot 10^6}{45 \cdot 10^3} = 445$$

Конструктивная добротность контуров в УКВ диапазоне $Q_K = 60...120$. Поэтому примем значение добротности $Q_{K\Theta} = 20...40$ (в среднем 30).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	5524600.0898.РЭСС.КП.ПЗ	25

Задаемся стандартным значением емкости конденсатора контура C_1 . Длина волны, на которой работает схема, определяется выражением

$$\lambda_p = \frac{c}{f_{PQ \min}} = \frac{3 \cdot 10^8}{128 \cdot 10^6} = 2.34 \text{ м.}$$

Емкость конденсатора C_1 выберем из расчета 2 пФ на 1м длины волны

$$C_1 = 2 \cdot 2.34 = 4.69 \text{ пФ.}$$

Принимаем $C_1 = 4,7 \text{ пФ}$. Рассчитываем емкость C_K контура с учетом емкости монтажа $C_M = 2...5 \text{ пФ}$ и выходной емкости интегральной микросхемы C_M

$$C_K = C_1 + C_M + C_{\text{вых}} = 4,7 + (2...5) + 3 = 9,7...12,7 \text{ пФ}$$

Принимаем емкость C_K равную 10пФ (среднее значение, лучше применить переменный конденсатор C_1 емкостью 4...15пФ для компенсации).

Индуктивность контура рассчитываем по формуле

$$L_K = \frac{1}{(2\pi f_{CM})^2 C_K} = \frac{1}{39,44 \cdot 400 \cdot 10^{12} \cdot 10 \cdot 10^{-12}} = 6,34 \text{ мкГн}$$

Полагая конструктивную добротность контура $Q_K = 100$ вычисляем проводимости ненагруженного и нагруженного (эквивалентного) контура

$$g_K = \frac{1}{2\pi f_{CM} \cdot L_K \cdot Q_K} = \frac{1}{6,28 \cdot 20 \cdot 10^6 \cdot 6,34 \cdot 10^{-6} \cdot 100} = 12,6 \text{ мкСм}$$

$$g_{K\Theta} = \frac{1}{2\pi f_{CM} \cdot L_K \cdot Q_{K\Theta}} = \frac{1}{6,28 \cdot 20 \cdot 10^6 \cdot 6,34 \cdot 10^{-6} \cdot 30} = 41,8 \text{ мкСм}$$

Найдем сопротивление шунтирующего резистора $R_2 = R_{III}$

$$R_{III} = \frac{1}{0,5 \cdot g_{K\Theta} - g_K - g_{\text{вых}}} = \frac{1}{(0,5 \cdot 41,8 - 12,6 - 4,5) \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{3,9 \cdot 10^{-6}} = 256 \text{ кОм}$$

Принимаем стандартный номинал сопротивления 240 кОм.

Определяем коэффициент включения согласующего контура во входную цепь ФСС, при котором обеспечивается согласование ФСС на его входе:

$$m_\phi = \sqrt{\frac{g_K + g_{\text{вых}} + 1/R_{III}}{g_{\text{вых}}}} = \sqrt{\frac{12,6 \cdot 10^{-6} + 4,5 \cdot 10^{-6} + 4,2 \cdot 10^{-6}}{3030 \cdot 10^{-6}}} \approx 0,084$$

Рассчитываем индуктивность катушки связи

$$L_\phi = L_K \cdot (m_\phi/k)^2$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

где k - коэффициент магнитной связи, зависит от типа применяемых сердечников; для однослойных катушек с ферритовым (феррит должен быть высокочастотным) подстроенным сердечником этот коэффициент составляет около 0,25...0,35.

$$L_\phi = L_K \frac{m_\phi^2}{k^2} = 6,34 \cdot 10^{-6} \left(\frac{0,084}{0,3} \right)^2 = 0,5 \text{ мкГн}$$

Определяем коэффициент усиления преобразователя частоты:

$$K_{CM} = \frac{U_{\phi BX}}{U_{CMBX}} = \frac{y_{21CM} \cdot m_\phi}{g_{KЭ}} = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 0,084}{41,8 \cdot 10^{-6}} = 20$$

Коэффициент усиления преобразователя в пределах нормы. Можно скорректировать значение K_{CM} можно изменением сопротивления R_{III} , а следовательно и m_ϕ . Однако при этом изменяется и $F_{KЭ}$, уменьшение которой нежелательно.

Величины блокировочных конденсаторов выберем из расчета, что их реактивное сопротивление на рабочей частоте менее чем 5 Ом. Емкости С4 и С5

$$C_{4,5} \geq \frac{1}{6,28 \cdot 159 \cdot 10^6 \cdot 5} \approx 200 \text{ пФ}$$

Примем С4 и С5 номиналом 220 пФ (это улучшит характеристики).

Емкость конденсатора С7 определим на рабочей частоте 20МГц

$$C_7 \geq \frac{1}{6,28 \cdot 20 \cdot 10^6 \cdot 5} \approx 1592 \text{ пФ}$$

Ближайший стандартный номинал 1600 пФ, для более надежной фильтрации можно принять С7 в два раза большим, то есть 3300пФ.

Емкости С2 и С3 должны быть согласованы с мнимой частью входной проводимости, выберем величины емкостей 22пФ (по входной емкости микросхемы).

Для источника питания необходимо лишь выбрать номиналы конденсаторов на входе и на выходе. Без дополнительных расчетов выберем типовые значения этих конденсаторов номиналами 0,1мкФ и 100мкФ.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

5524600.0898.РЭСС.КП.ПЗ

Лист

27

8. Заключение

В настоящем курсовом проекте произведена модернизация высокочастотного тракта радиостанции ближней связи «Баклан». Модернизация заключается в замене существующего смесителя частоты, построенного на полевом транзисторе, на смеситель, выполненный на интегральной микросхеме. Микросхема используется по схеме кольцевого смесителя, что улучшает характеристики преобразователя и снижает наводки от гетеродина (синтезатора сетки частот) который создает дополнительные помехи при применении обычного (не балансного) смесителя.

В результате применения смесителя компенсационного типа дополнительно снижается уровень шумов преобразователя, что в конечном итоге улучшает общие характеристики приемника и способствует повышению его чувствительности.

Кроме того, смеситель спроектирован с применением современной элементной базы (применена микросхема преобразователя частоты) и имеет улучшенные энергетические характеристики по сравнению с существующим каскадом (как правило, каскады на полевых транзисторах имеют большее потребление).

Иzm.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	28
					5524600.0898.РЭСС.КП.ПЗ	

7. Список использованной литературы

1. «Радиостанция «Баклан». Руководство по технической эксплуатации и регламент технического обслуживания, 1980г.
2. Афанасьев, Г.Ф. «Курсовое проектирование каскадов главного тракта приёма радиосигналов». Учебное пособие. – Ульяновск; УлГТУ, 2006г.
3. Н.Н.Фомин, Н.Н.Буга, О.В.Головин и др. «Радиоприемные устройства». Учебник для вузов. Под ред. Н.Н.Фомина. – М.: «Радио и связь», 1996г.
4. Атаев Д.И., Болотников В.А. «Аналоговые ИМС для бытовой радиоаппаратуры». Справочник. – М.: МЭИ, 1993г.
5. Кауфман М., Сидман А.Г. «Практическое руководство по расчетам схем в электронике». Том II. – М.: «Энергоатомиздат», 1991г.
6. Александров К.К., Кузьмина Е.Г. «Электротехнические чертежи и схемы». – М.: «Энергоатомиздат», 1990г.
7. В.А. Игнатов, Г.Ф. Конахович и д.р. «Принципы построения и эксплуатации систем связи воздушных судов». – Киев: КИИГА, 1988г.
8. Палшков В.В. «Радиоприемные устройства». Учебное пособие. – М.: «Радио и связь», 1984г.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	29
					5524600.0898.РЭСС.КП.ПЗ	