

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра систем телекоммуникаций

В. Н. Мищенко

***ИЗУЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ
ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ***

Лабораторный практикум по дисциплине
«Системы подвижной радиосвязи и радиоопределения»
для студентов специальностей
I-45 01 01 «Многоканальные системы телекоммуникаций»,
I-45 01 02 «Радиосвязь, радиовещание и телевидение»
всех форм обучения

Минск 2007

УДК 621.396.2 (075.8)

ББК 32.884 я 73

М 71

Мищенко, В. Н.

М 71 Изучение оборудования систем подвижной радиосвязи : лаб. практикум по дисц. «Системы подвижной радиосвязи и радиоопределения» для студ. спец. I-45 01 01 «Многоканальные системы телекоммуникаций», I-45 01 02 «Радиосвязь, радиовещание и телевидение» всех форм обуч. / В. Н. Мищенко. – Минск : БГУИР, 2007. – 80 с. : ил. ISBN 978–985–488–239–0

Практикум объединяет четыре лабораторные работы, связанные с изучением оборудования базовых станций, сотовых телефонов и радиостанций для систем подвижной радиосвязи.

УДК 621.396.2 (075.8)
ББК 32.884 я 73

ISBN 978–985–488–239–0

© Мищенко В. Н., 2007
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2007

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ BD86

Цель: изучить оборудование базовой станции BD86 стандарта NMT.

Задания:

1. Изучить устройство, особенности функционирования базовой станции BD86.
2. Произвести измерения характеристик и параметров оборудования базовой станции BD86.
3. Дать анализ полученных результатов в выводах по работе.

1.1. Краткие теоретические сведения

1.1.1. Основные характеристики и параметры стандарта сотовой связи NMT-450 (NMT-900)

Базовая станция (BS) в системе подвижной сотовой связи (СПСС) стандартов NMT-450 (NMT-900) выполняет роль интерфейса, обеспечивающего стык между мобильными станциями (MS) и центром коммутации подвижной связи МТХ (ЦКПС) (рис. 1.1). Аналоговые СПСС NMT-450 (NMT-900) принадлежат к первому поколению сотовых систем. Каждая BS обеспечивает обслуживание группы MS, находящихся в ее зоне электромагнитного покрытия, поэтому основной функцией BS является ретрансляция сигналов (сообщений) от MS к коммутационному центру и обратно. Требование ретрансляции сообщений одновременно от нескольких MS обуславливает необходимость наличия в BS нескольких дуплексных радиоканалов. Таким образом, BS представляет собой многоканальную автоматизированную радиостанцию (радиоретранслятор), управляемую коммутационным центром мобильной системы.

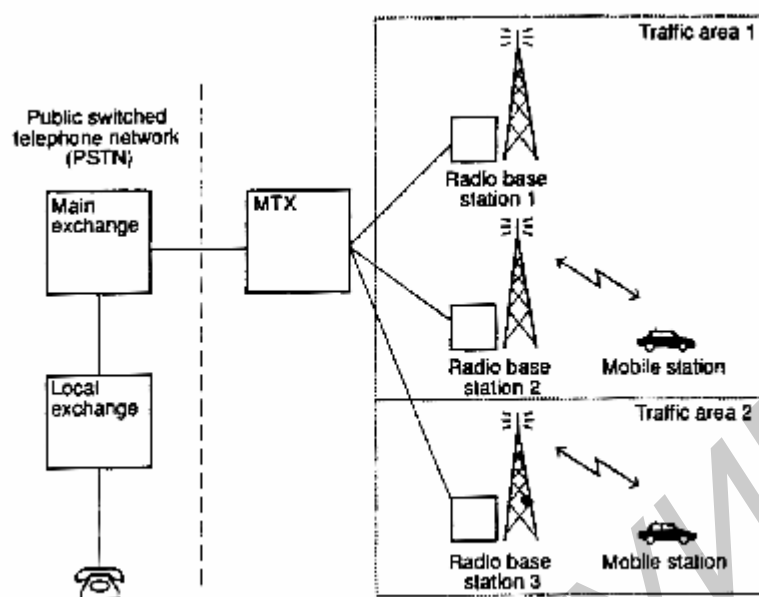


Рис. 1.1. Обобщенная структурная схема сотовой системы связи стандарта NMT

Сравнительные характеристики систем сотовой связи основных используемых стандартов представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Сравнительные характеристики аналоговых систем сотовой связи

Характеристика	NMT-450	NMT-900
1	2	3
Диапазон частот на передачу, МГц базовой станции	463...467,5	935...960
мобильной станции	453...457,5	890...915
Радиус ячейки соты, км	2...45	0,5...20
Число каналов подвижной станции	180	1000/1999
Число каналов базовой станции	30	30
Мощность передатчика базовой станции, Вт	40	40
Ширина полосы частот канала, кГц	25	25,0/12,5

1	2	3
Время переключения канала на границе ячейки, мс	1250	270
Максимальная девиация частоты в канале управления, кГц	3,5	3,5
Максимальная девиация частоты в речевом канале, кГц	5	5
Минимальное отношение сигнал/шум, дБ	15	15

1.1.2. Конструкция, особенности исполнения и основные характеристики базовой станции BD86

Структурная схема базовой станции BD86 представлена на рис. 1.2. Базовая станция содержит стойки канального оборудования (по пять каналов на одну стойку) и стойки согласования выходов передатчиков и приёмников с антенной. Стойка согласования выходов передатчиков и приёмников с антенной содержит необходимые устройства для объединения ВЧ-каналов передачи и приёма и подключения их к антенной системе, а также блок индикации и измерения NCM-20.

Основные блоки стойки канального оборудования следующие:

- приёмник NRX-41;
- усилитель мощности 5 Вт NTX 05;
- усилитель мощности 50 Вт NTX 35;
- устройство управления NCU-41;
- блок питания NP11A;
- дуплексный фильтр NDX-20;
- многоканальный ответвитель приёмного устройства NDA-20.

Возможна различная комплектация базовой станции приёмопередающими блоками на 5, 10 и большее количество каналов. Кроме блоков каналов BS включает и один приемный измерительный радиоканал.

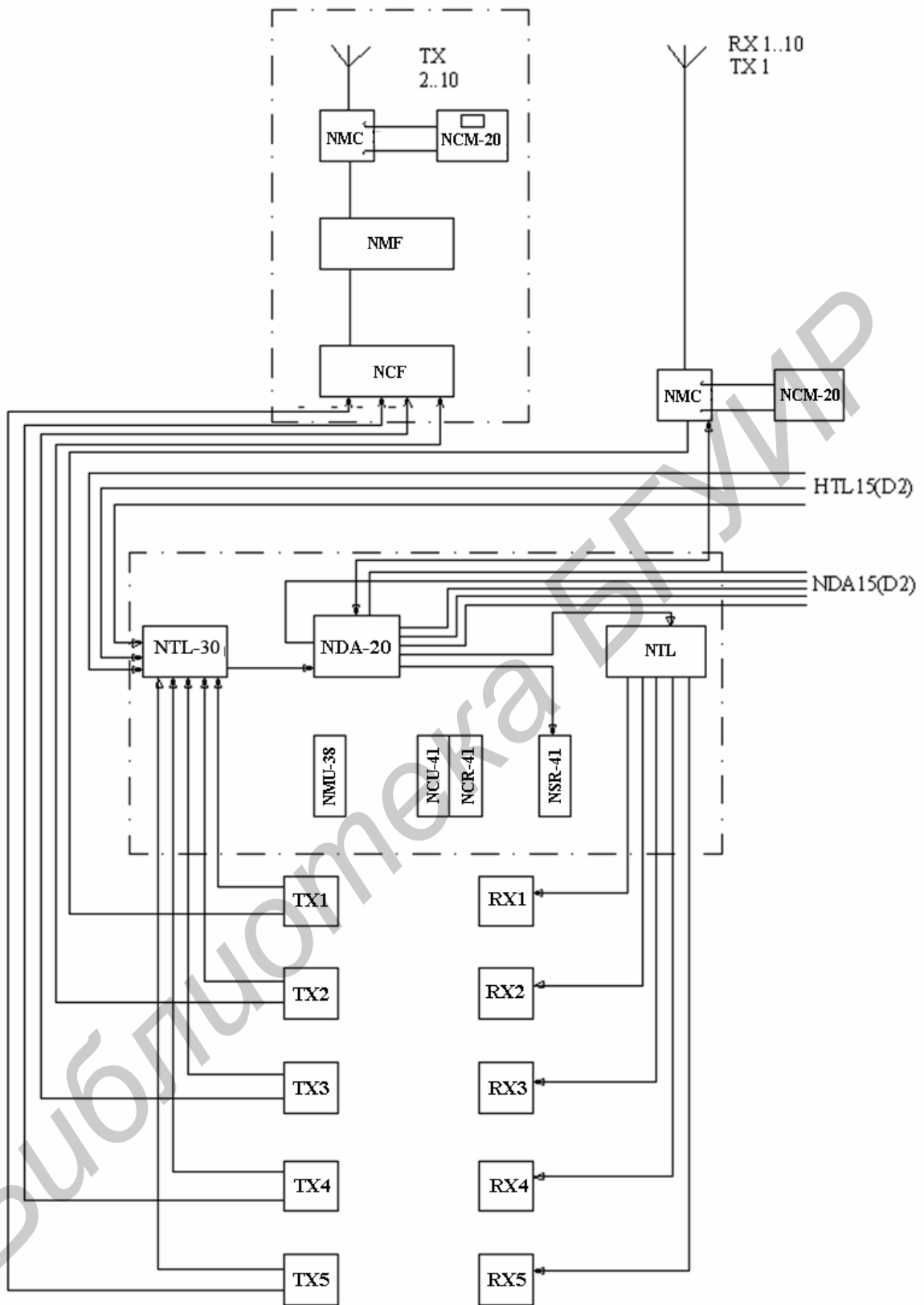


Рис. 1.2. Структурная схема базовой станции BD86

Тракты приема в дуплексных радиоканалах являются классическими супергетеродинными радиоприемниками с двойным преобразованием

частоты, возможностью автоматической перестройки в диапазоне частот 453,0...457,5 МГц с шагом сетки частот $\Delta f_c = 25$ кГц (20 кГц).

Настройка трактов приема осуществляется с помощью блоков управления и автоматики, входящих в каждый дуплексный радиоканал. При подготовке к работе каждый тракт приема настраивается на «свою» рабочую частоту $f_{пр}$, причем частоты приема соседних трактов должны отстоять одна от другой не менее чем на 100...175 кГц. Приемный измерительный радиоканал включает блок управления и автоматики и измерительный радиоприемник. Он используется для измерения уровней контрольного сигнала (ϕ или 0-сигнала – FFSK) и помехи на любой из рабочих частот приема BS, а также на частотах приема других BS системы по командам управления, поступающим из коммутационного центра МТХ. Таким образом, измерительный приемник может автоматически перестраиваться на любую из 180 частот в диапазоне 453,0...457,5 МГц.

Тракты передачи в дуплексных радиоканалах являются типовыми радиопередатчиками, работающими в диапазоне частот 463,0...467,5 МГц, с автоматической дискретной регулировкой выходной мощности $P_{вых}$ от 0,75 до 50 Вт. Установка восьми рабочих частот передачи $f_{прд}$ осуществляется с помощью соответствующих блоков управления и автоматики. Кроме этого, установка частоты передачи («настройка») осуществляется в блоках объединения ВЧ-каналов передачи (комбайнерах). Тракты приема и передачи в каждом дуплексном радиоканале настраиваются с разносом $\Delta f_p = 10$ МГц. Первый дуплексный радиоканал BS в соответствии с организацией связи и управления является каналом «вызова», предназначенным только для вызовов мобильных станций со стороны BS и ответа на вызовы. Последующие дуплексные радиоканалы являются каналами «трафика», предназначенными для использования при организации разговоров между абонентами. Блок объединения ВЧ-каналов передачи (комбайнер) является резонансной нагрузкой трактов передачи. Один комбайнер объединяет выходы пяти трактов передачи. С помощью органов настройки и

циркуляторов обеспечивается развязка по высокой частоте (ВЧ) трактов передачи между собой при работе на одну нагрузку.

Требуемая расфильтровка достигается при условии, что частоты приёма $f_{\text{пр}}$ отстоят одна от другой на величину разноса $\Delta f_p = (4...7)\Delta f_c$. Многоканальный ВЧ-ответвитель приема (усилитель-распределитель) обеспечивает объединение входов девяти трактов приема блока каналов при работе на одну антенну. Шлейф для испытания дуплексных радиоканалов по ВЧ обеспечивает возможность подключения измерительных выходов трактов передачи к входам соответствующих трактов приема, составляющих дуплексные пары, и создания таким образом измерительного шлейфа без выхода в «эфир». Блок согласования по ВЧ обеспечивает возможность работы многоканальной BS на одну передающую антенну и одну приемную антенну. Блок согласования по ВЧ позволяет также объединять антенные выходы нескольких BS, включенных параллельно для увеличения числа дуплексных радиоканалов.

1.1.3. Назначение, характеристики и особенности функционирования приемника NRX-41

Блок NRX-41 предназначен для работы в качестве приемника базовой станции в сети стандарта NMT. Приемник построен по двойной супергетеродинной схеме с использованием сигналов, формируемых синтезатором частоты. Он состоит из трех модулей: обработки радиочастотного сигнала, промежуточной частоты и синтезатора (рис. 1.3). Основные характеристики приёмника NRX-41 представлены в табл. 1.2.

Модуль обработки радиочастотного сигнала формирует сигнал первой промежуточной частоты, равный 21,4 МГц, путем смешивания принимаемого радиочастотного сигнала с сигналом синтезатора.

Основные технические характеристики приёмника NRX-41

Напряжение питания	14 В
Диапазон принимаемых частот	453,000...457,475 МГц
Разнос каналов	25 кГц
Число каналов	180
Чувствительность	Не хуже чем – 102 дБм
Избирательность по соседнему каналу	Лучше чем 75 дБ
Подавление интермодуляционных искажений	Лучше чем 80 дБ
Гармонические искажения	Менее 5 %
Уровень выходного аудиосигнала	–14 дБм/ на сопротивлении 600 Ом
Частота сигналов гетеродинного тракта	436,000...436,075 МГц

Данный модуль содержит один каскад усилителя радиочастоты А5 и фильтры (ПФ1, ПФ2, ПФ3 и ЗФ1) для формирования диапазона принимаемого сигнала. Сигнал гетеродина подаётся на преобразователь СМ1 через буферные усилители А1...А3. В этом модуле также содержится усилитель первой промежуточной частоты А6. Далее сигнал первой промежуточной частоты через фильтр на ПАВ (ПФ7) подается на второй преобразователь частоты СМ2, где он смешивается с сигналом частотой 20,945 МГц, формируемого генератором с кварцевой стабилизацией частоты. Полученный таким образом сигнал второй промежуточной частоты, равный 455 кГц, отделяется от остальных продуктов преобразования фильтром промежуточной частоты ПФ6. Далее сигнал усиливается двумя каскадами усиления (А9, А8), фильтруется в фильтре ПФ5 и подаётся на частотный детектор D. Выходной низкочастотный сигнал из детектора разделяется на два направления. В первом направлении включены одна ступень усилителя А7 и фильтр ПФ4 с полосой 4 кГц. Во втором направлении расположены переключатель К, усилитель А10, фильтр ЗФ2 и корректор. Логическая схема

управляет работой переключателя К. Синтезатор вырабатывает сигнал, частота которого определяет используемый радиоканал. Опорный сигнал 25 кГц создается путем деления выходной частоты автогенератора с кварцевой стабилизацией, равной 6,4 МГц, на 256. Опорный сигнал и сигнал из ветви обратной связи поступают на фазовый детектор (ФД).

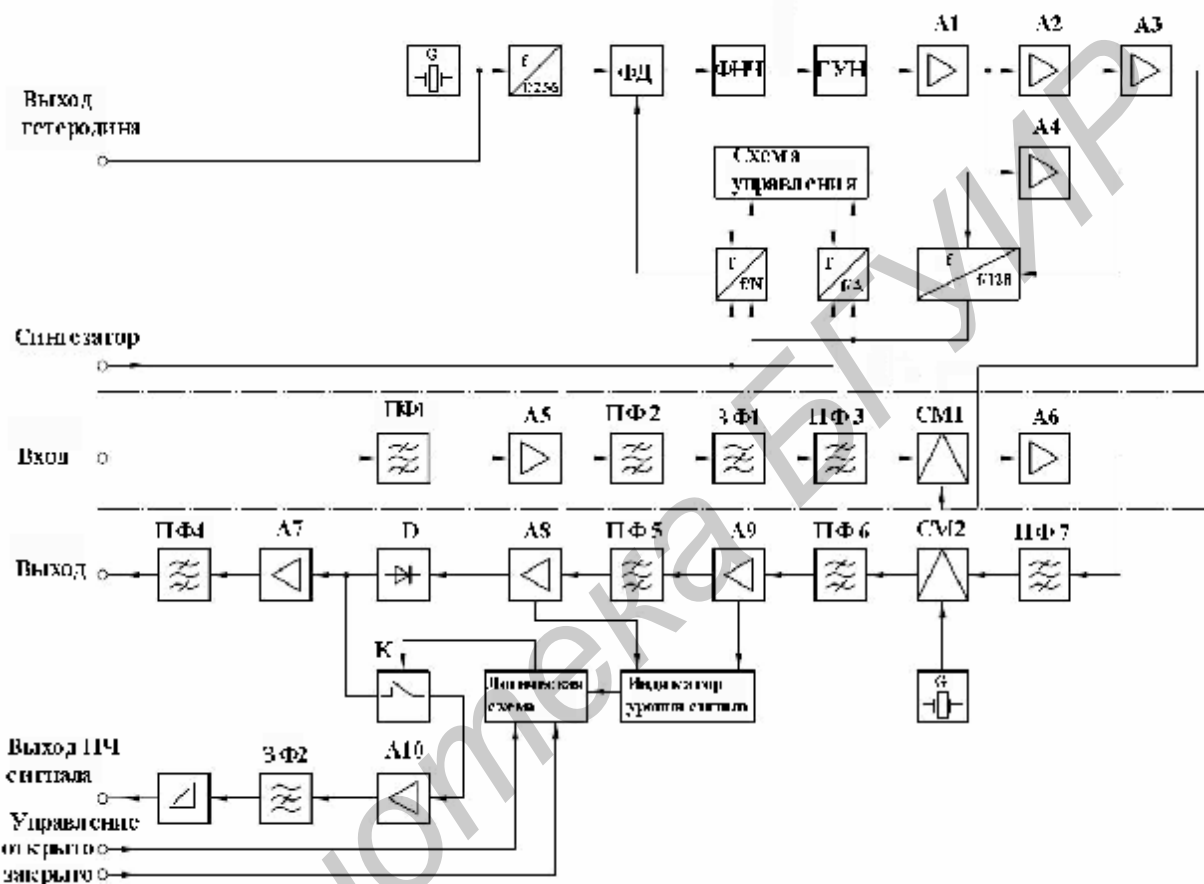


Рис. 1.3. Структурная схема приёмника NRX-41

ФД формирует сигнал, который через фильтр нижних частот (ФНЧ) подаётся на генератор, управляемый напряжением (ГУН). За ГУН следуют буферные ступени усиления, причём после усилителя А1 сигнал разделяется на две ветви – для формирования гетеродинного сигнала и сигнала ветви обратной связи. В ветви обратной связи содержится предварительный делитель частоты и два программируемых делителя, которые определяют частоту гетеродина и, следовательно, используемый канал радиочастоты в приёмнике.

1.1.4. Назначение, характеристики и особенности функционирования передатчика NTX-41

Блок NTX-41 предназначен для работы в качестве передатчика базовой станции в сети стандарта NMT. Данный блок переносит входные низкочастотные сигналы с использованием преобразователей частоты в необходимый диапазон по радиочастоте (463,000...467,475 МГц).

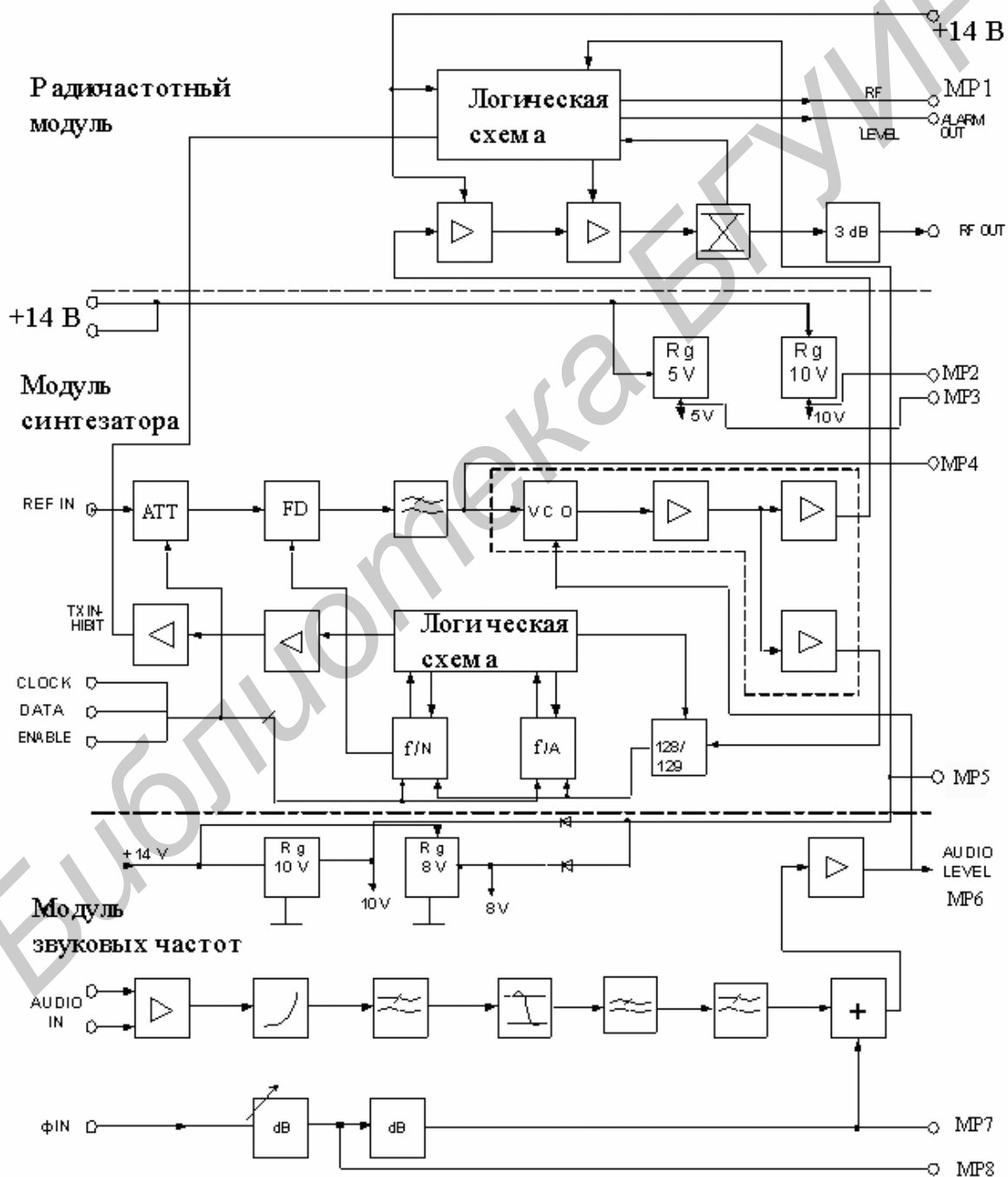


Рис. 1.4. Структурная схема передатчика NTX-41

Блок состоит из трех модулей: формирование радиочастотного сигнала, тракт обработки низкочастотных телефонных сигналов и синтезатор (рис. 1.4). Основные характеристики передатчика NTX-41 представлены в табл. 1.3.

Входными сигналами для блока являются логические сигналы для управления работой передатчика, низкочастотные сигналы – АУДИО и специальный контрольный сигнал АЛЬФА, а также опорный сигнал от синтезатора приёмника.

Таблица 1.3

Основные технические характеристики передатчика NTX-41

Питающее напряжение	14 В
Выходная мощность	250 мВт (+ / –30 мВт)
Выходной импеданс	50 Ом
Выходная частота	463,000...467,475 МГц
Мощность сигнала предупреждения	160 мВт (+ / –20 мВт)
Уровень шумового сигнала	Менее – 90 дБс
Погрешность установки частоты	Менее 1 кГц
Максимальное отклонение частоты	+ / –4,70 кГц
Уровень гармонических искажений	Менее 5 %
Уровень сигнала ГУН	+ 12 дБм
Уровень звукового сигнала	–14 дБм
Импеданс звукового сигнала	600 Ом
Уровень сигнала АЛЬФА	–14 дБм

За дифференциальным усилителем на аудиовводе следуют корректор АЧХ, фильтр низкой частоты и ограничитель, который устраняет выбросы сигналов речи. Затем низкочастотный телефонный сигнал проходит через фильтр низкой частоты и суммируются с сигналом АЛЬФА, который подаётся через регулируемый и нерегулируемый аттенюаторы.

Далее сигнал поступает на синтезатор, где он управляет работой ГУН, т.е. фактически осуществляется перенос частоты в радиодиапазон. Эта

частота определяется внешними сигналами – ВРЕМЯ, ДАННЫЕ и УПРАВЛЕНИЕ. Эталонный сигнал синхронизации (REF IN) подаётся от синтезатора приёмников. Передатчик и приёмник имеют одинаковую опорную частоту, равную 6,4 МГц. От ГУН модулированный сигнал подаётся на усилители радиочастоты, где он усиливается до мощности 0,25 Вт. На выходе имеется буферный каскад с ослаблением в 3 дБ для улучшения согласования между данным блоком и усилителем мощности.

Часть сигнала радиочастоты ответвляется через направленный ответвитель в цепь управления выходной мощностью, которая используется для стабилизации выходной мощности на нужном уровне. Также в данном устройстве содержится логическая схема для формирования сигнала тревоги, используемого в процессе контроля за работой данного блока.

1.2. Порядок выполнения работы

1. Включить источники питания – блоки питания сетевые (4 шт.), расположенные в нижней части стойки согласования выходов передатчиков с антенной, поставив тумблер **Вкл-Откл** в положение **Вкл** на каждом блоке.

Проверить засветку индикатора **Сеть** и отклонение стрелочного индикаторного прибора в положение приблизительно 12 В.

2. Исследовать характеристики блока NDX-20 – блока, который обеспечивает разделение трактов передачи и приёма. Для этого подключить выход генераторного блока прибора X1-50 (X1-43) к разъёму TX блока NDX-20, а вход УПТ индикаторного блока – к разъёму ANT этого блока.

Проверить установки тумблеров и переключателей приборов X1-50 или X1-43 (для измерений необходим один из приборов):

для прибора X1-50:

должны быть нажаты следующие кнопки: **2** (устанавливает требуемый диапазон работы), **1:1**, **+**, **–**, **ВНУТР-ВНЕШ**, **ГКЧ-ОСЦИЛЛ**. Остальные

кнопки должны быть отжаты и используются при необходимости;

для прибора Х1-43:

на генераторном блоке переключатель диапазона частот установить в положение **0,5...610 МГц**; переключатель **РУЧН МЕТКА** – в положение **F_{центр}**; переключатель **Период S** – в положение **0,02**; переключатель **Род работы** – в положение **F_{центр}**; переключатель **ПОЛОСА** – в положение **10**; переключатель **Режима** – в положение **НГ**; переключатель **ВНУТР.–НГ–АМ 100кГц–ВНЕШН** – в положение – **НГ**; переключатель **Уровень** – в положение **3 дБ**;

на индикаторном блоке установить тумблер **Остановка качания** в положение **АВТ**; переключатель **+ -** в положение **-**; переключатель **МЕТКИ МНz ВНЕШН** – в положение **1**. Ручкой **ПЛАВНО** добиться удобного и устойчивого изображения АЧХ исследуемого блока на экране индикаторного блока.

При использовании прибора Х1-50 включить прибор, нажав тумблер **Сеть** на передней панели прибора. На индикаторе проконтролировать, а при необходимости установить значение частоты тракта, нажав кнопку **Счёт** и вращая ручку **FÑ** на передней панели прибора. При этом значение частоты, полученное на цифровом индикаторе, будет соответствовать светящейся точке на характеристике, наблюдаемой на экране электронно-лучевой трубки. При необходимости откорректировать положение полученной характеристики ручками **-** или **«** . Зарисовать и исследовать амплитудно-частотную характеристику этого блока. Отметить значения частоты, где уровень сигнала уменьшается до условного нулевого уровня прибора. Проанализировать полученное значение полосы пропускания, сравнив его с нормативными данными стандарта NMT-450. Измерения с использованием прибора Х1-43 проводятся аналогичным образом.

Аналогичным образом исследовать тракт приёма блока NDX-20, подключив выход генераторного блока к разъёму **RX**.

3. Исследовать характеристики малошумящего усилителя – блока NDA-20. Для этого подключить выход генераторного блока прибора X1-50 (X1-43) к разъёму **IN** блока NDA-20, а вход индикаторного блока – к разъёму **1** этого блока. Включить первый комплект приёмопередающего оборудования (нумерация комплектов идёт сверху вниз), поставив тумблер **I-O** на блоке NPU 11A в положение **I**. На рабочем табло этого блока загорается индикация включения этого блока.

Зарисовать и проанализировать полученную характеристику тракта приёма этого блока. Сравнить полученные значения полосы пропускания с нормативными данными стандарта NMT-450.

Выключить первый комплект приёмопередающего оборудования, поставив тумблер **I-O** на блоке NPU 11A в положение **0**. Восстановить необходимое подключение внешних кабелей к блокам и устройствам стойки.

4. Исследовать характеристики оборудования в режиме петли. Включить генератор НЧ-сигналов ГЗ-109 и осциллограф С1-65А. Подключить **Выход** генератора ГЗ-109 к **Вход 1** канала передачи, а разъём **Выход 1** канала приёма – к входу осциллограф С1-65А (разъёмы **Вход 1** и **Выход 1** расположены на специальной панели в верхней части стойки приёмопередатчиков). Установить значение рабочей частоты 1 кГц и величину напряжения этого сигнала, равную 200 мВ. Включить первый комплект приёмопередающего оборудования, поставив тумблер **I-O** на блоке NPU 11A в положение **I**. На блоке NCU-41 поставить тумблер **Block** в верхнее положение, при этом загорается светодиодный индикатор **Block**, тумблер **TX** – в положение **I**, тумблер **LINE LOOP** – в верхнее положение. Исследовать форму сигнала и измерить его параметры с помощью осциллографа С1-65А, сделать выводы о функционировании режима линейной петли.

5. Исследовать работу стойки согласования выходов передатчиков с антенной. Используя тумблер **Block** и тумблер **Set**, установить номер рабочего канала – 011. При этом тумблер **Set** используется для установки конкретного значения номера канала. Переключатель вида индикации, расположенный на

блоке NCM-20, поставить в положение C_R – измерение значения отраженной мощности по шкале 30 Вт. Проверить подключение кабеля, соединяющего нагрузку первого передатчика и контрольного разъёма C_R блока NCM-20. Выполнить подстройку уровня выходной мощности, используя специальные настроечные ручки, расположенные на передней панели рядом с блоком NCM-20. Ручки грубой и точной настроек расположены на одной оси и имеют разные размеры: ручка грубой настройки имеет больший диаметр по сравнению с ручкой точной настройки. Обе эти ручки имеют фиксацию с помощью внешних винтов. Поэтому перед проведением подстройки эти винты необходимо ослабить. Вначале необходимо расстроить согласование блока с антенной, повернув ручку грубой настройки против часовой стрелки на произвольный угол. Затем производится непосредственная настройка согласования, вначале с использованием ручки грубой подстройки, вращая её по часовой стрелке, добиваясь минимального отсчёта по шкале C_R или **CWSR (КСВН)**, затем эта ручка фиксируется с помощью внешнего винта и выполняется настройка с использованием ручки точной подстройки. Необходимо добиться минимального значения отраженной мощности по шкале C_R или значения по шкале **CWSR (КСВН)**. Определить значение величины падающей мощности, поставив переключатель рода работ в положение P_0 . После выполнения полного цикла настройки обе ручки необходимо зафиксировать с помощью специальных винтов, расположенных в корпусе этих ручек. Аналогично провести подстройки второго и третьего комплектов передатчиков, устанавливая на этих блоках значения номера канала соответственно 003 и 005.

1.3. Содержание отчета

1. Основные характеристики и параметры стандарта сотовой связи NMT-450 (NMT-900).
2. Экспериментальные данные.
3. Основные структурные схемы исследуемых трактов.
4. Выводы по проделанной работе.

1.4. Контрольные вопросы

1. Назовите основные характеристики и параметры стандарта сотовой связи NMT-450 (NMT-900).
2. Конструкция, состав оборудования и особенности работы базовой станции BD86.
3. Особенности прохождения сигналов в передатчике NTX-41.
4. Особенности прохождения сигналов в приемнике NRX-41.

Литература

1. Системы мобильной связи : учеб. пособие / В. П. Ипатов и [др.]. – М. : Горячая линия – Телеком, 2003. – 272 с.
2. Быховский, М. А. Частотное планирование сотовых сетей подвижной радиосвязи / М. А. Быховский // Электросвязь. – 1993. – №8.
3. Громаков, Ю. А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи / Ю. А. Громаков. – М. : Эко-Трендз, 1998.

ПРОВЕРКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СОТОВОГО ТЕЛЕФОНА NOKIA 5110

Цель: изучить характеристики и особенности функционирования сотового телефона Nokia 5110.

Задания:

1. Изучить устройство и особенности функционирования сотового телефона Nokia 5110.
2. Произвести измерения характеристик и параметров сотового телефона Nokia 5110.
3. Дать анализ полученных результатов в выводах по работе.

2.1. Краткие теоретические сведения

2.1.1. Основные характеристики и параметры стандарта сотовой связи

GSM

Обобщенная структурная схема сотовой системы мобильной связи стандарта GSM представлена на рис. 2.1.

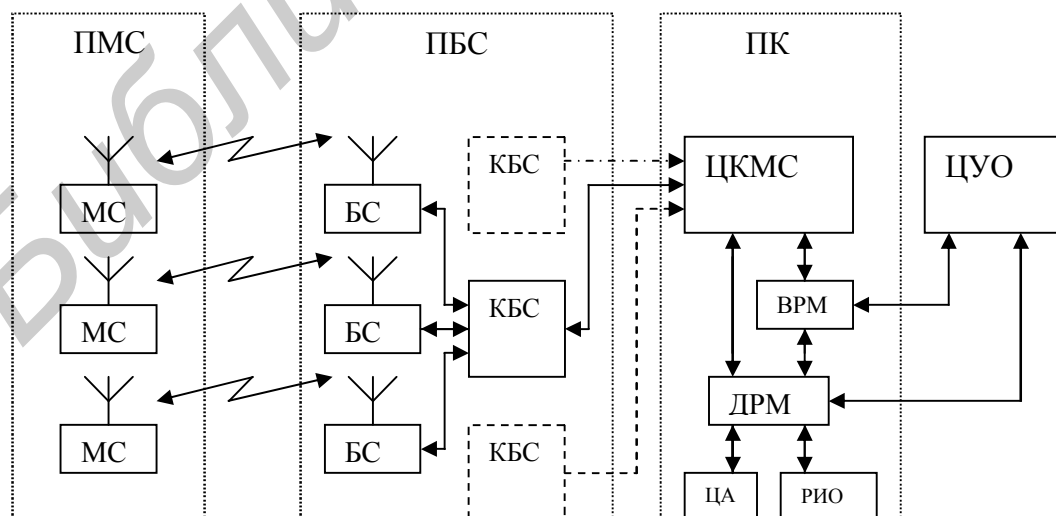


Рис. 2.1. Обобщенная структурная схема системы сотовой мобильной связи стандарта GSM

На этой схеме представлены следующие обозначения:

ПМС – подсистема мобильных станций,

ПБС – подсистема базовых станций,

ПК – подсистема коммутаций,

КБС – контроллер базовых станций,

ЦКМС – центр коммутации мобильной связи,

ВРМ – временной регистр местоположения,

ДРМ – домашний регистр местоположения,

ЦА – центр аутентификации,

РИО – регистр идентификации оборудования,

ЦУО – регистр управления и обслуживания.

БС представляет собой автоматическое приёмопередающее оборудование, обеспечивающее связь с мобильными абонентами, т.е. доступ к радиointерфейсу.

КБС обеспечивает соединение нескольких базовых станций с ЦКМС, контроль прохождения сообщения и другие функции.

ЦКМС представляет собой автоматическую цифровую телефонную станцию (доработанная АХЕ-10, DX-220) и обслуживает группу сот, обеспечивая все виды соединений, в которых нуждается мобильная станция:

- 1) выход мобильной станции на телефон общего пользования,
- 2) выход на телефон внутри сети одного оператора,
- 3) звонок на телефон этого стандарта другого оператора,
- 4) звонок на сеть другого стандарта.

При этом ЦКМС может выполнять функции коммутации каналов и пакетов:

- 1) коммутация каналов – создание канала передачи информации между абонентами на всё время сеанса связи (речевой трафик – передача речевой информации);

2) коммутация пакетов (формируются пакеты переменной или постоянной длины).

В общем случае можно организовать независимую коммутацию каналов и независимую коммутацию пакетов. Получает распространение протокол GPRS (General Packet Radio Service), который позволяет более быстро передать данные.

ЦКМС выполняет функции эстафетной передачи и роуминга. Эстафетная передача (Hand Over):

1) осуществляется в пределах одной ячейки при значительных помехах на какой-то частоте, а также перевод мобильных станций на другие частоты, не подверженные глубоким замираниям;

2) при перемещении мобильных станций между сотами передает абонента из одной ячейки в другую. Эти соты контролирует один контроллер базовой станции;

3) перемещение между ячейками сотов, которые контролируют разные контроллеры базовых станций;

4) при значительных перемещениях осуществляется переход в другой центр коммутации мобильной связи. Во всех вариантах процедуры эстафетной передачи измеряется уровень нескольких базовых станций и переключение на ту базовую станцию, где уровень сигнала выше.

Роуминг заключается в предоставлении услуг мобильной связи клиентам других сетей данного стандарта.

Регистры ВРМ и ДРМ представляют собой базы данных. ДРМ содержит сведения о постоянно приписанных к данному ЦКМС абонентам, а также об услугах, которые могут быть им оказаны.

Каждый абонент получает уникальный международный идентификатор мобильного оборудования IMEI, а также стандартный сменный модуль подлинности абонента – SIM-карту, в которой содержится:

- а) международный идентификационный номер IMSI,
- б) персональный идентификационный номер PIN,

в) персональный номер разблокировки.

IMEI и IMSI не связаны с друг другом. Это дает возможность использовать разные SIM-карты в разных сетях или использовать одну SIM-карту в различных терминалах мобильных телефонов.

В ДРМ содержатся номера, адреса, параметры подлинности абонентов, состав услуг связи и другие параметры, помогающие выполнять маршрутизацию. ВРМ и ДРМ содержат до 20 наименований постоянно и временно хранящихся данных.

Доступ к данным в ДРМ имеют все остальные центры коммутации. Если в сети несколько ДРМ, то запись об этом абоненте содержится только в одном, а все остальные имеют удалённый доступ, который осуществляется по номеру IMSI.

ВРМ обеспечивает контроль за перемещением мобильных станций и служит для эффективного управления установленными соединениями, при этом заносится информация о его месте расположения. Содержит информацию об абонентах, временно находящихся в зоне обслуживания данного центра коммутации мобильной связи.

В GSM соты объединяются в географические зоны LA. Каждой зоне присваивается свой идентификационный номер LA_C. Когда абонент перемещается из одной LA в другую, данные о его местоположении автоматически обновляются регистром местоположения. После записи по новому адресу старые данные стираются.

ЦА обеспечивает возможность проведения процедуры аутентификации абонентов и шифрование передаваемых сообщений.

РИО содержит сведения об эксплуатируемых мобильных станциях на предмет исправности и санкционированного использования.

Цель внедрения этих процедур – обеспечение защиты абонентов от попыток обмана, несанкционированных действий, попыток захвата.

Идентификация оборудования – это процедура отождествления мобильной станции, претендующей на услуги связи с одной из множества

зарегистрированных станций в центре коммутации мобильной связи. Процедура идентификации позволяет сети узнать статус этой мобильной станции, то есть перечень предоставляемых услуг, уровень приоритета в получении доступа и т.п. В системе стандарта GSM в регистре идентификации имеется три списка: белый, серый, чёрный. Серый список – это телефоны, у которых не урегулированы вопросы с сетью, есть задолженность по оплате. Чёрный список – это телефоны украденные, незаконно размноженные.

ЦУО – центр управления и обслуживания.

Кроме того, имеется ЦУС – центр управления сетью, который позволяет обеспечить иерархическое управление всей сетью GSM, диспетчерское управление, контроль трафика, предотвращение аварийных ситуаций при перегрузке, контроль региональных проблем, контроль маршрутов сигнализации.

2.1.2. Радиочастотный блок сотового телефона Nokia 5110

В состав радиочастотного блока входит приемник, передатчик и синтезатор частоты (рис. 2.2).

Приемник является супергетеродинным приемным устройством с двойным преобразованием частоты. Принятый радиочастотный сигнал от антенны WA проходит через фильтр Z1 к малошумящему усилителю (МШУ) A1 в тракте ВЧ. Регулировка усиления производится под управлением сигнала $U_{упр}$ из процессора. Усиление в МШУ подвергается регулированию, когда уровень радиосигнала на входе составляет – 45 дБм и выше. После прохождения МШУ сигнал подается на полосовой ПАВ фильтр Z3. Отмеченные фильтры обеспечивают блокирование мешающих внеполосных сигналов и соответствующую избирательность по соседнему каналу.

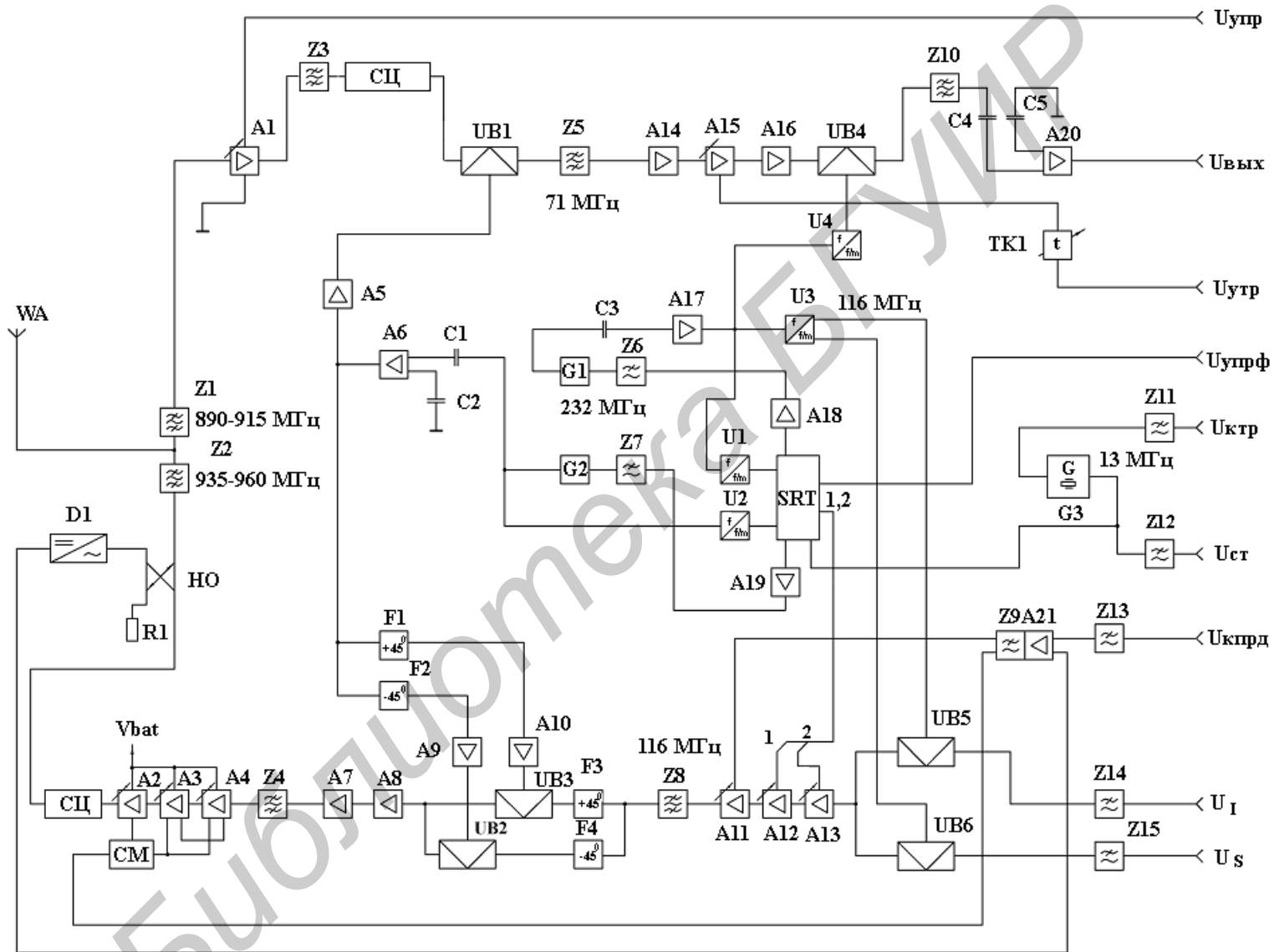


Рис. 2.2. Структурная схема радиочастотного блока сотового телефона Nokia 5110

Отфильтрованный сигнал затем через согласующую цепь (СЦ) поступает в смеситель UB1 и преобразуется в частоту 71 МГц, которая является первой промежуточной частотой. Поскольку это активный смеситель, он также усиливает сигнал промежуточной частоты. Сигнал гетеродина для смесителя формируется синтезатором частоты и подается на него через усилители А5 и А6. Сигнал промежуточной частоты фильтруется избирательным ПАВ фильтром Z5. Фильтр промежуточной частоты обеспечивает селективность для каналов при отстройке частоты больше чем ± 200 кГц. Также он подавляет зеркальную частоту второго смесителя и сигналы взаимной модуляции.

Следующий элемент в цепи приемника – усилитель с автоматической регулировкой усиления (АРУ) (каскады А14, А15 и А16). Они интегрированы в соответствующую интегральную схему. Управляющее напряжение для АРУ (сигнал $U_{\text{упр}}$) формируется в цифроаналоговом преобразователе (ЦАП), в схеме обработки и преобразования. АРУ обеспечивает точный диапазон контроля усиления (минимальная величина приблизительно 60 дБ) для приемника. После схемы АРУ содержится второй смеситель UB4, который формирует вторую промежуточную частоту 13 МГц. Сигнал гетеродина образуется при делении частоты, и, таким образом, частота гетеродина для этого преобразователя составляет 58 МГц.

Второй фильтр промежуточной частоты – керамический фильтр Z10, настроенный на частоту 13 МГц. Он обеспечивает избирательность по соседним каналам. После фильтра 13 МГц расположен буферный усилитель А20 для сигнала промежуточной частоты. Далее сигнал подается в схему АЦП. Буферный каскад А20 имеет коэффициент усиления 36 дБ.

Передачик состоит из IQ-модулятора, смесителя, усилителя мощности и петли управления усилением. I- и Q-сигналы вырабатываются в тракте обработки низкочастотных сигналов. После фильтрации в фильтрах Z14 и Z15 они поступают в IQ-модулятор (устройства UB5 и UB6). Таким образом формируется необходимый вид цифровой манипуляции –

гауссовская частотная манипуляция с минимальным сдвигом (GMSK). Значение промежуточной частоты составляет 116 МГц. После этого сигнал усиливается в каскадах А11, А12, А13 и фильтруется в фильтре Z8 для преобразования в конечную частоту тракта передачи. Выходной смеситель образован на элементах UB2 и UB3. В схему также интегрированы фазовращатели F1...F4, которые помимо формирования необходимого сдвига фазы, обеспечивают также подавление помех зеркальной частоты. Сигнал гетеродина, необходимый для преобразования, сформирован синтезатором частоты и подается через буферные усилители А9 и А10.

Следующий каскад – межкаскадный фильтр Z4, который подавляет нежелательные сигналы от преобразователя частоты, главным образом это сигналы гетеродина и зеркальной частоты преобразователя частоты. Этот фильтр также выполнен по ПАВ-технологии.

Окончательное усиление реализуется выходным усилителем мощности, реализованным в виде ММИС (монолитная СВЧ интегральная схема) – каскады А2, А3, А4, на которых формируется напряжение смещения с помощью каскад СМ. Через каскад СМ подается также сигнал регулировки коэффициента усиления с петлей контроля. Усилитель имеет коэффициент усиления 35 дБ, максимальная выходная мощность составляет 0,8 Вт. Диапазон управления усилением – более чем 35 дБ. Гармоники полезного сигнала отфильтровываются согласующей цепью (СЦ) и фильтром Z2. Схема контроля усиления состоит из датчика мощности на выходе усилителя и усилителя ошибки в схеме промежуточной частоты. На выходе усилителя мощности включен направленный ответвитель (НО). От него ответвляется сигнал, который далее выпрямляется с помощью диода Шоттки (D1), фильтруется и преобразуется в сигнал постоянного тока. Этот сигнал сравнивается в усилителе ошибки А21 с напряжением, которое подается через фильтр Z13. Замкнутый управляющий контур линейно отслеживает выходное напряжение. Сигнал с выхода фильтра Z9 имеет приподнятую

косинусную форму (функция $\cos x$), которая уменьшает переходные процессы при пульсациях сигнала.

Синтезатор частоты содержит два генератора, управляемых напряжением (ГУН) – G1 и G2. Это стабилизированные генераторы частоты, которые связаны с системой ФАПЧ. Система ФАПЧ управляется напряжением с кварцевого генератора G, имеющего температурную компенсацию. Учёт температуры осуществляется подачей сигнала АПЧ – напряжением, которое генерируется трактом обработки сигналов с помощью 11-битного ЦАП в схеме обработки и преобразования.

Схема ФАПЧ содержит делители частоты U1...U4, петлевые фильтры Z6, Z7, развязывающие усилители A18, A19, модуль SRT, содержащий фазовый детектор и ряд других каскадов.

Фазовый детектор сравнивает внешний опорный сигнал с сигналом, полученным с делителя частоты. Выход фазового детектора связан с генератором подкачки заряда, который заряжает или разряжает интегрирующий конденсатор в петлевом фильтре в зависимости от фазы измеренной частоты, сравненной с частотой делителя. Петлевой фильтр отфильтровывает пульсации и формирует напряжение, чтобы управлять частотой ГУН. Петлевой фильтр определяет переходную характеристику ФАПЧ (время установления) и стабилизирует форму характеристики. Сигнал частотой 200 кГц является опорной частотой для фазового детектора.

2.2. Порядок выполнения работы

1. Подключить телефон с помощью специального кабеля к разъёму COM1 персонального компьютера.
2. Включить сотовый телефон Nokia 5110, компьютер, вольтметр ВЗ-43. При загрузке компьютера выбрать оболочку Windows 98. Войти в программу **WinTesla**. При появлении загрузочных таблиц нажимать **ESC**, а затем **Enter (OK)**.

3. В меню **Product** войти в опцию **Open**. В таблице, которая появляется после этого, выбрать модель телефона NSE-1 и нажать **OK**. Проанализировать две таблицы **Quick Info** и **Phone Identity Information**, которые появляются после этого. Переписать наиболее существенную информацию, которая касается телефона: серийный номер (Serial Number), производственный серийный номер (Production Serial Number), базовый производственный код (Basic Production Code) и др. Закрыть таблицу, нажав **Close**.

4. В меню **Testing** выбрать опцию **RF Controls**. Провести проверку работы передающего тракта телефона. Соединить разъём подключения внешней антенны, расположенный на обратной стороне корпуса телефона, с помощью кабеля со входом вольтметра ВЗ-43. Активизировать в окне **Active Unit** поле **TX**. Определить диапазон изменения выходной мощности передающего тракта. Если исследуется телефон диапазона 1800 МГц, в окне **Channel** поставить номер 512, записать значение частоты настройки радиопередающего тракта. Открыть окно **TX Power Level**, поставить значение уровня выходной мощности, равное 0. Активизировать поле **Apply** в окне управления телефона. В дальнейшем при установке любых численных значений параметров телефона, задаваемых диалоговым окном на экране компьютера, обязательно нажимать опцию **Apply**. Измерить величину напряжения с помощью вольтметра ВЗ-43. Рассчитать величину средней мощности на выходе передающего тракта телефона при условии, что нагрузочное сопротивление равно 50 Ом. Аналогичные измерения и расчёты проделать и для других значений уровня выходного сигнала телефона в окне **TX Power Level**. Построить зависимость выходной мощности телефона от значения уровня выходного сигнала телефона в окне **TX Power Level**.

Если исследуется телефон диапазона 900 МГц, в окне **Channel** поставить номер 1 и проделать операции, аналогичные тем, что описаны выше.

5. Исследовать диапазон перестройки частоты передатчика телефона. Для телефона диапазона 1800 МГц в окне **Channel** поставить сначала номер 512, записать значение частоты, а затем номер 885 и также записать значение частоты. Сверить полученные значения частоты с нормативными для стандарта GSM. Исследовать зависимость выходной мощности телефона от частоты, изменяя номер канала настройки от минимального до максимального (через значение 10). Данные записать в отчёт, построить зависимость, сделать выводы.

Если исследуется телефон диапазона 900 МГц, в окне **Channel** поставить сначала номер 1 и записать значение частоты, а затем номер 124 и также записать значение частоты, сверяя их с нормативными. Исследовать зависимость выходной мощности телефона от частоты, изменяя номер канала настройки от минимального до максимального (через значение 10). Данные записать в отчёт, построить зависимость, сделать выводы.

Вид и тип тестовой последовательности цифровых данных, которые передаются по телефону, может быть изменен. Обозначение **RAND**, соответствует числовой последовательности, которая состоит из случайной комбинации передаваемых значений 0 и 1, а при включении **Cont0**, **Cont1** – передаются последовательности, состоящие полностью соответственно из значений 0 и 1. Закрывать таблицу, нажав **Close**.

6. Провести проверку работы приёмного тракта телефона. Активизировать в окне **Active Unit** поле **RX**. Установить импульсный режим работы. Для этого в окне **Operation Mode** активизировать поле **Burst**. Исследовать диапазон работы приёмного тракта. Если подключен телефон диапазона 1800 МГц, в окне **Channel** поставить крайние номера каналов этого диапазона, записать значения номеров каналов и частот. Установить непрерывный режим работы. Для этого в окне **Operation Mode** активизировать поле **Continuos**. Определить диапазон изменения сигнала автоматической регулировки уровня по значениям окна **AGC Absolute** (абсолютные значения уровня), а затем записать величину этого сигнала,

выраженную в децибелах, по окну **AGC**. Определить диапазон изменения сигнала **AFC** (абсолютные значения уровня), который контролирует частоту задающего генератора 13 МГц.

Если исследуется телефон диапазона 900 МГц, проделать аналогичные операции при соответствующих номерах каналов. Данные записать в отчет. Закрывать таблицу, нажав опцию **Close**.

7. Проверить уровень тестового сигнала, который измеряет цифровой сигнальный процессор после аналого-цифрового преобразования и цифровой фильтрации. В меню **Testing** выбрать опцию **RSSI Value**. Записать уровень сигнала в децибелах по мощности (дБм). Закрывать таблицу, нажав **Close**.

8. Проверить работу звукового тракта телефона. В меню **Testing** выбрать опцию **Audio**. Активизировать в окне **Busser** поле **Volume On**. Установить уровень звучания сигнала 20 и частоту 1000 Гц. Для этого установить опции **Level** – в положение 20, а опцию **Frequency** – в положение 1000 Гц. Прослушать воспроизводимый звуковой сигнал частотой 1000 Гц. Закрывать таблицу, нажав **Close**.

9. Проверить работу дисплея телефона. В меню **Testing** выбрать опцию **User Interface Test**. Активизировать в окне **LCD Test Displays** сначала **1 Test Pattern**, а затем **2 Test Pattern**. Наблюдать засветку матрицы светодиодов, используемых в конструкции дисплея, во время первого и второго теста. Закрывать таблицу, нажав **Close**.

10. Проверить цепи питания телефона. В меню **Testing** выбрать опцию **ADC Reading**. Переписать значения параметров: величину напряжения и температуру батареи и другие параметры из таблицы. Сделать выводы. Закрывать таблицу, нажав **Close**.

11. Исследовать спектр выходного сигнала с помощью анализатора спектра С4-27. Включить тумблеры **Сеть** на анализаторе спектра промежуточной частоты (п.ч.) С4-17 и блоке СВЧ С4-27. Проверить установку ручек и тумблеров на анализаторе спектра п.ч. С4-17: постоянная времени – **0,03 s**; развертка – **0,1 s**; вертикальный масштаб – **лог.**; обзор – **2...80 МГц**;

усиление – в среднем положении; полоса пропускания – **3...70 МГц**; **синхронизация 50 Hz** – включена. Проверить установку ручек и тумблеров на блоке СВЧ С4-27: **диапазон GHz – 0,01–1,9 GHz**; **синхронизация** – в нижнем положении; **ослабление** – в среднем положении. Подключить ко входу **0,01–1,9 GHz** блока СВЧ С4-27 соединительный кабель, второй, неэкранированный конец которого разместить рядом с корпусом сотового телефона. Вращая ручку **Настройка** на блоке СВЧ С4-27, перейти в диапазон работы передающего тракта сотового телефона и осуществить поиск выходного сигнала передатчика. Ручками **Обзор** (грубо и точно) получить приемлемую для анализа форму наблюдаемого сигнала. Зарисовать форму сигнала с экрана анализатора спектра. Изменить тип тестовой последовательности данных, которые передаются по телефону. Вместо установки последовательности **Cont1** поставить последовательность **RAND**. Зарисовать форму сигнала на экране анализатора спектра, сделать выводы.

12. Исследовать скачки частоты выходного сигнала с помощью анализатора спектра С4-27. Для этого вблизи соединительного кабеля, присоединенного к блоку СВЧ С4-27 вместо телефона Nokia 5110, поместить другой включенный телефон с SIM-картой. Перевести этот телефон в режим передачи сообщений, например передать любое текстовое сообщение другому абоненту. На время передачи сообщения наблюдать изменение формы сигнала (скачки частоты) на экране анализатора спектра С4-27. Положение ручки **Настройка** на блоке СВЧ С4-27 должно соответствовать диапазону работы сотового телефона с SIM-картой (900 или 1800 МГц). Сделать выводы.

13. Выйти из программы **WinTesla**, выключить сотовый телефон, вольтметр ВЗ-43 и компьютер.

2.3. Содержание отчета

1. Основные характеристики и параметры стандарта сотовой связи GSM.
2. Экспериментальные данные по всем пунктам.
3. Структурная схема сети GSM.
4. Выводы по проделанной работе.

2.4. Контрольные вопросы

1. Назовите основные характеристики и параметры стандарта сотовой связи GSM.
2. Конструкция и состав оборудования радиочастотного блока сотового телефона Nokia 5110.
3. Особенности прохождения сигналов в тракте передачи.
4. Особенности прохождения сигналов в тракте приёма.

Литература

1. Системы мобильной связи : учеб. пособие / В. П. Ипатов и [др.]. – М. : Горячая линия – Телеком, 2003. – 272 с.
2. Быховский, М. А. Частотное планирование сотовых сетей подвижной радиосвязи / М. А. Быховский // Электросвязь. – 1993. – №8.
3. Громаков, Ю. А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи / Ю. А. Громаков. – М. : Эко-Трендз, 1998.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ RS4000

Цель: изучить оборудование базовой станции RS4000 стандарта NMT

Задания:

1. Изучить устройство, особенности функционирования базовой станции RS4000.
2. Произвести измерения характеристик и параметров оборудования базовой станции RS4000.
3. Дать анализ полученных результатов в выводах по работе.

3.1. Краткие теоретические сведения

3.1.1. Основные характеристики и параметры стандарта сотовой связи NMT-450 (NMT-900)

Базовая станция (BS) в системе подвижной сотовой связи (СПСС) стандартов NMT-450 (NMT-900) выполняет роль интерфейса, обеспечивающего стык между мобильными станциями (MS) и центром коммутации подвижной связи МТХ (ЦКПС) (см. рис. 1.1). Аналоговые СПСС NMT-450 (NMT-900) принадлежат к первому поколению сотовых систем. Каждая BS обеспечивает обслуживание группы MS, находящихся в ее зоне электромагнитного покрытия, поэтому основной функцией BS является ретрансляция сигналов (сообщений) от MS к коммутационному центру и обратно. Требование ретрансляции сообщений одновременно от нескольких MS обуславливает необходимость наличия в BS нескольких дуплексных радиоканалов.

Таким образом BS, представляет собой многоканальную автоматизированную радиостанцию (радиоретранслятор), управляемую коммутационным центром мобильной системы.

В современных условиях аналоговые ССПС уступают место цифровым ССПС, что связано с присутствием у них недостатков, главные из которых – несовместимость стандартов; ограниченная зона действия; низкое качество связи; отсутствие засекречивания передаваемых сообщений и взаимодействия с цифровыми сетями с интеграцией служб (ISDN) и пакетной передачи данных (PDN). Сравнительные характеристики систем сотовой связи основных используемых стандартов представлены в табл. 1.1.

3.1.2. Конструкция, особенности исполнения и основные характеристики базовой станции RS4000

Внешний вид и особенности конструктивного исполнения базовой станции RS4000 показаны на рис. 3.1.

Основными узлами и устройствами базовой станции RS4000 являются:

- приёмопередающие блоки (CTR);
- устройства объединения ВЧ-каналов передачи (комбайнеры);
- блоки общего назначения;
- блоки питания (PCU 48DC).

Блоки общего назначения следующие:

- блок приёмного усилителя (RXA);
- блок контроля по радиочастоте (RFTL);
- опорный генератор (PCM-REFO);
- центральный контрольный блок (CCU);
- блок контроля линии (LMU);
- блок контроля вентиляторов (FIU);
- блок контроля интерфейса (LIU).

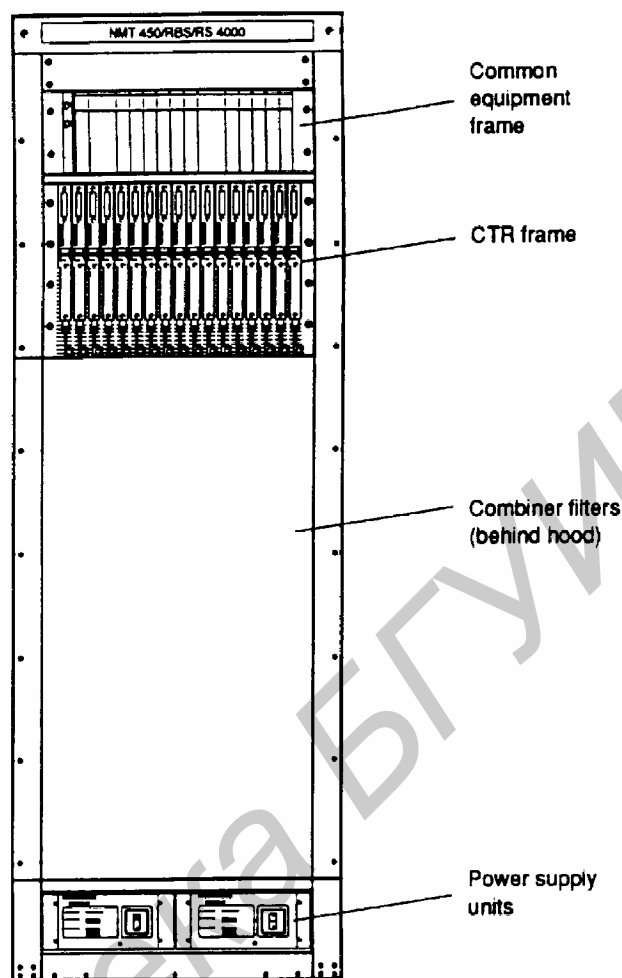


Рис. 3.1. Внешний вид и особенности конструктивного исполнения базовой станции RS4000

В составе одной стойки содержатся 16 приёмопередающих блоков (CTR) и один блок для измерения уровня сигналов (SR). Каждый приёмопередающий блок содержит передатчик, приёмник и цепи прохождения контрольных сигналов (рис. 3.2, 3.3, 3.4). Устройства объединения ВЧ-каналов передачи (комбайнеры) позволяют работать одновременно нескольким приёмопередатчикам на одну антенну. Работа этих устройств основана на использовании двух полосовых фильтров, которые могут настраиваться на центральные частоты трактов передачи (TXBP) и приёма (RXBP) одного из каналов согласно плану частот стандарта NMT. Для подачи питания на все

блоки и устройства базовой станции используются два блока питания (PCU 48DC), расположенные в нижней части стойки.

Особенности прохождения информации в тракте передачи отражает структурная схема, показанная на рис. 3.2. Сигналы из центра коммутации МТХ через блок LIU подаются на вход приёмопередающего блока СТР. Служебная информация, необходимая для работы базовой станции, обрабатывается соответствующими устройствами. Информация, необходимая для передачи на мобильные станции, подвергается преобразованию и переносу на соответствующую несущую передатчика. После усиления до необходимого уровня сигнал проходит через фильтр устройства объединения (FCOMB). Для уменьшения интермодуляционных искажений и снижения уровня шума в приёмных трактах сигнал дополнительно пропускается через фильтр передатчика (TXBP).

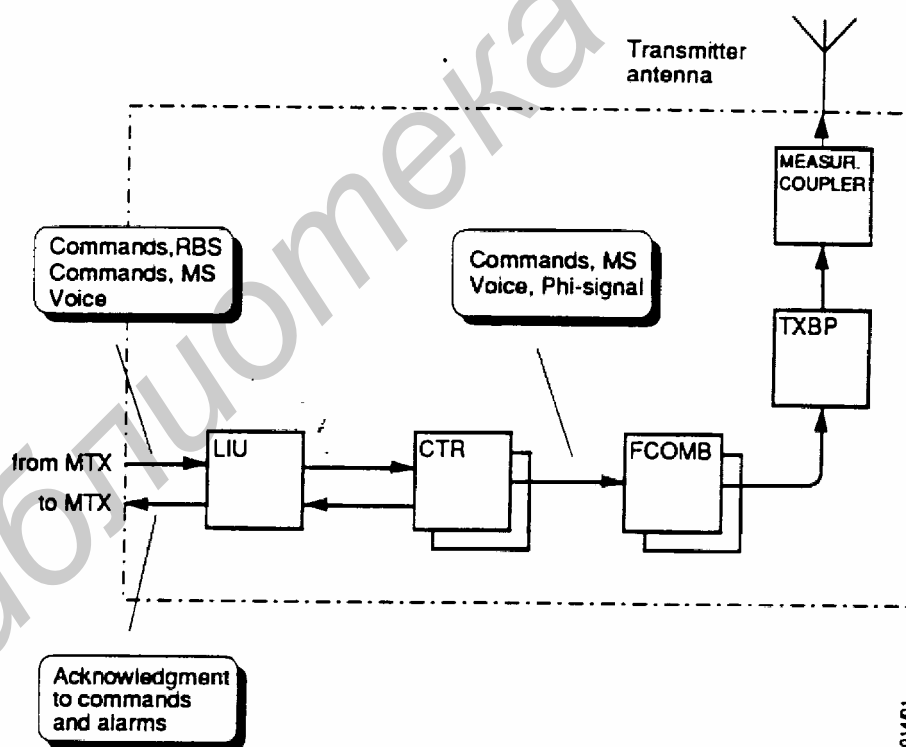


Рис. 3.2. Особенности построения тракта передачи

Далее располагаются два направленных ответвителя, которые используются для контроля прохождения сигнала в антенну. Один из направленных ответвителей позволяет измерить уровень падающей мощности, а второй – уровень отраженной мощности.

Особенности прохождения информации в тракте приёма отражает структурная схема, показанная на рис. 3.3. Сигнал, принимаемый приемной антенной, проходит через приёмный полосовой фильтр RXBP и далее поступает на усилитель приёмника RXA. После приёмника располагается делитель DIV, который распределяет принимаемые сигналы на входы приёмников всех блоков CTR. Приёмник блока CTR построен по схеме супергетеродинного приёмника с двойным преобразованием частоты. Далее преобразованный сигнал низкочастотного диапазона через блок LIU передаётся в центр коммутации сообщений MTX.

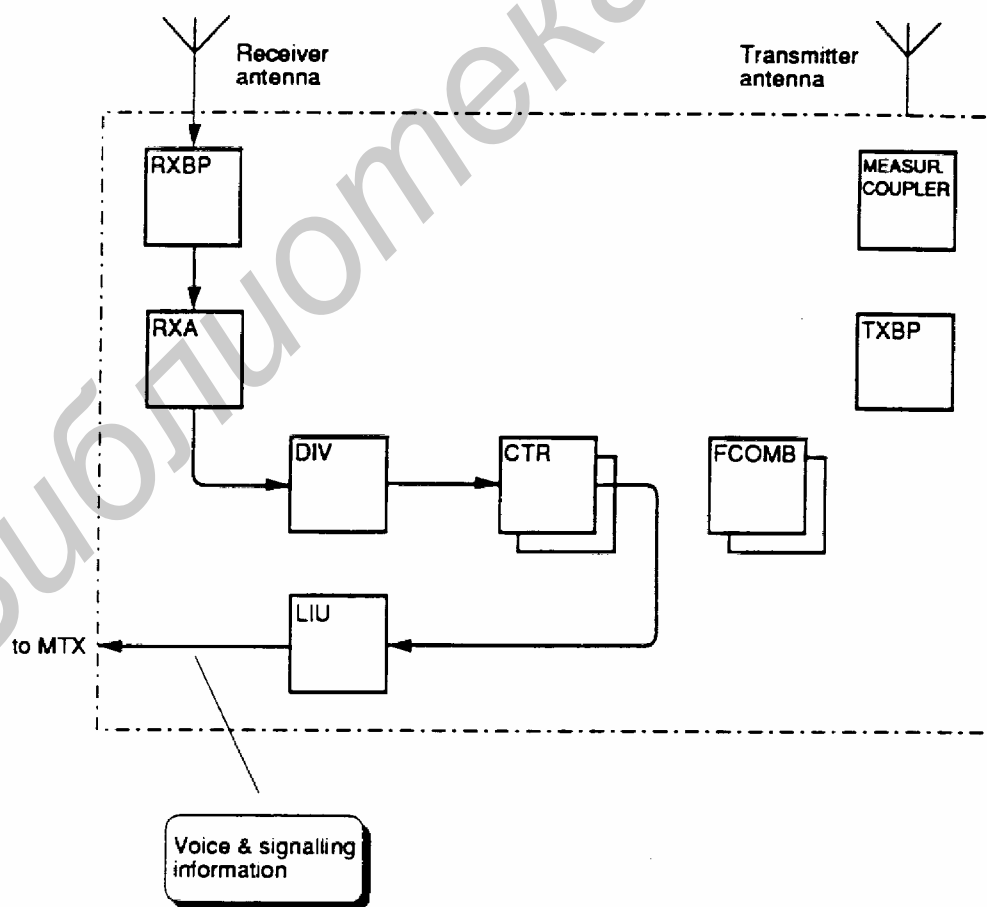


Рис. 3.3. Особенности построения тракта приёма

Для контроля прохождения сигнала к мобильной станции используется формирование и обработка специального измерительного аналогового сигнала (phi-tone – фи-тоновый сигнал). Во время прохождения вызова центр коммутации заставляет соответствующий приёмопередающий блок сформировать этот измерительный сигнал и добавить его к речевому сигналу перед проведением модуляции в выходных каскадах (см. рис. 3.4). Значение измерительного сигнала выбирается из четырёх значений: 3955, 3985, 4015, 4045 Гц. На входе приёмника RXA принимается речевой сигнал от мобильной станции с содержащимся в нем измерительным сигналом. Приёмопередающий блок оценивает отношение сигнал-шум (S/N) и формирует один из двух информационных сигналов: **25A(7) sent to MTX(ASS)** и **25A(8) sent to MTX** в зависимости от полученного значения.

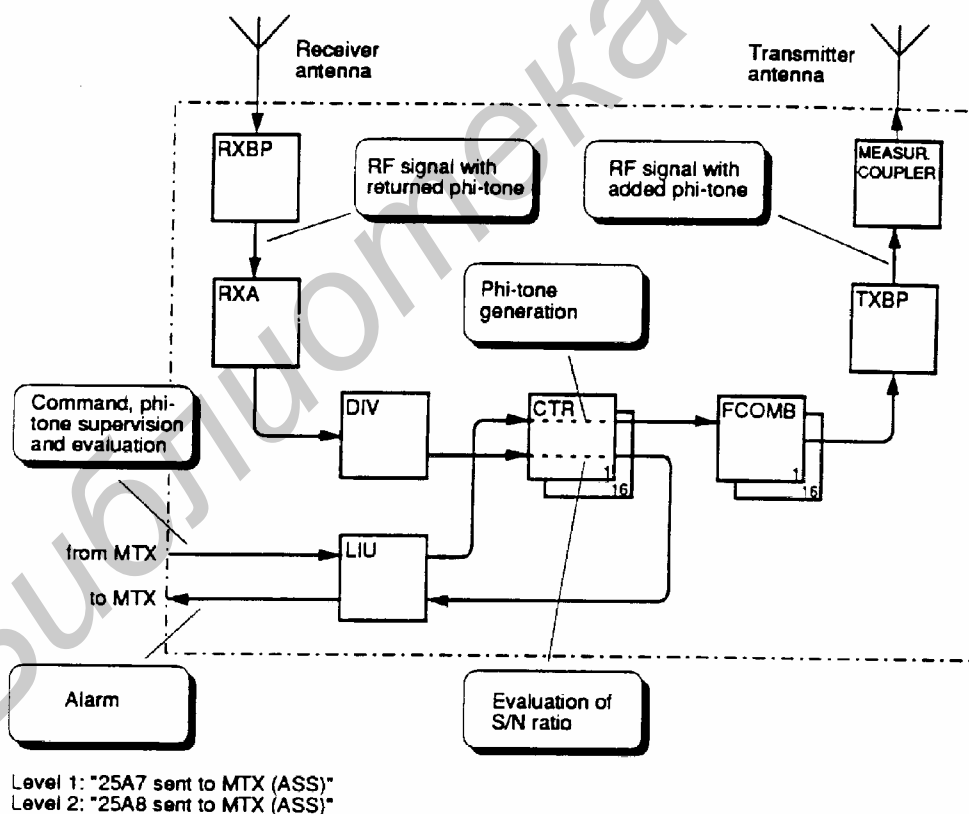


Рис. 3.4. Схема прохождения контрольных сигналов

Эти сигналы соответствуют диапазонам значения сигнал-шум +10 ... +40 дБ, для первого сигнала, и -5 ...+10 дБ, для второго сигнала. Далее они передаются в центр коммутации сообщений для принятия решения о проведении процедуры эстафетной передачи (хэндовера).

Для измерения уровней принимаемых сигналов к блокам CTR добавляется один блок SR, имеющий такую же конструкцию, как и блок CTR. Этот блок выполняет измерение уровня сигнала по команде из центра коммутации сообщений. Результаты измерений используются при необходимости для регулировки уровня мощности выходного сигнала передатчика соответствующего приёмопередающего блока CTR.

3.1.3. Структурная схема и особенности работы приёмопередающего блока CTR

Приёмопередающий блок CTR предназначен для обработки (усиления, преобразования, модуляции, демодуляции и т.д.) как речевых, так и служебных сигналов, поступающих от мобильной станции и центра коммутации мобильной связи MTX. Он состоит из трёх модулей: приёмо-передающего модуля (RX/TX board), контрольного модуля и модуля обработки низкочастотных звуковых сигналов (CU/AF board) и модуля питания и мощного усилителя передатчика (PA board) (рис. 3.5).

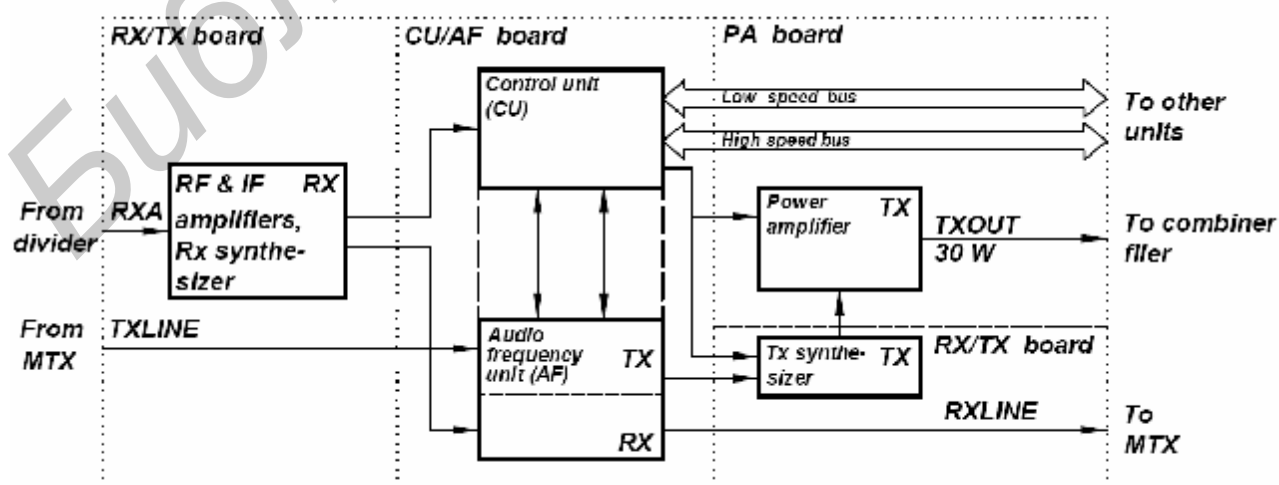


Рис. 3.5. Структурная схема приёмопередающего блока CTR

Приёмный тракт содержит малошумящий усилитель с коэффициентом шума $NF = 2$ дБ и коэффициентом усиления $K_1 = 13$ дБ, преобразователь частоты, формирующий сигнал первой промежуточной частоты, равный 71 МГц. Для получения этого сигнала на преобразователь частоты подается сигнал LO1 от синтезатора частоты (рис. 3.6, 3.7).

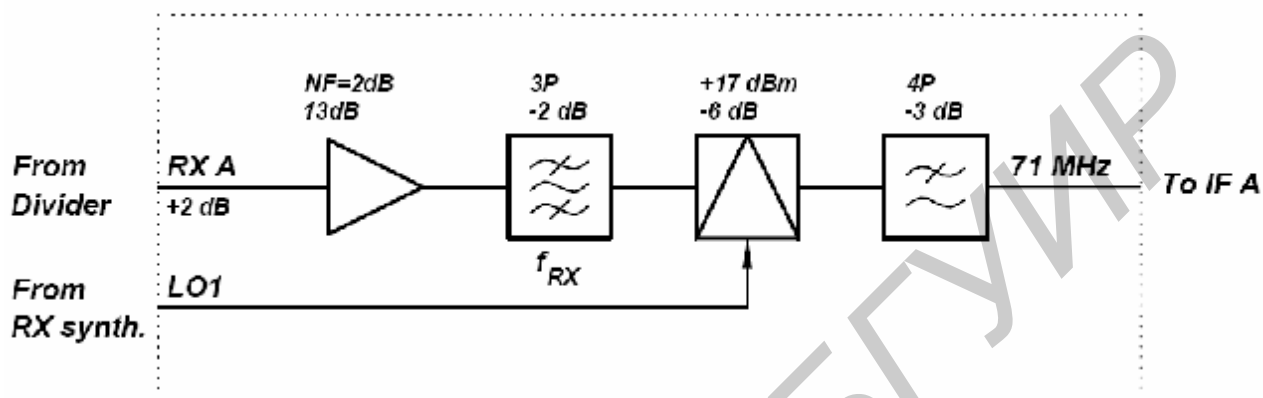


Рис. 3.6. Структурная схема первых каскадов приёмного тракта блока CTR

Синтезатор управляется сигналами ENCHR, RXCL (сигнал синхронизации), RCHD, которые передаются из контрольного модуля и модуля обработки низкочастотных звуковых сигналов CU/AF. Сигнал REFO поступает от опорного генератора, стабилизированного кварцевым резонатором. Сигналы RVCO, LO, RLOCK подаются в модуль CU.

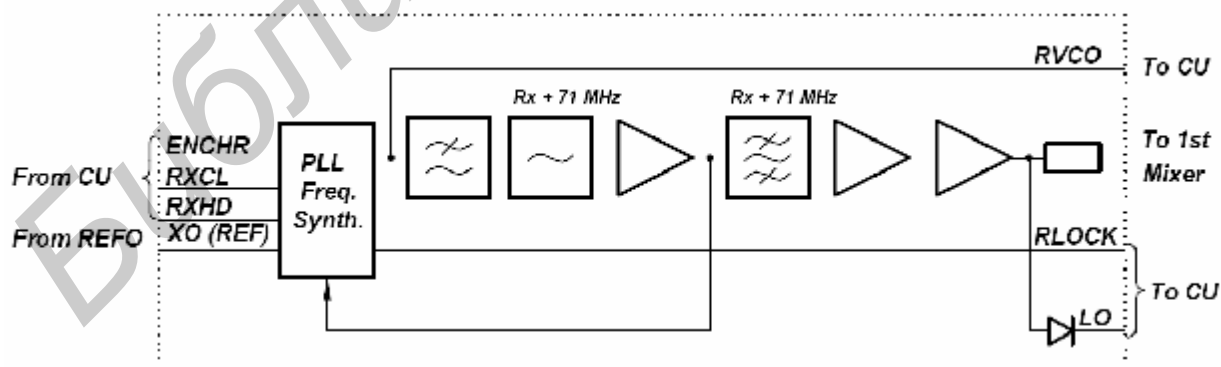


Рис. 3.7. Структурная схема синтезатора частоты приёмника

Дальнейшая обработка принимаемого сигнала производится в соответствии со схемой, показанной на рис. 3.8. Сигнал первой

промежуточной частоты проходит через усилитель промежуточной частоты с коэффициентом усиления 20 дБ, затем через регулируемый аттенюатор на р-и-п-диодах и подаётся на второй преобразователь частоты.

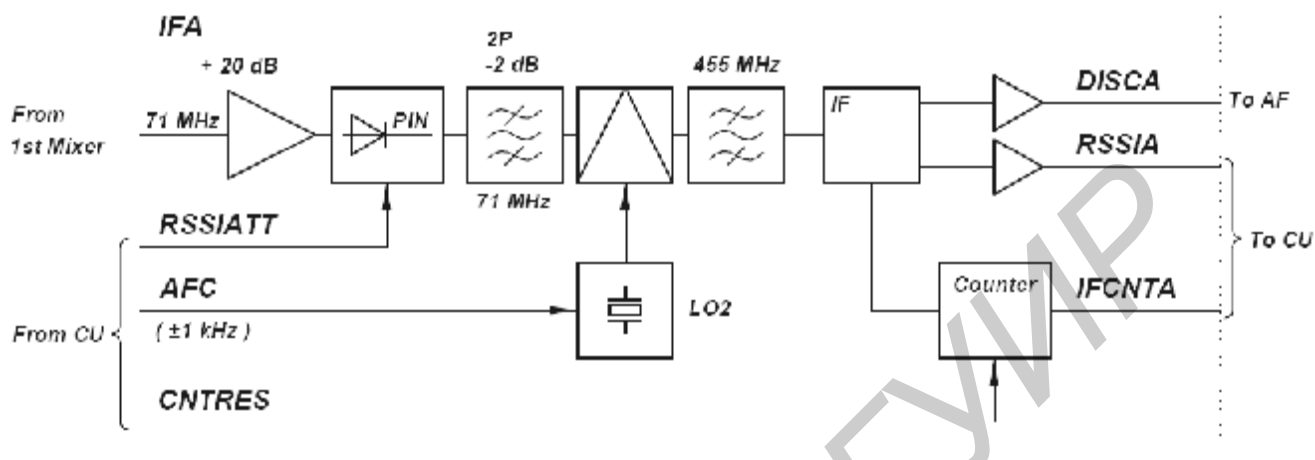


Рис. 3.8. Структурная схема приёмного тракта

На второй вход преобразователя частоты подаётся опорный сигнал со второго гетеродина LO2, стабилизированного кварцевым резонатором. Значение второй промежуточной частоты составляет 455 кГц. Точность установки выходной частоты гетеродина LO2 составляет ± 1 кГц, и определяется сигналом AFC, поступающим из модуля управления CU. Полученный сигнал второй промежуточной частоты затем фильтруется, усиливается, ограничивается и детектируется. Формируются сигналы DISCA, который подается на схему обработки звуковых сигналов (модуль AF), и сигнал RSSIA, который используется в модуле CU для контроля уровня сигнала. Сигнал RSSIATT управляет работой электронного аттенюатора.

На рис. 3.9 показана схема модуля переключателя звуковых сигналов. Сигнал DISC A в этом модуле фильтруется, усиливается и подается на модуль CU в виде сигнала NDETA. Используя каскады переключателей, управляемых сигналами RXSEL и RXTEST, вместо канала тональной частоты можно ввести тестовый сигнал FIARX частотой 1 или 1,2 кГц. Сформированный таким образом сигнал DISK поступает на приёмник модуля обработки тональных сигналов AF.

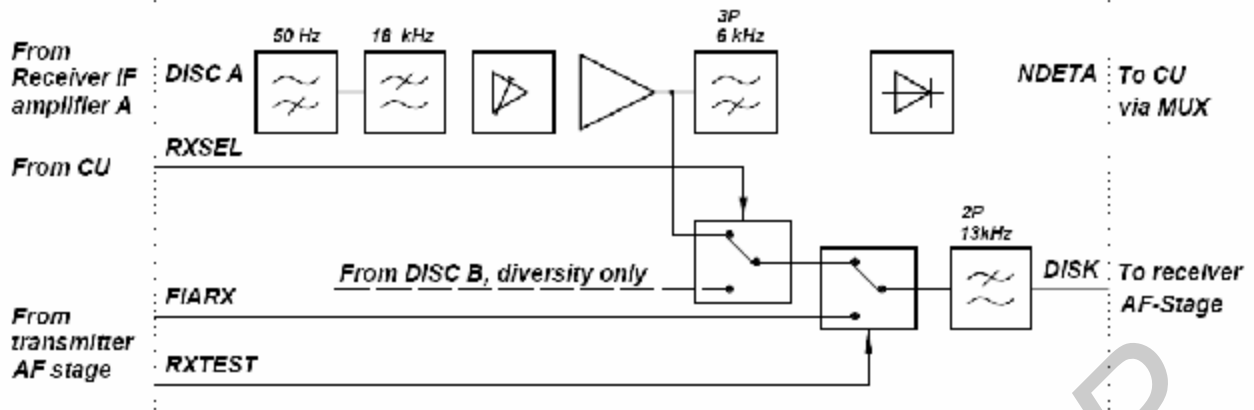


Рис. 3.9. Структурная схема модуля переключателя звуковых сигналов

На рис. 3.10 показана схема приёмника сигнала тональной частоты, расположенного в модуле CU/AF. Этот приёмник выполняет функции усиления, коммутации и обработки сигналов тональной частоты, имеющих как частотную модуляцию, так и цифровую модуляцию FFSK, которая используется при формировании служебных сигналов. Сигнал тональных частот выделяется полосовым фильтром, проходит экспандер и через переключатель и регулируемый усилитель, контролируемый модулем CU, поступает на линейный выход (сигнал RXLINE). Сигналы RXDEV, RXLL, RXFI являются контрольными и поступают в модуль CU.

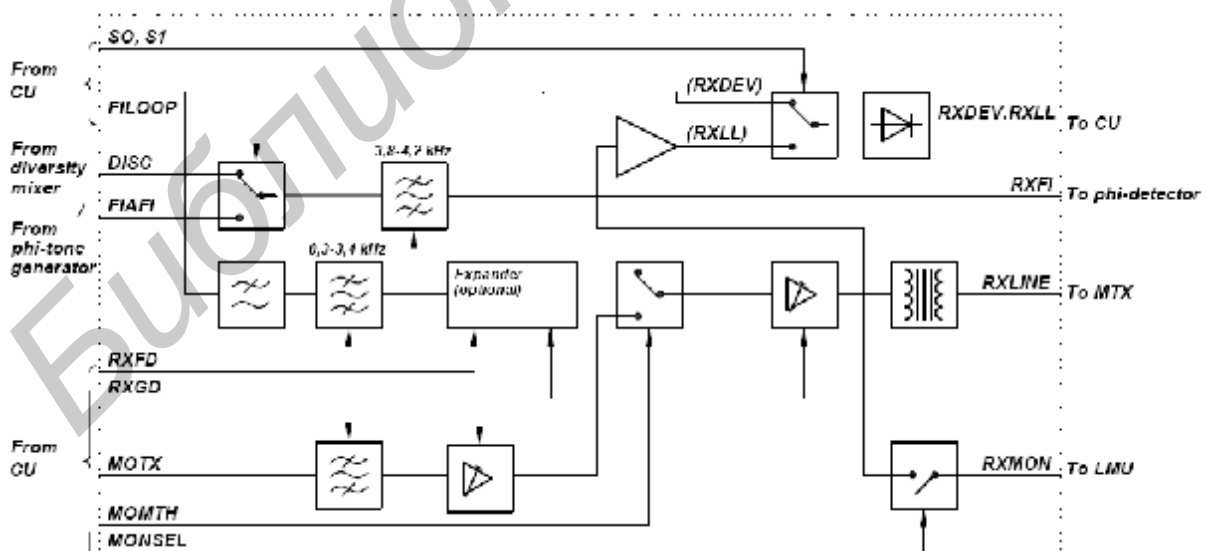


Рис. 3.10. Структурная схема приёмника сигнала тональной частоты

На рис. 3.11 показана схема обработки звуковых сигналов. Сигналы TXDEV и TXLL используются для контроля тракта передачи. Контрольные сигналы TXMOD и TXMON передаются в секции PA и LMU.

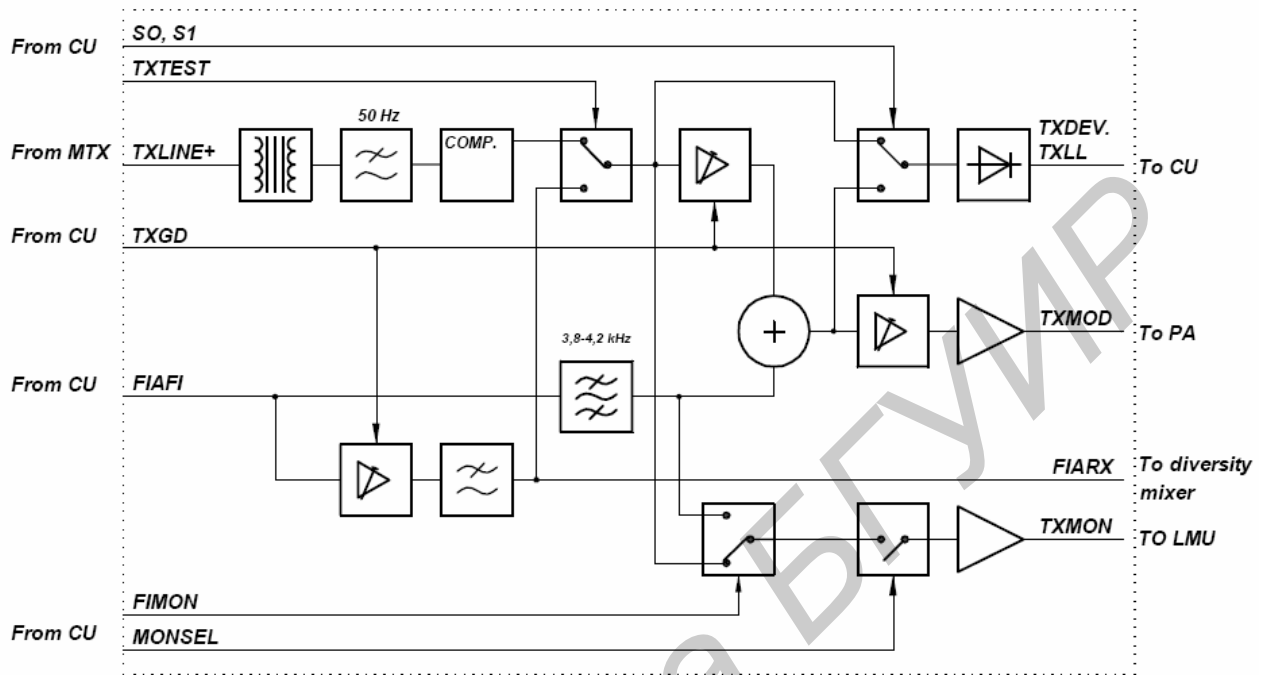


Рис. 3.11. Структурная схема цепей переключения

На схеме, представленной на рис. 3.12, показан синтезатор частоты, который используется в тракте передачи.

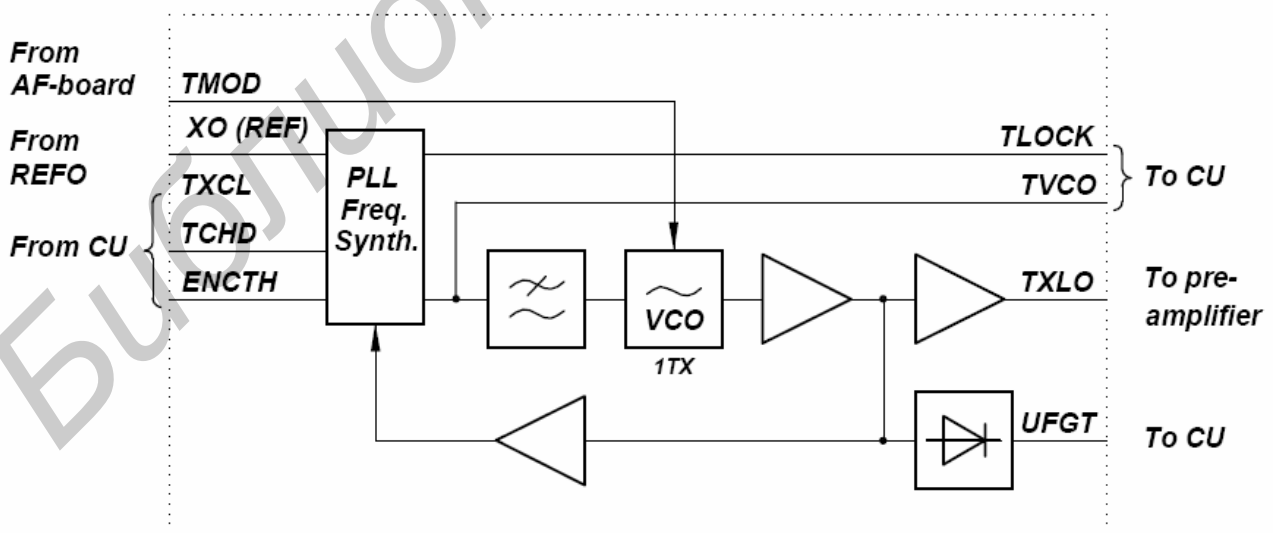


Рис. 3.12. Структурная схема синтезатора частоты

На рис. 3.13 представлена структурная схема передатчика. Входной сигнал проходит каскады линейного усилителя и усилителей, работающих в

режиме А. Далее сигнал подвергается частотной модуляции, усиливается и через полосовой фильтр подается на выход (сигнал TXOUT). Выходная мощность усилителя достигает 45 дБм (30 Вт) в полосе 460...470 МГц. Для контроля работы различных каскадов используются направленные ответвители, которые формируют контрольные сигналы (TEST, PR, PF, PDRV, TEMP), передаваемые в модуль CU.

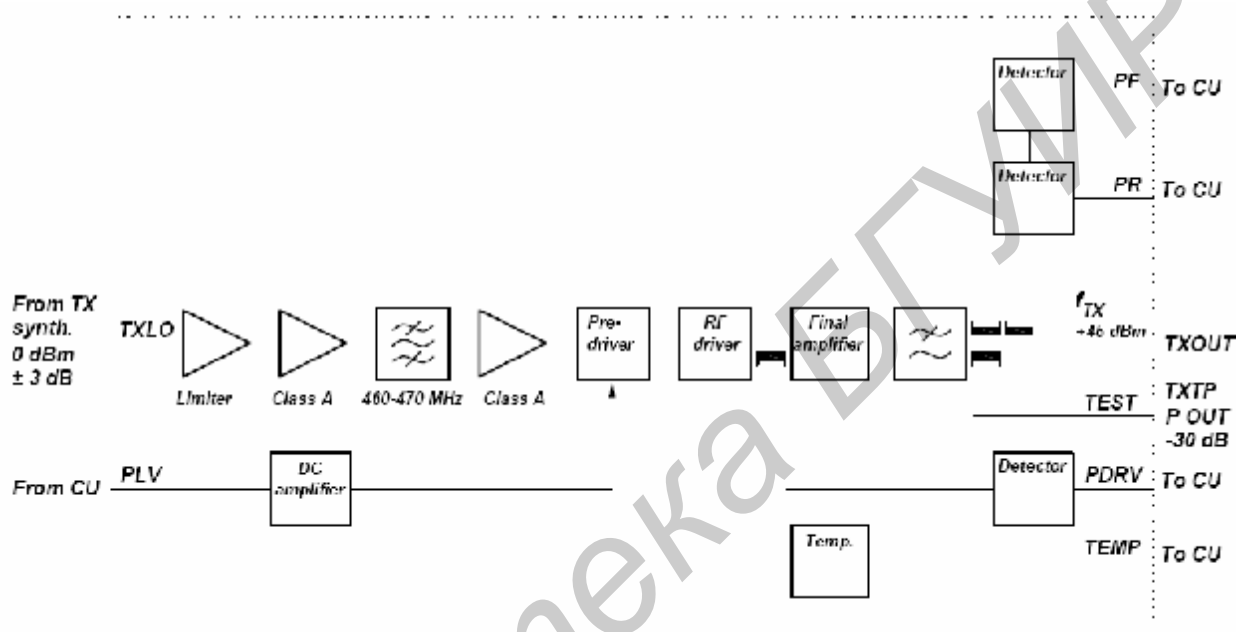


Рис. 3.13. Структурная схема передатчика

3.2. Порядок выполнения работы

1. Проверить подключение кабеля от разъема ОР блока ССУ (RS9226), расположенного в верхней части базовой станции RS4000, к разъему COM1 персонального компьютера.

2. Включить компьютер. Пароль пользователя при загрузке компьютера – 1. Дождаться загрузки операционной системы компьютера.

3. Подать питание на оборудование базовой станции, поставив тумблер **I-O** на блоке блока PCU 48DC в положение **I** (блок расположен внизу стойки слева). На рабочем поле активизировать программу **RS-OPPC.exe**. При появлении загрузочных таблиц везде нажимать **OK**. Появляется рабочее информационное окно **Connection type**. Нажать на

клавиатуре **OK**. Подождать появления информационного окна **Select unit**, не обращая внимания на появляющиеся временные сообщения (всего их четыре). Нажать на клавиатуре дважды **OK**, тем самым обеспечивая выбор блока 1 (**unit 1**) и стойки 0 (**cabinet 0**).

4. Дождаться появления окна главного меню **MAIN UNIT**. В этом меню выбрать опцию **Parameters/configuration**. Нажать на клавиатуре **OK**. В этом меню выбрать опцию **Cabinet specific parameter Block I**. Нажать на клавиатуре дважды **OK**. Проанализировать таблицу параметров и установок оборудования, которая появляется после этого. Переписать и проанализировать наиболее существенную информацию, которая касается режимов работы базовой станции и конкретного блока. В соответствующих разделах поля справа от названия параметра имеется возможность изменять параметр и значение режима. Установить значения низкого и высокого уровней сигнала. Для этого выбрать соответственно строки **Level low LL** и **Level high LH**, и в правом столбце набрать цифры - **4 dBmV** или **30 dBmV**. В строке **Time repetition 25(A7)** установить время появления этого сигнала - 60 с. В строке **Time RF blocking repetition 25(A7)** установить время – 1 минута. Проверить установки сигналов **Suppress RX antenna level 1** и **Suppress RX antenna level 2** в положение **OFF**. Установить уровни сигналов **RX antenna level 1** и **RX antenna level 2** в положение 2 дБ. Установить уровень сигнала к антенне **Power level to antenna** в положение 0,1 Вт. Выполненные измерения и значения установленных параметров отразить в отчёте к лабораторной работе.

5. Исследовать контрольные значения величин сигналов в тестовых точках приёмопередающего блока (обозначение **CTR**). Для этого из окна главного меню **MAIN UNIT** выбрать опцию **TEST POINT IN CTR**, далее ввести номер блока (1) и номер стойки (0). Проанализировать таблицу параметров и установок оборудования, которая появляется после этого. Определить и записать значения параметров выбранного приёмопередающего блока – **TXLL, TXLO, TEST, RXLL, RXA, TEMP, RXDEV,**

PDRV, AFC, RXFI, RSSIA. Для этого подвести курсор компьютера к обозначению этого параметра в таблице и двойным кратным нажатием клавиши мыши зафиксировать значение этого параметра на экране компьютера. Полное название параметра при этом на английском языке появляется в низу таблицы.

6. Исследовать характеристики блока **RXBP**, который обеспечивает выделение сигналов трактов приёма. Для этого подключить выход генераторного блока прибора X1-42 (X1-50) к разъёму **ANT** (антенна), расположенному в верхней части стойки справа, над линейкой общих блоков, а вход УПТ индикаторного блока – к разъёму **RX**, расположенному также в верхней части стойки.

Проверить установки тумблеров и переключателей приборов X1-42 или X1-50 (для измерений необходим один из приборов, который определяет преподаватель).

Для прибора X1-50:

должны быть нажаты следующие кнопки: **2, 1:1, + -, ВНУТР-ВНЕШ, ГКЧ-ОСЦИЛЛ.** Остальные кнопки должны быть отжаты и используются при необходимости.

Для прибора X1-42:

на генераторном блоке переключатель диапазона частот установить в положение **0,5–610 МГц**; переключатель **РУЧН МЕТКА** – в положение **F_{центр}** и **1**; переключатель **Период S** – в положение **0,02**; переключатель **ПОЛОСА** – в удобное для просмотра положение; переключатель **Режим** – в положение **НГ**; Переключатель **ВНУТР – НГ – АМ 100кГц – ВНЕШН** – в положение – **НГ**; переключатель **Уровень** – в положение **3 дБ**. Установить приблизительное значение частоты из диапазона работы тракта приёма базовой станции, контролируя показания по цифровому индикатору блока;

на индикаторном блоке установить тумблер **Остановка качания** в положение **АВТ**; переключатель **+ -** в положение **-**; переключатель **МЕТКИ МНz ВНЕШН** – в положение **1**. Ручкой **ПЛАВНО** добиться удобного и

устойчивого изображения АЧХ исследуемого блока на экране индикаторного блока. При необходимости для получения изображения АЧХ можно изменять настройки и генераторного блока.

При использовании прибора Х1-42 определить значения полос пропускания и заграждения приёмного фильтра. Зарисовать полученную характеристику этого блока. Для определения полосы пропускания по уровню – 3 дБ установить с помощью аттенюатора значение затухания 6 дБ, т.е. ввести дополнительное затухание в 3 дБ относительно уровня 3 дБ, которые первоначально были установлены на аттенюаторе генераторного блока. Совместить вершину полученной характеристики АЧХ с измерительной линией первого усилителя постоянного тока (УПТ1) (измерительная линия отличается от других линий, наблюдаемых на экране индикаторного блока, наличием меток с частотой 1 МГц). Вернуться обратно к уровню ослабления в 3 дБ. Определить полосу пропускания приёмного фильтра, подсчитав количество меток значением 1 МГц, которые располагаются на пересечении характеристик АЧХ и измерительной линии. Аналогично определить полосу заграждения приёмного фильтра, вводя дополнительное ослабление величиной 10 дБ, относительно первоначального уровня в 3 дБ. Проанализировать полученное значение полосы пропускания, сравнив его с нормативными данными стандарта NMT-450.

При использовании прибора Х1-50 включить прибор, нажав тублер **Сеть** на передней панели прибора. На индикаторе проконтролировать, а при необходимости установить, значение частоты сигнала, нажав кнопку **Счёт** и вращая ручку **FÑ** на передней панели прибора. При этом значение частоты, полученное на цифровом индикаторе, будет соответствовать светящей точке на просматриваемой характеристике, наблюдаемой на экране электронно-лучевой трубки. При необходимости откорректировать положение полученной характеристики ручками - или « . Зарисовать и исследовать амплитудно-частотную характеристику этого блока. Отметить значения частоты, где уровень сигнала уменьшается до условного нулевого уровня

прибора. Проанализировать полученное значение полосы пропускания, сравнив его с нормативными данными стандарта NMT-450.

7. Определить значения полос пропускания и заграждения передающего фильтра. Измерения по этому пункту проводятся при отключенном питании базовой станции (тумблер **I-O** на блоках блока PCU 48DC должен быть установлен в положение **O**) для исключения нежелательного излучения в окружающее пространство и воздействия на персонал в диапазоне 450 МГц. Для проведения измерений подключить выход генераторного блока прибора X1-42 (X1-50) через два дополнительных переходных устройств к кабелю, подходящему снизу панели устройств объединения ВЧ-каналов передачи (ВЧ-комбайнеры). Вход **УПТ1** индикаторного блока подключить через переходное устройство к разъёму, предназначенному для подключения внешней антенны и находящемуся в верхней части стойки. Предварительно при этом отсоединяется эквивалент антенны, расположенный сверху на стойке. Зарисовать полученную характеристику этого блока. Значения полос пропускания и заграждения передающего фильтра находятся по методике, описанной в п. 6, при условии настройки на частоту работы передающего тракта базовой станции. Проанализировать полученное значение полосы пропускания, сравнив его с нормативными данными стандарта NMT-450. После проведения измерений необходимо восстановить присоединение внешних кабелей, которое было до проведения измерений по этому пункту. Не изменять настройки генераторного и индикаторного блока прибора X1-42, что связано с измерениями по п. 8.

8. Исследовать характеристики усилителя RXA. Для этого подключить выход генераторного блока прибора X1-50 (X1-43) к разъёму **ANT**, а вход **УПТ1** индикаторного блока – к разъёму **RX OUT** блока RXA. Подать питание на оборудование базовой станции, поставив тумблер **I-O** на левом блоке PCU 48DC в положение **I** (блок расположен внизу стойки слева). Зарисовать полученную характеристику этого блока. Вводя дополнительное

затухание с помощью аттенюатора генераторного блока, сделать заключение о величине усиления блока, наблюдая характеристику АЧХ на экране индикаторного блока. Определить значения полос пропускания и заграждения для исследуемой характеристики по методике, описанной в п. 6.

3.3. Содержание отчета

1. Основные характеристики и параметры стандарта сотовой связи NMT-450 (NMT-900).
2. Экспериментальные данные.
3. Основные структурные схемы исследуемых трактов.
4. Выводы по проделанной работе.

3.4. Контрольные вопросы

1. Назовите основные характеристики и параметры стандарта сотовой связи NMT-450 (NMT-900).
2. Конструкция и состав оборудования базовой станции RS4000.
3. Особенности прохождения сигналов в тракте передачи.
4. Особенности прохождения сигналов в тракте приёма.
5. Особенности передачи специального измерительного сигнала.
6. Опишите функционирование приёмного тракта блока CTR.
7. Опишите структурную схему передатчика блока CTR.

Литература

1. Системы мобильной связи : учеб. пособие / В. П. Ипатов и [др.]. – М. : Горячая линия – Телеком, 2003. – 272 с.
2. Быховский, М. А. Частотное планирование сотовых сетей подвижной радиосвязи / М. А. Быховский // Электросвязь. – 1993. – №8.
3. Громаков, Ю. А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи / Ю. А. Громаков. – М. : Эко-Трендз, 1998.

ПРОВЕРКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОСТАНЦИИ РОСА-А

Цель: проверка функционирования, измерение и исследование основных характеристик радиостанции **Роса-А**.

Задания:

1. Изучить устройство, особенности функционирования радиостанции **Роса-А**.
2. Произвести измерения характеристик и параметров оборудования радиостанции **Роса-А**.
3. Дать анализ полученных результатов в выводах по работе.

4.1. Назначение и условия эксплуатации

Радиостанция **Роса-А** (модификации **Роса-АА**, **Роса-АА12**, **Роса-АС**, **Роса-АР**, **Роса-АЛ**, **Роса-АТ**) предназначена для обеспечения двухсторонней симплексной радиосвязи в различных отраслях народного хозяйства, за исключением морского флота и авиации, с однотипными радиостанциями.

Радиостанция имеет от одного до сорока рабочих каналов, расположенных в полосе частот до 1 МГц в одном из диапазонов 26,975... 27,275 МГц, 33...48,5 МГц или 146...174 МГц, в зависимости от требований, что учитывается при изготовлении радиостанции.

Радиостанции предназначены для эксплуатации в следующих климатических условиях:

интервал рабочих температур от минус 25 до плюс 55 °С (для радиостанций **Роса-АС**, **Роса-АТ** – минус 10 °С)

относительная влажность воздуха до 93 % при температуре 25 °С ;

атмосферное давление от $6,1 \cdot 10^4$ до $10,4 \cdot 10^4$ Па (от 460 до 790 мм рт. ст.).

Изготавливаются следующие варианты радиостанций:

Роса-АА (абонентская автомобильная) – для установки на транспортных средствах с питанием от бортсети автомобиля напряжением -12 В или +24 В, с заземленным минусом (может поставляться с усилителем низкой частоты и без него);

Роса-АА12 (абонентская автомобильная) – для установки на транспортных средствах с питанием от бортсети автомобиля напряжением +12 В, с заземленным минусом;

Роса-АС (абонентская стационарная) – для установки в стационарных помещениях с питанием от сети переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц;

Роса-АЛ (абонентская локомотивная) – для установки на локомотивах с питанием от бортсети локомотива напряжением от +50 В до +110 В;

Роса-АР (абонентская ретранслятор) – для установки в стационарных помещениях с питанием от сети переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц;

Роса-АТ (абонентская телефонная) – для установки в стационарных помещениях с питанием от сети переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц с выходом в телефонную сеть.

В зависимости от функциональных возможностей радиостанции комплектуются приемопередатчиком с системой вызова и модификациями пульта управления:

«А1» – имеются двухразрядный индикатор и две кнопки управления;

«Б1» – имеются трехразрядный индикатор и две кнопки управления;

«В1» – имеются шестиразрядный индикатор и восемнадцатикнопочная клавиатура;

«МП» – (манипулятор для одноканальной радиостанции) обеспечивает включение радиостанции, включение/выключение подавителя шумов и оперативный перевод радиостанции с режима приема в режим передачи.

4.2. Основные технические характеристики и параметры

4.2.1. Характеристики радиостанции

Радиостанции **Роса-А** являются абонентскими радиостанциями диапазона УКВ с частотной модуляцией. Номинальный диапазон звуковых частот передаваемого информационного сигнала составляет от 300 до 3400 Гц. Радиостанции обеспечивают работу в одном из диапазонов частот и имеют от одного до сорока каналов связи при частотном разnose между ними (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Диапазон частот и характеристики каналов связи

Диапазон частот, МГц	Количество каналов связи, шт.	Номинальный частотный разнос между соседними каналами, кГц
26,975...27,275	1...31	10
27,285...27,405	1...13	12,5
27,150...27,275	1...11	25
27,975...27,400	1...18	25
27,150...27,275	1...6	25
33,000...48,500	1...40	25
57,000...57,500	1...21	25
146,000...174,000	1...40	25

Максимальный частотный разнос между каналами связи в радиостанции – 1 МГц. Радиостанции обеспечивают непрерывную круглосуточную работу при соотношении времени «прием-передача» 3:1, при этом допустимая продолжительность непрерывной работы в режиме передачи – не

менее 15 мин. Антенный ввод имеет волновое сопротивление 50 Ом. Модуляционный вход передатчика закрытый.

Мощность, потребляемая радиостанции **Роса-АС**, **Роса-АР**, **Роса-АТ** в любом режиме работы от сети переменного тока при номинальном напряжении питания 220 В, не превышает 130 ВА. Ток, потребляемый радиостанциями **Роса-АА12**, не превышает 4А в режиме передачи и 0,5 А – в режиме приема. Для радиостанции **Роса-АА** ток, потребляемый в режиме передачи, составляет от 2 до 8 А, а в режиме приема – 1...2 А. Для **Роса-АЛ** ток, потребляемый в режиме передачи, составляет от 1,2 до 2 А, а в режиме приема – 0,4...0,5 А.

В радиостанции предусмотрены защита от переплюсовки источника питания постоянного тока, а также возможность неоперативной подстройки частоты гетеродина приемника и возбудителя передатчика при техническом обслуживании радиостанции.

Таблица 4.2

Масса и габаритные размеры

Наименование основных блоков	Габаритные размеры, мм, не более
Приемопередатчик	180x230x65
Блок питания аккумуляторный	180x230x65
Блок питания сетевой	180x230x65
Блок питания локомотивный	180x230x65
Адаптер телефонный	180x230x65
Усилитель низкой частоты	145x105x65
Пульт управления с микротелефоном	215x75x80
Манипулятор	115x70x50

В радиостанции предусмотрена защита передатчика от выхода из строя при кратковременном коротком замыкании или обрыве в антенне.

Масса и габаритные размеры (без выступающих частей) составных частей радиостанции соответствует нормам, указанным в табл. 4.2. Масса действующих комплектов радиостанции должна быть не более: радиостанция **Роса-АА** – 9,1 кг; радиостанция **Роса-АА12** – 6,85 кг; радиостанция **Роса-АС** – 20,6 кг; радиостанция **Роса-АЛ** – 14,1 кг; радиостанция **Роса-АР** – 25,75 кг; радиостанция **Роса-АТ** – 23,0 кг.

4.2.2. Основные характеристики передатчика

Мощность несущей передатчика на нагрузке 50 Ом – не менее 8 Вт. Коэффициент нелинейных искажения передатчика – не более 5 %. Максимальная девиация частоты передатчика: на несущей 27Б1 – не более 2,5 кГц, на несущих 27Б3, 27Е – не более 1,8 кГц, на несущих 27Б3, 27Е и в диапазоне 40 МГц, 160 МГц – не более 5 кГц. Чувствительность модуляционного входа передатчика: на контакте 2 разъема «ДУ» – в пределах 400...600 мВ, на микрофонном входе – не более 4 мВ. Уровень побочных излучений передатчика – не более 2,5 мкВт. Отклонение частоты передатчика от номинального значения не более в диапазонах частот: 27 МГц – $(\pm 20 \cdot 10E^{-6})$, 40 МГц – $(\pm 20 \cdot 10E^{-6})$, 160 МГц – $(\pm 10 \cdot 10E^{-6})$.

4.2.3. Основные характеристики приемника

Чувствительность приемника при отношении сигнал/шум – 12 дБ (СИНАД), 1/2 ЭДС, при разносе частот между каналами: 25 кГц – не более 0,5 мкВ; 12,5 кГц – 1,0 мкВ; 10 кГц – 1,5 мкВ. Изменение чувствительности приемника при отклонении частоты сигнала на $\pm 10 \cdot 10E^{-6}$ – не более 3 дБ. Выходное напряжение приемника на головке динамической или ее эквивалентной нагрузке $R_s = (8 \pm 0,8)$ Ом – не менее 1,4 В; а на телефоне или его эквивалентной нагрузке $R_s = (300 \pm 30)$ Ом – в пределах 0,6...0,8 В.

Коэффициент нелинейных искажений приемника – не более 5 %.
Избирательность приемника по соседнему каналу при разносе частот между каналами: 25 кГц – не менее 80 дБ, 10, 12,5 кГц – не менее 60 дБ.
Избирательность приемника по побочным каналам приема при разносе частот между каналами: 25 кГц – не менее 80 дБ, 10, 12,5 кГц – 60 дБ.
Интермодуляционная избирательность приемника при разносе частот между каналами: 25 кГц – не менее 70 дБ, 10, 12,5 кГц – 55 дБ.

4.3. Устройство и работа радиостанции

4.3.1. Конструкция радиостанции

Конструктивно радиостанции выполнены в виде отдельных функционально законченных блоков. Основным блоком радиостанций является приемопередатчик. Все блоки соединяются между собой кабелями. Структурная электрическая схема радиостанции **Роса-АС** приведена на рис. 4.1. Приемопередатчик состоит из следующих блоков и устройств: А1 – приемник, А2 – синтезатор частоты, А3 – усилитель мощности, А4 – генератор, управляемый напряжением (ГУН), который входит в состав синтезатора частоты, А5 – контроллер, А6 – подмодулятор, А7 – фильтр питания. К приемопередатчику подключаются следующие внешние устройства: блок питания сетевой через кабель ЯЕ6.644.478 и разъем Х12 «13,2 В», стационарная антенна – через кабель ЯЕ6.645.078 и разъем Х1 «А», пульт управления – через разъем «МКТФ».

Схема приемопередатчика радиостанций всех типов одинакова и построена по блочно-функциональному методу. Приемопередатчик включается в режим приема после включения радиостанции. При этом с контроллера А5 (Х2.4:16) на синтезатор А2 (Х1:1) подается команда установки частоты ГУН ПРМ, сигнал которого является гетеродинным напряжением приемника А1.

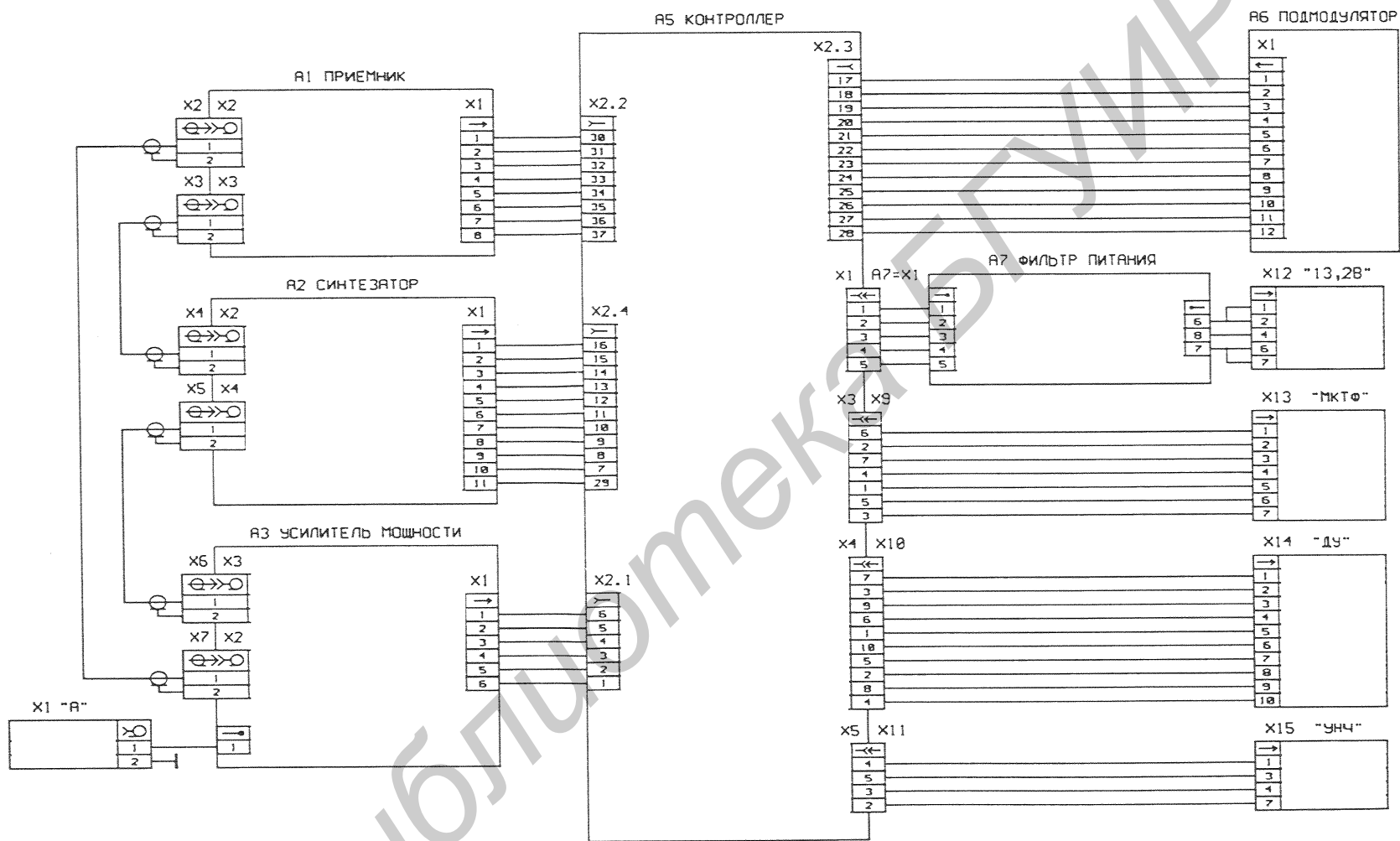


Рис. 4.1. Структурная электрическая схема радиостанции «Роса-АС»

Это напряжение подается на гетеродинный вход приемника А1 (Х3:1). ВЧ-сигнал с антенны через антенный коммутатор усилителя мощности А3 подается на вход УРЧ приемника А1 (Х2:1). Питающие напряжения на приемник А1 (Х1:3 и Х1:5) поступают от стабилизатора напряжения, расположенного в блоке подмодулятора А6, через контроллер А5. Выходное напряжение звуковой частоты с приемника А1 (Х1:4) поступает на контроллер А5. Выходной сигнал подавителя шумов с приемника А1 (Х1:1) поступает на контроллер А5.

Приёмник (А1) радиостанции **Роса–А** диапазона 40 МГц построен по супергетеродинной схеме с двойным преобразованием частоты. Величина первой промежуточной частоты составляет 10,7 МГц, а второй – 465 кГц. Электрическая принципиальная схема приемника диапазона 40 МГц приведена на рис. 4.2. Усилитель радиочастоты (УРЧ) выполнен на транзисторе VT1 по схеме с общим эмиттером. Избирательность по побочным каналам приема обеспечивается двумя парами связанных контуров. Первый смеситель выполнен на транзисторе VT2. Источником гетеродинного напряжения для смесителя является синтезатор частоты. В смесителе происходит смешивание частоты принятого сигнала с частотой гетеродина. Напряжение разностной частоты 10,7 МГц выделяется кварцевым фильтром Z1. Кварцевый фильтр обеспечивает избирательность по соседнему каналу. Контур L6, C27 согласует выход смесителя с фильтром. Преобразователь частоты состоит из второго гетеродина и смесителя, выполненных на микросхеме DA1. Разностная частота 465 кГц выделяется контуром L8, C38. Частота второго гетеродина 10,235 МГц. Усилитель промежуточной частоты (УПЧ) состоит из резонансного каскада на транзисторе VT3. Микросхема DA2 выполняет функции усилителя, ограничителя, частотного детектора и предварительного УЗЧ. Подстройка частотного детектора по максимальному выходному напряжению звуковой частоты производится сердечником катушки L10. С выхода микросхемы (вывод 13) сигнал поступает на УЗЧ. Усилитель звуковой частоты (УЗЧ) выполнен на двух операционных

усилителях микросхемы DA3. Для формирования АЧХ УЗЧ с послекоррекцией – 6 дБ/октава операционный усилитель на микросхеме DA3.1 охвачен частотно-зависимой отрицательной обратной связью, которую образуют элементы C47, R47. Регулировка выходного уровня УЗЧ производится подстроечным резистором R43. Оконечный каскад УЗЧ собран по двухтактной схеме на комплиментарных транзисторах VT5, VT6. Шумоподавитель выполнен на микросхеме DA4, состоящей из четырех операционных усилителей. Операционный усилитель DA4.1, выполняющий роль усилителя, охвачен частотно-зависимой отрицательной обратной связью (элементы C69, C72, C73, R58, R59), имеет максимальный коэффициент усиления на частоте 7 кГц. Операционный усилитель DA4.2 – компаратор напряжений, сравнивает уровень шума на выводе 2 с постоянным напряжением на выводе 1. Диод VD10 детектирует шумовую составляющую сигнала. Постоянная составляющая шума производит переключение триггера Шмитта, выполненного на операционном усилителе DA4.3. Выходное напряжение триггера является управляющим для контроллера. Резистором R42 устанавливается порог срабатывания шумоподавителя постоянного напряжения, обеспечивающего режим по постоянному току операционных усилителей DA4.1 – DA4.3.

Синтезатор частоты (A2) выполнен по схеме однопетлевого цифрового синтезатора частот, синтез частот в котором осуществляется с помощью петли цифровой ФАПЧ. Схема электрическая принципиальная приведена на рис. 4.3. Петля цифровой ФАПЧ состоит из ГПД (ГУН), делителя частоты с двумя фиксированными коэффициентами деления 64/65 (ДЧ), делителя частоты с переменным коэффициентом деления (ДПКД), поглощающего счетчика (ПС), частотно-фазового детектора (ЧФД), ФНЧ. Транзисторы VT1, VT2, VT4, VT6, VT7 служат для осуществления переключения режима работы синтезатора с приема на передачу.

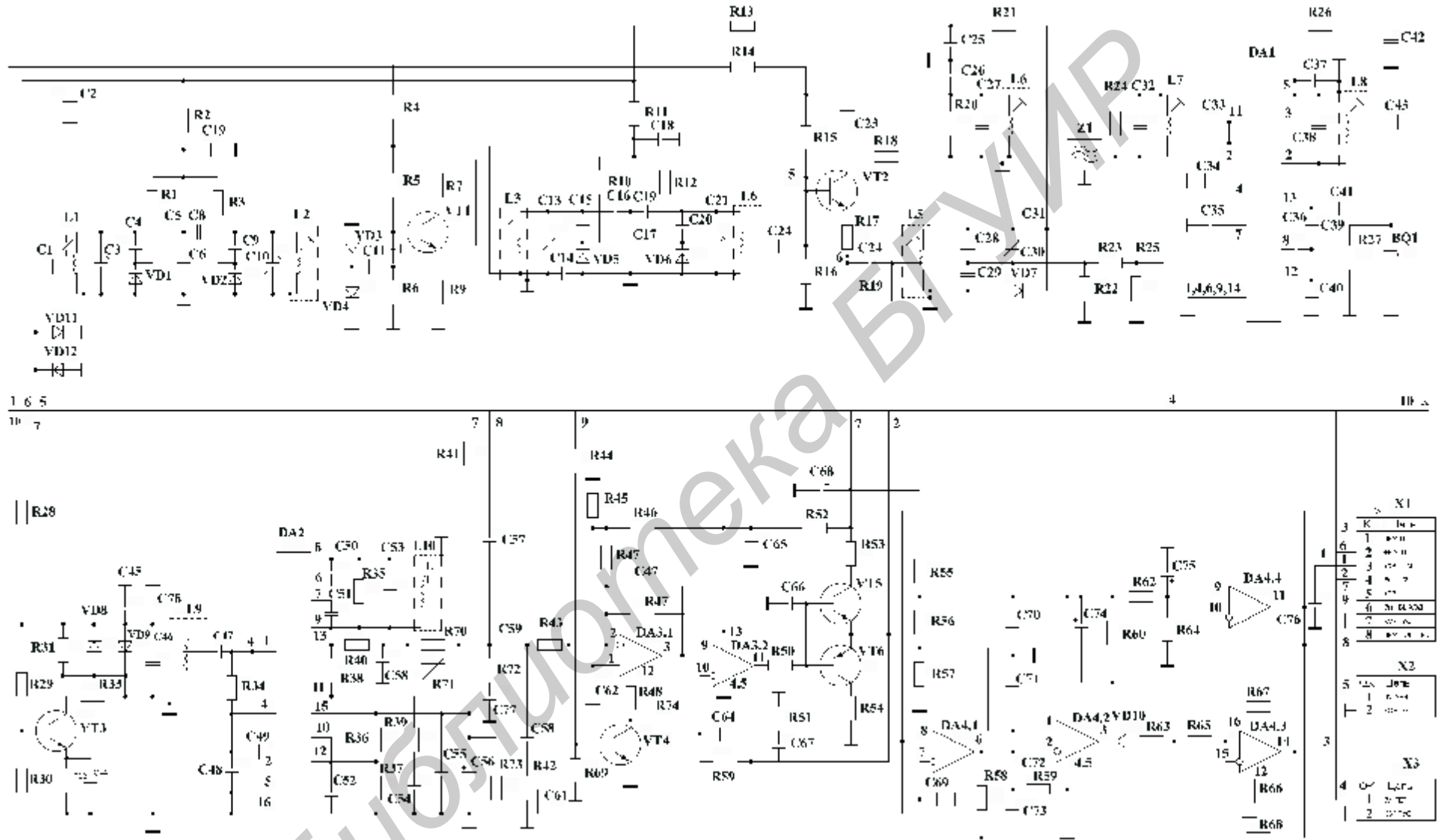


Рис. 4.2. Структурная схема приёмника

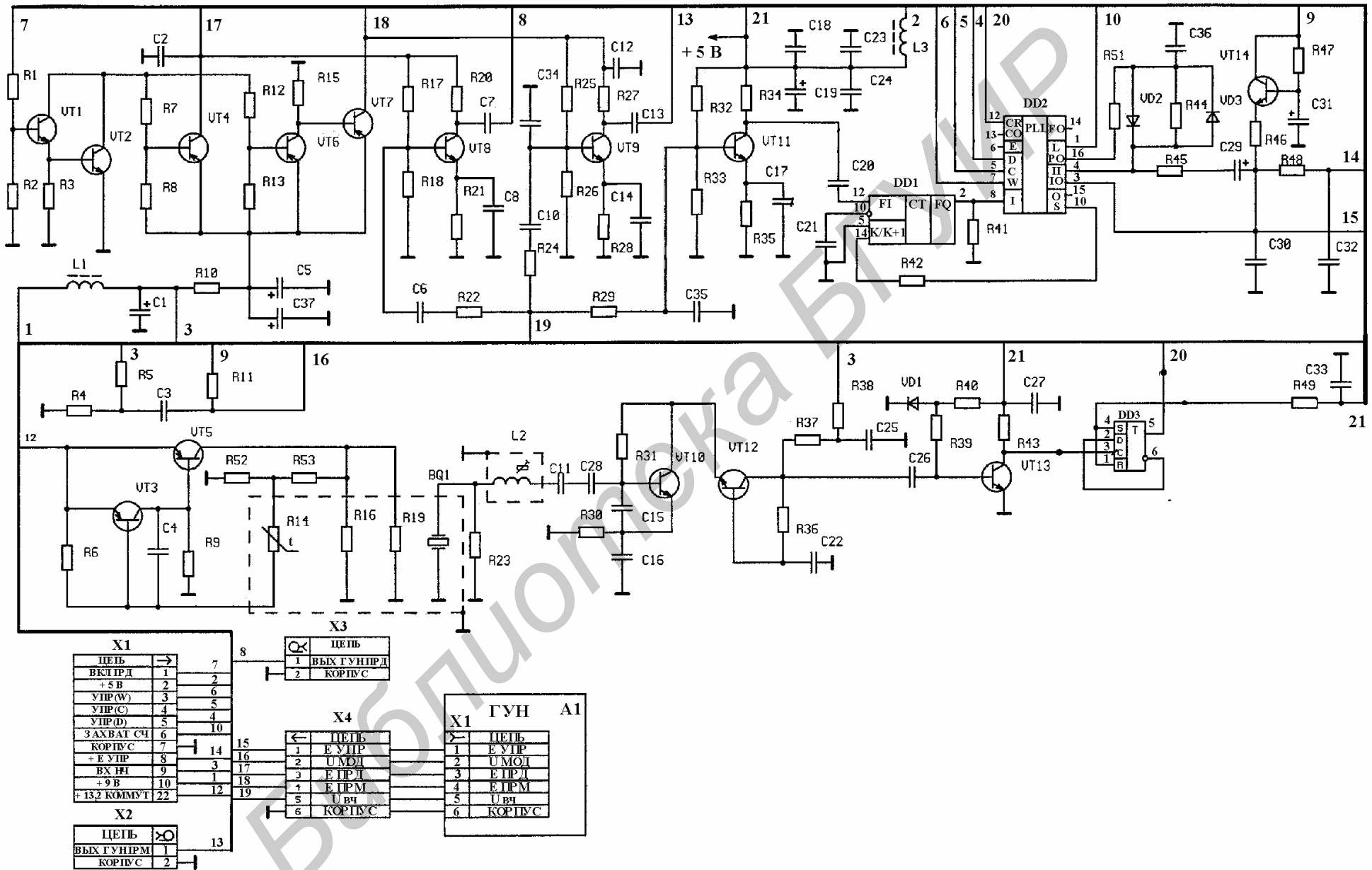


Рис. 4.3. Принципиальная электрическая схема синтезатора

ВЧ-сигнал гетеродина снимается с усилителя на транзисторе VT9, сигнал возбуждителя снимается с усилителя на транзисторе VT8. ВЧ-сигнал с усилителя на транзисторе VT11 подается на вывод 12 микросхемы DD1.

Опорный генератор частотой 112,8 МГц собран на транзисторах VT10, VT12, VT13. Для обеспечения необходимой стабильности частоты опорного генератора кварцевый резонатор BQ1 размещен в термостате с автоматическим регулированием температуры. Термостат собран на транзисторах VT3, VT5. Точная подстройка частоты опорного генератора осуществляется катушкой L2. Микросхема DD3 делит на 2 частоту опорного генератора. ФНЧ выполнен на элементах R51, R44, R45, C36, C29, C30. Активный фильтр питания выполнен на транзисторе VT14. Делитель с фиксированными коэффициентами деления 64/65 собран на микросхеме DD1. На вывод 14 DD1 с вывода 10 микросхемы DD2 поступает сигнал переключения коэффициентов деления 64/65. На вывод 8 микросхемы DD2 поступает сигнал ВЧ, поделенный на 64/65 с вывода 2 микросхемы DD1. Делитель опорной частоты, ДКПД, поглощающий счетчик, ЧФД выполнены на микросхеме DD2. На выводы 5, 6, 7 микросхемы DD2 с контроллера A5 поступают код частоты, сигнал установки, сигнал синхронизации. На вывод 12 микросхемы DD2 поступает сигнал опорной частоты. С вывода 1 микросхемы DD2 на разъем X1-6 выходит сигнал захвата частоты. С выводов 3, 4 снимается управляющее напряжение.

Схема электрическая принципиальная ГУН диапазона 40 МГц приведена на рис. 4.4. В зависимости от диапазона частот радиостанции синтезатор комплектуется одним из двух вариантов ГУН. ГУН диапазона 40 МГц состоит из двух автогенераторов, выполненных по схеме емкостной трехточки на транзисторах VT1 и VT2. На VT1 собран возбуждатель передатчика, на VT2 – гетеродин приемника.

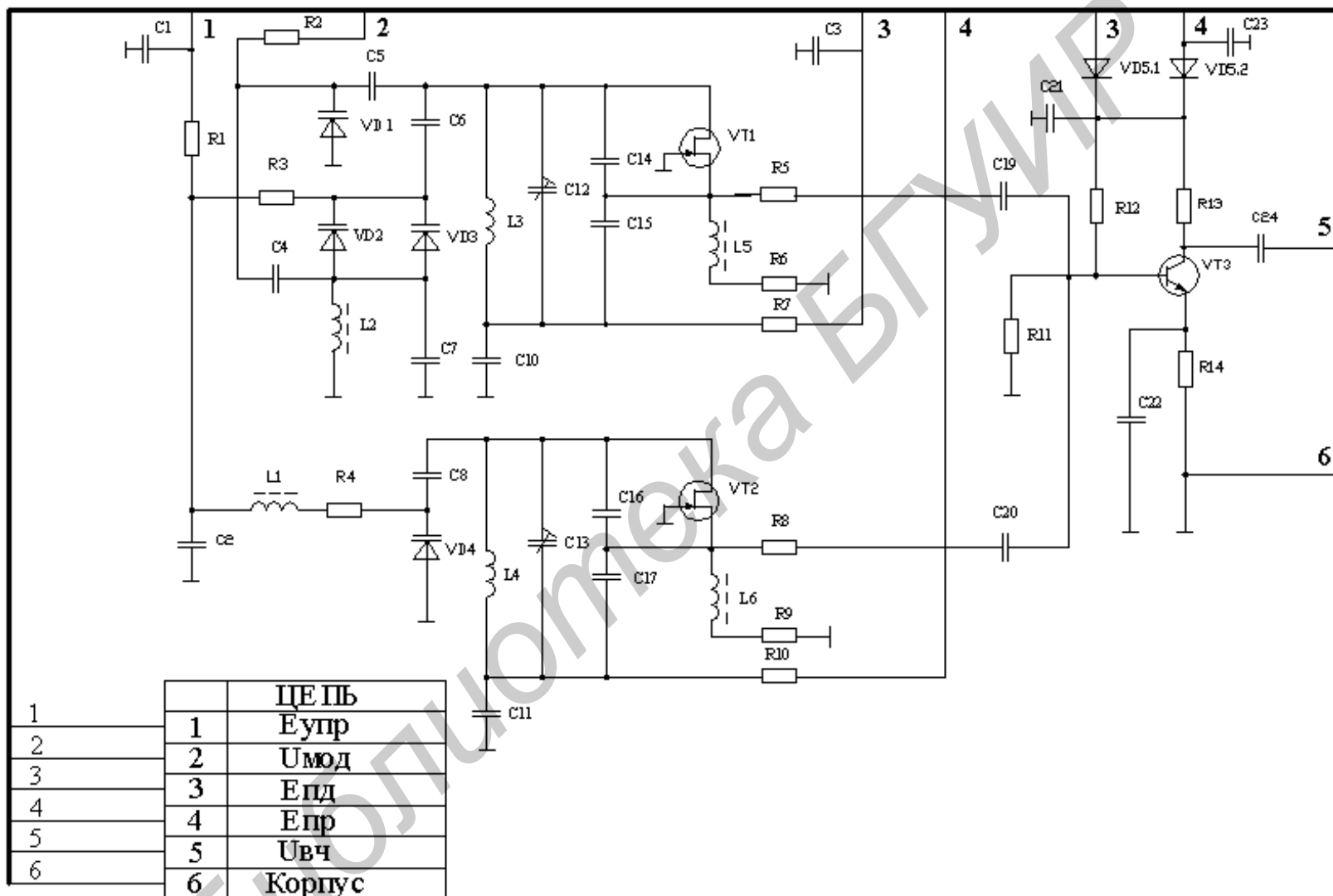


Рис. 4.4. Структурная схема ГУН

Частота задающего контура гетеродина L4, C13 изменяется посредством управляющего напряжения на варикапе VD4, включенном в контур. ВЧ-сигнал усиливается транзистором VT3.

Частота задающего контура гетеродина L3, C12 возбуждателя изменяется посредством управляющего напряжения на варикапах VD2, VD3, включенных в контур. Модулирующий сигнал управляет частотой возбуждателя через варикап VD1.

Передатчик состоит из двух независимых функциональных устройств: А3 – усилитель мощности, А6 – подмодулятор. Усилитель мощности состоит из четырехкаскадного усилителя радиочастоты (УРЧ) на транзисторах VT1-VT3, VT6, фильтра гармоник (Z1), схемы коммутации антенны (VD3, VD5, L16-L18, C42, C49, C52, R20, R29, R31) и схемы автоматической регулировки мощности (АРМ) на транзисторах VT4, VT5, VT7, VT8 с датчиками перенапряжения VD4, C47, C48, R27, R28) и перегрузки по току (VD6, VT8, C51, R32). Схема электрическая принципиальная усилителя мощности приведена на рис. 4.5. Схема УРЧ построена на основе использования П-образных звеньев фильтров нижних частот в качестве согласующих межкаскадных, входной и выходной цепей. Выходной и предоконечный каскады работают с отсечкой, остальные – без отсечки коллекторного тока. Питание каскадов усилителя осуществляется через LCR фильтры (C3, C5, C6, L2, R2, C12, C16, C17, L5, R10, C21, C25, C26, L9, R13, C33, C36, C37, C38, L13, R17). При этом на выходной каскад подается непосредственно напряжение питания +13,2 В, а на каскады на транзисторах VT2, VT3 – через схему АРМ. Питание каскада на транзисторе VT1 осуществляется напряжением + 9 В ПРД. Сигнал с частотой рабочего канала, усиленный усилителем радиочастоты, поступает на схему коммутации антенны (коммутатор), которая подключает фильтр гармоник (Z1), либо выход УРЧ к соединителю X2:1 в соответствии с режимом работы приемопередатчика «ПРД» или «ПРМ».

Рис. 4.5. Структурная схема передатчика

Библиотека БГУИР

Управление работой коммутатора осуществляется путем подачи напряжения + 9 В в ПРМ на аноды соответствующих диодов VD3 или VD5. С выхода коммутатора сигнал в режиме ПРД поступает на фильтр гармоник Z1 и далее на антенный соединитель.

Фильтр гармоник выполнен на основе эллиптического фильтра нижних частот 7-го порядка и обеспечивает необходимое ослабление побочных излучений передатчика. Схема автоматической регулировки мощности (АРМ) предназначена для стабилизации выходной мощности УМ, защиты транзистора выходного каскада УМ от перенапряжения и перегрузки по току, а также для регулировки выходной мощности в процессе выпуска и технического обслуживания радиостанции. Схема АРМ регулирует коэффициент усиления каскадов на транзисторах VT2, VT3 по сигналам датчиков перенапряжения и перегрузки по току так, что выходная мощность УМ остается постоянной. Регулировка выходной мощности УМ производится с помощью переменных резисторов R23, R34.

Подмодулятор (А6) состоит из усилителя звуковой частоты с АРУ (ЗЧ) на микросхемах DA1...DA3, стабилизаторов напряжений (DA4, DA5, VT4, VT10) и коммутаторов режимов радиостанции (VT2, VT3, VT5, VT6, VT7, VT8, VT9). Схема электрическая принципиальная подмодулятора приведена на рис. 4.6.

Усилитель ЗЧ обеспечивает усиление модулирующего сигнала, формирование АЧХ и других модуляционных параметров передатчика. Усилитель ЗЧ состоит из предварительного усилителя на микросхеме DA1, оконечного усилителя на микросхеме DA2, выполняющего функцию активного фильтра нижних частот, и схемы пороговой АРУ на микросхеме DA3. АЧХ усилителя ЗЧ формируется цепочкой R2, C2. Активный фильтр нижних частот обеспечивает ослабление частотных составляющих ЗЧ выше 4 кГц. Пороговая АРУ построена на основе использования компаратора (микросхема DA3), детектора (не показан на схеме) и управляющего делителя напряжения (R3, R4).

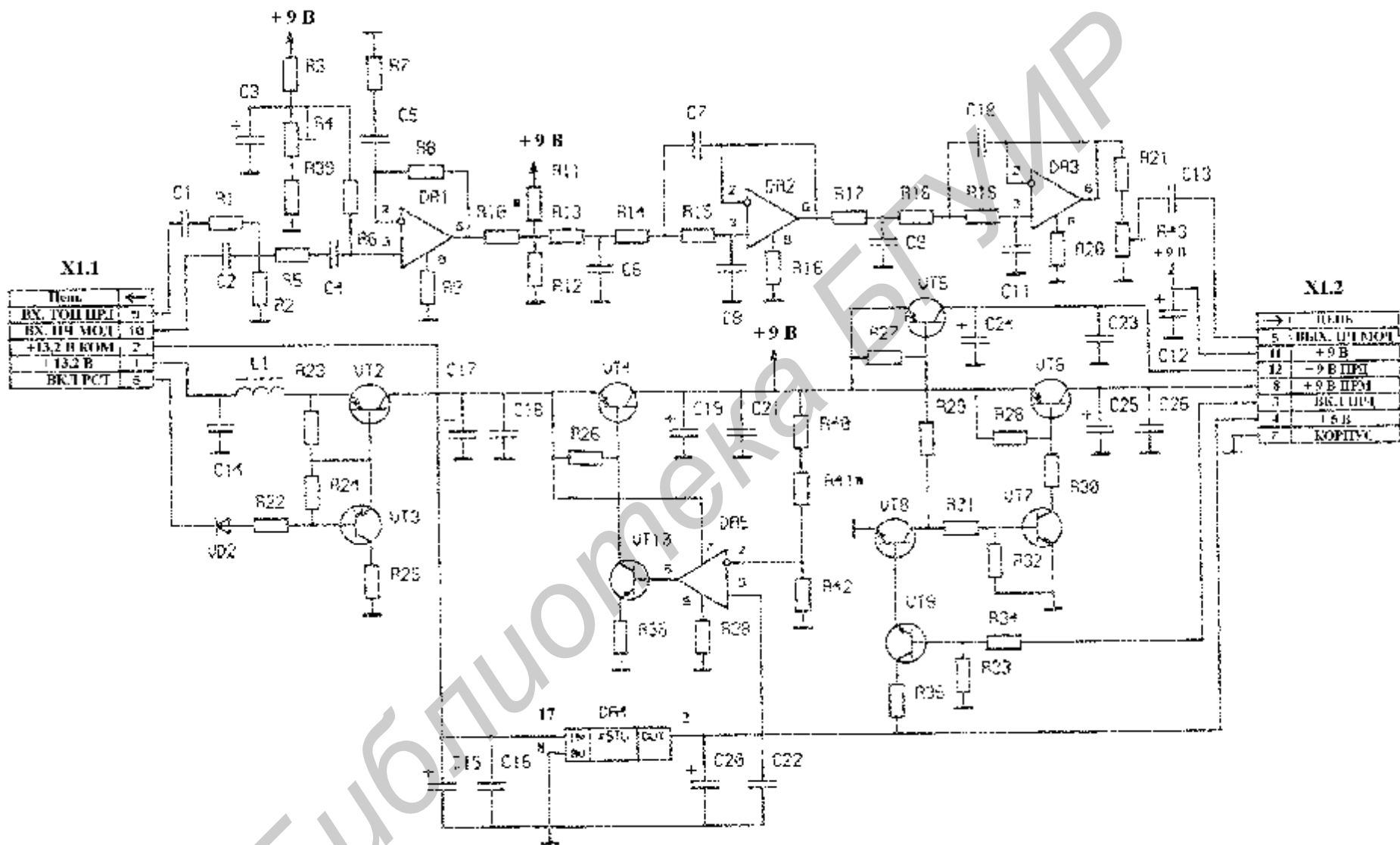


Рис. 4.6. Структурна

я схема подмодулятора передатчика

Сигнал тональной посылки подается на вход подмодулятора через соединитель X1-1. Стабилизаторы напряжения предназначены для питания приемопередатчика стабилизированными напряжениями + 5 и + 9 В.

Стабилизатор напряжения + 5 В выполнен на микросхеме DA4, стабилизатор + 9 В – на микросхеме DA5 и транзисторах VT4, VT10. Коммутаторы режимов радиостанции обеспечивают включение радиостанции и переключение радиостанции из режима ПРМ в режим ПРД. Коммутатор включения радиостанции выполнен на транзисторах VT2, VT3, коммутатор переключения из режима ПРМ в режим ПРД – на транзисторах VT5, VT6, VT7, VT8, VT9.

Контроллер (A5) управляет работой всех блоков приемопередатчика. Схема электрическая принципиальная контроллера приведена на рис. 4.7...4.9. Он осуществляет коммутацию речевых сигналов, включение усилителя мощности и передачу, обслуживание сигналов от приемника, синтезатора и устройств, подключенных к внешним разъемам приемопередатчика. Основным из них является микротелефон. С ним контроллер осуществляет обмен данными и командами управления. Кроме того, плата контроллера выполняет роль коммутационной платы, соединяя между собой все блоки приемопередатчика. Контроллер состоит из следующих узлов: микропроцессорной системы (DD2, DD3, DD5, DD7); энергозависимого ОЗУ (DD4); коммутатора аналоговых сигналов (DD8, DD9); компаратора команд управления (DA1); ФНЧ по сигналу тональных посылок (DA2); ПФ по принимаемым тональным посылкам (DA3, DA4).

Микропроцессорная система реализована на микросхеме однокристального микроконтроллера KP1830BE31 (DD3), являющегося аналогом прибора 8031 из семейства однокристальных микроконтроллеров iMCS-51 фирмы Intel. Регистр DD2 служит для фиксации адреса по сигналу, который формируется в микросхеме DD3 (контакт 30). ПЗУ (DD5) содержит программу работы контроллера.

Встроенный в схему задающий генератор работает с кварцевым резонатором (BQ1) на частоте 12 МГц и подключается к выводам X1, X2. Сигнал RES (цепи его формирования не показаны на рис. 4.7) подается на контакт 9 микросхемы DD3 и осуществляет сброс микроконтроллера.

Первые три разряда порта P1 микроконтроллера выдают сигналы управления синтезатором частот: данные в последовательном коде (ДАнные СЧ X2:12); синхронизации данных (СИН ДАН СЧ X2:13); записи данных (ЗАП. ДАН. СЧ X2:14).

На разряд P1.3 порта микроконтроллера через формирователь на транзисторе VT6 поступает сигнал выключения шумоподавителя (ВЫХ ПШ X3:5 и X4:6) (рис. 4.7, 4.9). Этот сигнал в данном случае предназначен для выключения шумоподавителя сигналом с внешних устройств, например с манипулятора при использовании манипулятора вместо микротелефона. На разряд P1.4 поступает сигнал с приемника (ТОН ПРМ X2:37) через полосовой фильтр, состоящий из одного звена ФНЧ (DA3) и одного звена ФНЧ Чебышева 2-го порядка (DA4), с частотами среза равными 2450 и 670 Гц соответственно.

После полосового фильтра синусоидальный сигнал проходит через формирователь на триггере Шмидта DD1 (1-2, 3-4), превращаясь в сигнал, имеющий форму меандра. С разряда P1.5 выдается сигнал тонального вызова и поступает на вход ФНЧ Чебышева 2-го порядка (DA2), с выхода которого поступает на подмодулятор (ТОН ПРД X2:25). С этого же разряда может выдаваться сигнал звуковых эффектов, который с выхода ФНЧ через эмиттерный повторитель VT7 поступает на аналоговый коммутатор DD9, и через открытый ключ DD9 (8-9) поступает на микротелефонную трубку (ИНФОРМАЦИЯ X3:2), а также через открытый ключ DD9 (2-1), резистор R13, конденсаторы C10, C11, C14 поступает на разъемы (ВЫХ НЧ X3:7, X4:7). С конденсатора C11 сигнал поступает еще и на выход приемника (НЧ ПРМ X2:33), но выход приемника в это время отключен. С разряда P1.6 через инвертор DD1 (9-8) выдается сигнал включения усилителя мощности (ВКЛ ПРД X2:19).

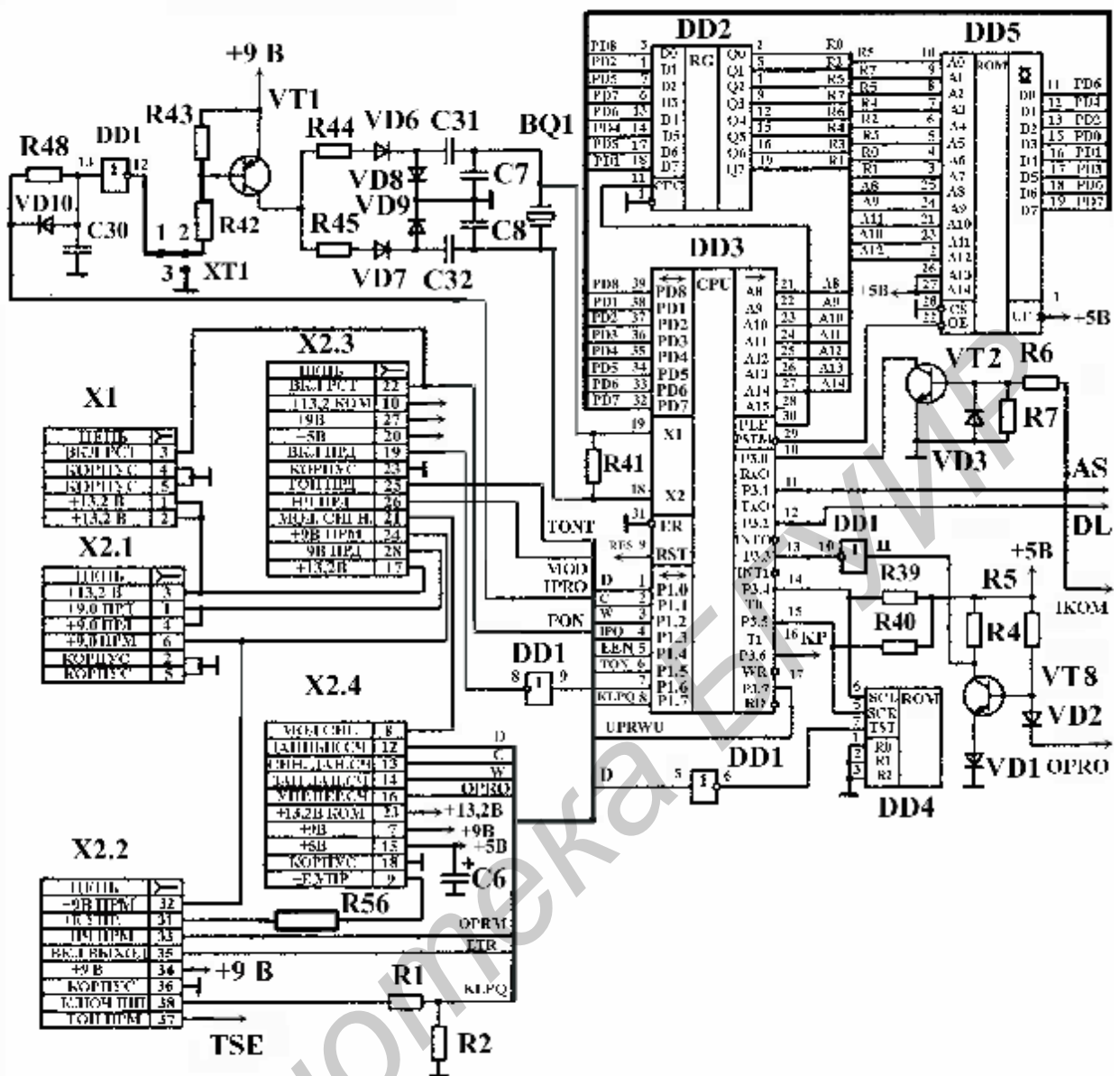


Рис. 4.7. Принципиальная электрическая схема контроллера
(продолжение и окончание на с. 69 и 70)

На разряд P1.7 поступает сигнал срабатывания шумоподавителя приемника (КЛЮЧ ПШ X2:38) через резистивный делитель R1, R2 для согласования уровней. На вход P3.0 (контакт 10) микроконтроллера через формирователь на транзисторе VT2 поступают данные с внешнего устройства (ВХ КОМАНД X4:2). С выхода P3.1 (контакт 11) микроконтроллера через коммутатор DD6 и транзистор VT3 поступают команды на микротелефон (ИНФОРМАЦИЯ X3:2), либо через транзистор VT4 – данные на внешний разъем (ВЫХ КОМАНД X4:8).

Переключение коммутатора осуществляется сигналом SEL, поступающим с выхода внешнего порта (DD7:5). На вход P3.2 (INTO) микроконтроллера поступают сигналы команд, выделенные компаратором DA1 из информационного сигнала, поступающего с микрофона (ИНФОРМАЦИЯ X3:2). На вход P3.3 микроконтроллера поступает сигнал внешнего запроса на передачу (УПР ПРД X3:1 и X4:1) через формирователь на транзисторе VT8 и инверторе DD1 (10-11). С разряда P3.5 выдается сигнал, с помощью которого осуществляется обмен данными с энергозависимыми ОЗУ (DD4:6).

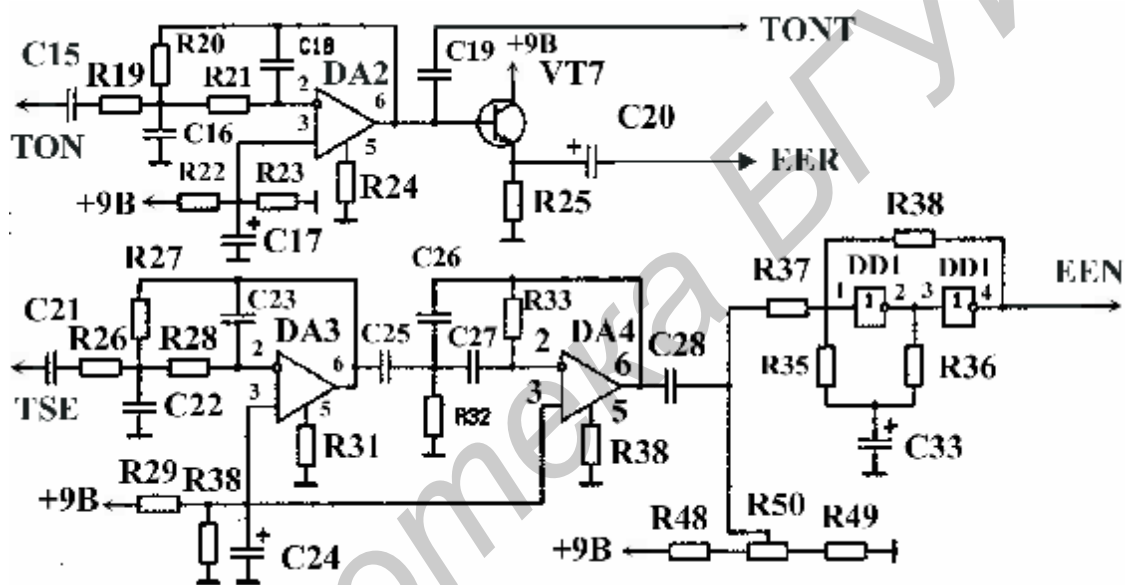


Рис. 4.7. Продолжение

(начало см. с. 68, окончание – на с. 70)

С выхода С микросхемы DD7, контакт 11, снимается сигнал записи данных во внешний порт. На разряд P3.7 поступает сигнал управления (ВЫХ УПР КОМАНД X4:10). Внешний порт DD7 микроконтроллера работает на вывод и управляется коммутатором аналоговых сигналов DD9 через преобразователь уровня DD8, а также формирует сигналы: переключение СЧ на передачу (УПР ПЕР СЧ X2:16); включение выхода приемника (ВКЛ ВЫХОД X2:35); выхода шумоподавителя ВЫХ ГУН (X3:5) и ВЫХ ПШ (X4:6); управления коммутатором команд DD6.

Сигнал выхода шумоподавителя усиливается транзистором VT5. В режиме ПРИЕМ и сработавшем шумоподавителе ключ DD9 (1-2) замкнут, а ключи DD9 (10-11, 3-4, 8-9) разомкнуты. Сигнал с приемника (СЧ ПРМ X2:33) через разделительные конденсаторы C10, C11 и токоограничительный резистор R13 поступает через ключ DD9 (1-2) в сигнал ИНФОРМАЦИЯ, а через конденсатор C14 – на разъемы X3:7, X4:7, X5:5.

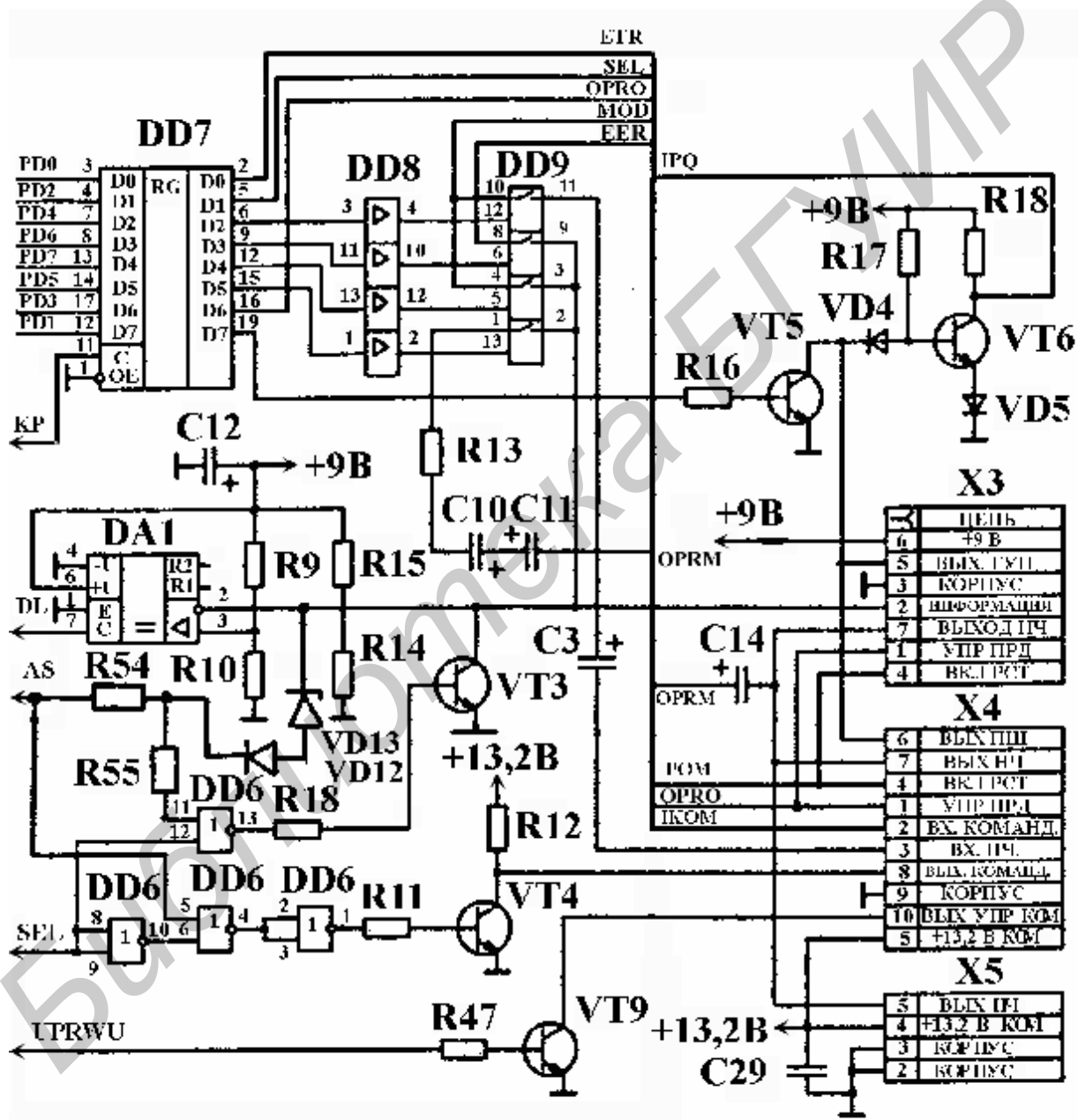


Рис. 4.7. Окончание
(начало см. с. 68, 69)

Делитель R14, R15 задает смещение речевому сигналу, необходимое для предотвращения попадания отрицательных волн на вход компаратора команд DA1. В режиме ПЕРЕДАЧА, заданном сигналом УПР ПРД (X3:1 или X4:1), ключ DD9 (10-11) замкнут, а ключи DD9 (3-4, 8-9, 1-2) разомкнуты. Речевой сигнал с цепи ВХ НЧ (X4:3) поступает через замкнутый ключ DD9 (10-11) на модулятор (НЧ ПРД X2:26).

При передаче команд все ключи размыкаются, напряжение логической единицы в цепи ИНФОРМАЦИЯ задается делителем R14, R15 и составляет около 6 В. Логический ноль в цепи ИНФОРМАЦИЯ задается сигналом команд через ключ на транзисторе VT3. При приеме команд независимо от состояния ключей логический ноль в цепи ИНФОРМАЦИЯ через компаратор DA1 поступает на вход P3.2 (INT0) микроконтроллера и фиксируется в нем. После этого микроконтроллер размыкает все ключи и речевой сигнал не мешает приему команд. Выход шумоподавителя (ВЫХ ПШ X3:5 и X4:6) кроме своего основного назначения может использоваться для выключения шумоподавителя. При подаче логического нуля на вышеуказанные контакты разъёмов, например с манипулятора, подключенного вместо микротелефона, транзистор VT6 закроется и контроллер, обнаружив появление сигнала на разряде P1.3, включит выход приемника и откроет соответствующие ключи.

4.3.2. Микротелефон

Микротелефон собран на двух платах: плата контроллера микротелефона (рис. 4.10) и плата индикации и клавиатуры. В зависимости от вида исполнения радиостанции к контролеру микротелефона может подключаться один из трех вариантов исполнения плата индикации и двух-шести- или восемнадцатикнопочная клавиатура.

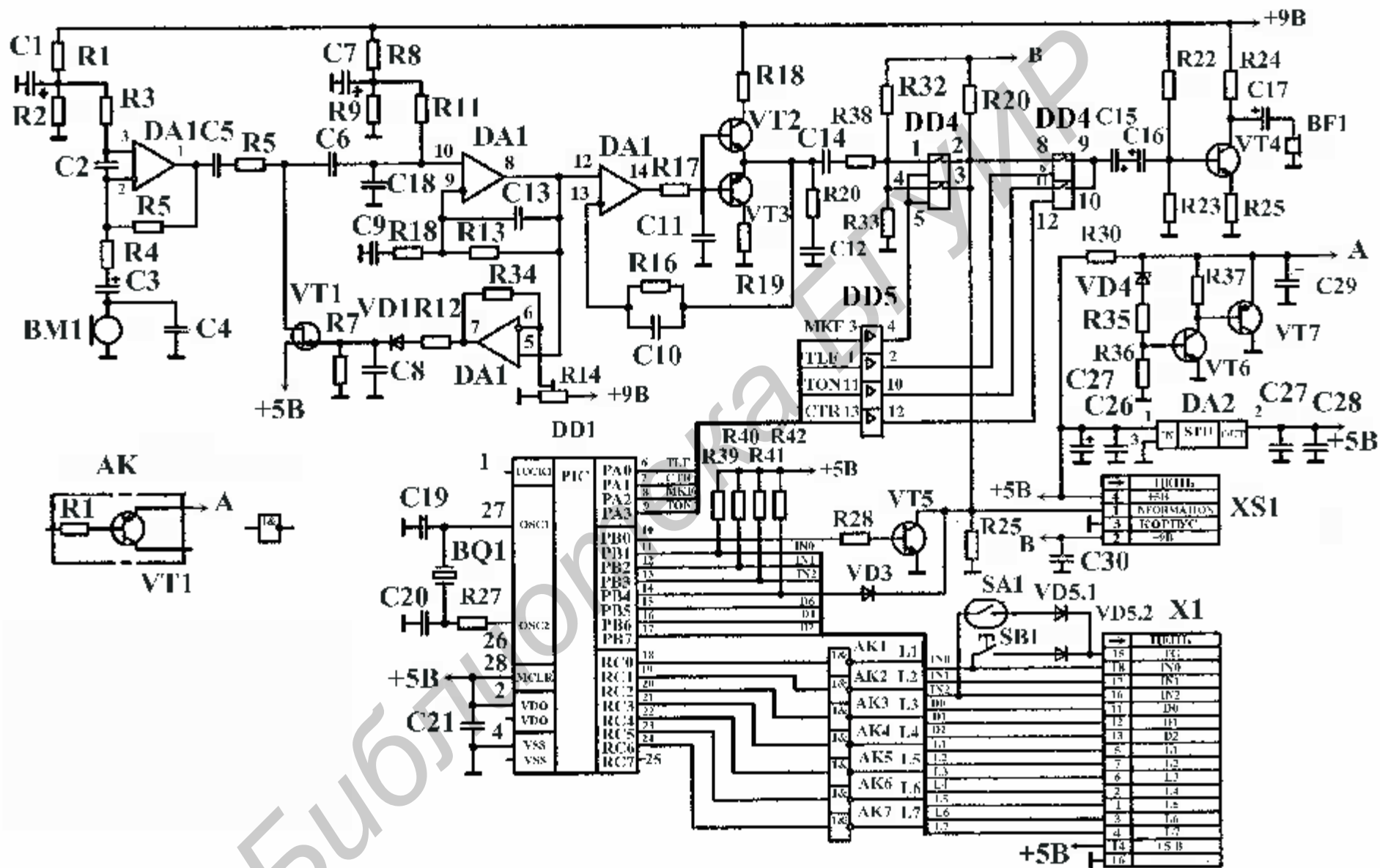


Рис. 4.8. Принципиальная электрическая схема контроллера микротелефона

Например, при шестикнопочном варианте исполнения платы индикации и клавиатуры на ней расположены три сегментных светодиодных индикатора и матрица клавиатуры на восемь кнопок. Специальные диоды VD2, VD3 микротелефона и VD5, VD6 контроллера микротелефона предотвращают замыкание катодов индикаторов при одновременном срабатывании нескольких кнопок. Катоды индикаторов коммутируются на ноль специальными сигналами, которые поступают через микросхему DD3 контроллера микротелефона.

Непосредственно на плате индикации и клавиатуры расположены следующие шесть кнопок из восьми:

ДЧС – включение и выключение режима дежурного приема;

УСТ – установка канала или цифр номера абонента;

ВЫБ – выбор устанавливаемой цифры номера абонента;

К/А – переключение набора канала или номера абонента;

ПШ – включение/выключение подавителя шумов;

ВЫЗ – для вызова абонента.

На плате контроллера микротелефона расположены еще две кнопки из восьми:

SB1 – тангента для переключения радиостанции в режим ПЕРЕДАЧА;

SA1 – геркон, который срабатывает при установке микротелефона в держатель, что переводит станцию в режим ДЕЖУРНЫЙ ПРИЕМ.

4.3.3. Контроллер микротелефона

Контроллер микротелефона предназначен для обмена командами между приемопередатчиком и микротелефоном, коммутации речевых сигналов, обслуживания клавиатуры и индикаторов микротелефона (рис. 4.10). Контроллер микротелефона состоит из следующих основных узлов:

- микропроцессорная система DD1, DD2, DD3 (микросхемы DD2, DD3 не показаны на рис.4.10);

- микрофонный усилитель DA1 (выводы 1..3);

- усилитель с АРУ DA1 (выводы 6...10);

- коммутатор DD4;

- усилитель мощности DA1 (выводы 12...14), VT2, VT3;

- телефонный усилитель VT4;

- формирование токов сегментов АК1...АК7;

- стабилизатор напряжения +5 В DA2.

Микропроцессорная система реализована на микросхеме DD1 однокристалльной микроЭВМ КР1820ВЕ1. Регистр DD2 служит для фиксации адреса. ПЗУ DD3 содержит программу работы контроллера. Порт G микроЭВМ (выводы PA0...PA3) настроен на вывод и управляет коммутатор аналоговых сигналов через DD5. Порт IN работает на ввод, на разряды IN0...IN2 поступают сигналы с клавиатур, а на разряд IN3 – сигналы команд, выделяемые из информационного сигнала. Диод VD3 защищает вход IN3 от перенапряжения. Порт D работает на вывод и управляет переключением катодов индикатора и столбцов матрицы клавиатуры. Порт L настроен на вывод и с помощью ключей АК переключает сегменты индикаторов.

В режиме ПЕРЕДАЧА ключ DD4 (8-9, 11-10) разомкнут, а ключи DD4 (1-2, 4-3) замкнуты. Сигнал с микрофона BM1 через микрофонный усилитель DA1 (выводы 1-3) поступает на усилитель с АРУ DA1 (выводы 6-11). С него на усилитель мощности DA1 (выводы 12-14), VT2, VT3 и через ключ DD4 (1-2, 4-3) попадает в линию ИНФОРМАЦИЯ. Делитель R20, R25 задает смещение речевым сигналам, необходимое для предотвращения попадания отрицательных полуволн на вход команд IN3.

При срабатывании шумоподавителя в режиме ПРИЕМ ключ DD4 (8-9) замкнут, а ключи DD4 (1-2, 3-4, 11-10) разомкнуты. Речевые сигналы с цепи ИНФОРМАЦИЯ поступают на телефонный усилитель VT4, а с него на телефон BF1.

При передаче команд все ключи размыкаются, поэтому напряжение логической единицы в цепи ИНФОРМАЦИЯ задается делителем R20, R25 и составляет около 6 В. Логический ноль в цепи ИНФОРМАЦИЯ задается сигналом через ключ VT5.

При приеме команды независимо от состояния ключей логический ноль в цепи ИНФОРМАЦИЯ через диод VD3 поступает на вход микроЭВМ и фиксируется на ней. После того как микроЭВМ обнаружит сигнал на этом входе, она закрывает все ключи и речевые сигналы не мешают приему команд.

При нажатии на любую кнопку на клавиатуре ключи DD4 (1-2, 4-3, 8-9) размыкаются на время 20...50 мс, а ключ DD4 (11-10) замыкается, и через него на телефонный усилитель с выхода микроЭВМ подаются импульсы для звуковой индикации нажатия кнопки.

Обмен информацией между микротелефонной трубкой и приемопередатчиком организован следующим образом:

- после подключения питания приемопередатчик посылает сигнал сброса для трубки (логический ноль длительностью около 1 с);

- обнаружив сигнал сброса и дождавшись его окончания, трубка передает свой тип, после чего приемопередатчик посылает данные для вывода на индикацию;

- при нажатии любой кнопки трубка посылает сигнал запроса по линии ИНФОРМАЦИЯ (логический ноль длительностью 10...50 мс) и ожидает прихода сигнала подтверждения от приемопередатчика. В случае его отсутствия в течение 0,5 с запрос повторяется. Приемопередатчик, обнаружив запрос, выдает сигнал подтверждения длительностью 400 мкс, получив который, трубка передает код нажатой кнопки. Приемопередатчик посылает трубке данные для вывода на индикацию, не предваряя их запросом. Трубка, обнаружив стартовый бит, закрывает ключи управления микрофоном и телефоном и принимает данные. В случае отсутствия сигнала сброса после включения питания трубка переходит в тестовый режим.

Сначала проходит тест индикации, далее свечение в течение 1 секунды всех разрядов на всех индикаторах. После этого происходит поочередное включение индикаторов и поочередный перебор сегментов на всех индикаторах. По окончании теста индикации трубка переходит к тесту клавиатуры. При этом, обнаружив нажатие кнопки, трубка выдает звуковой сигнал и передает код кнопки, не предваряя его запросом и не ожидая подтверждения.

4.4. Порядок выполнения работы

1. Тумблер **Вкл** поставить в верхнее положение. Проверить засветку светодиода индикации питания. Проверить подключение радиостанции через нагрузку 50 Ом к осциллографу С1-65А.

2. На табло микротелефонной трубки проверить засветку (слева направо):

- 1 разряд – Γ включен шумоподаватель,
 - 2 разряд – пустой,
 - 3 разряд – «С»,
 - 4 разряд – «h»,
 - 5 разряд – 4
 - 6 разряд – 0
- } номер канала

3. Нажать кнопку **F** два раза. Записать значение установленной частоты (например **27150** – значение частоты в килогерцах).


4. Проверка работы радиопередающего тракта. Снять микротелефонную трубку с держателя. Нажать тангенту (слева на корпусе), измерить частоту, напряжение и мощность ($P = U^2/R$) на нагрузке $R = 50$ Ом.

5. Перестроить частоту, нажав кнопку –, установить значение частоты **27125**, при этом записать номер установленного канала.

6. Нажать кнопку **ПШ** – включение шумоподавителя. Отметить начало работы шумоподавителя по воспроизводимому через громкоговоритель звуковому сигналу.

7. Проверка работы радиоприемного тракта. Подключить кабель, присоединенный к держателю микротелефонной трубки, ко входу осциллографа С1-65А. Подключить кабель, присоединенный к нагрузке 50 Ом, к выходу генератора Г4-116. Нажать кнопку **16-34** (выбор диапазона), кнопку **ГВЧ, ЧМ-Внутрен.** Установить девиацию Δf_k , кГц равной 1,8 кГц. Включить кнопку **Вкл-Сеть** на панели генератора Г4-116. Установить уровень 10 μV (по верхней шкале указателя уровня). Плавно перестраивая частоту генератора Г4-116 в пределах 26...28 МГц (27,125 МГц), добиться появления гармонического сигнала на экране осциллографа С1-65А.

8. Произвести измерение чувствительности приемника. Уменьшить выходной уровень сигнала на генераторе Г4-116 до величины приблизительно 0,7 μV . Кабель, подключенный к микротелефонной трубки, подключить ко входу милливольтметра В3-38. Измерить амплитуду полезного сигнала U_c . Снять выходной сигнал с генератора Г4-116, отжав кнопку **ЧМ-Внутрен.** Снова измерить уровень, но уже шумового $U_{ш}$ сигнала на вольтметре В3-38. Определить величину отношения $U_c/U_{ш}$ и перевести это значение в децибелы.

9. Выполнить измерение девиации частоты. Подключить разъем **АНТ** радиостанции через нагрузку и регулируемый аттенюатор ко входу прибора СКЗ-46, разъем $\sim 2,5 V_{\max}$. Выход прибора СКЗ-46, разъем **НЧ выход**  подключить ко входу осциллограф С1-65А. Подать питание ~ 220 В на прибор СКЗ-46. Для этого тумблер, расположенный на корпусе прибора слева, поставить в нижнее положение. Подать с генератора Г3-109 сигнал частотой 1 кГц и напряжение $\sim 0,9$ В на разъем, расположенный на микротелефонной трубке. На приборе СКЗ-46 установить режим измерения параметров частотной модуляции. Для этого нажать кнопку **АМ/ЧМ**, должна загореться индикация **кНз**. Выбрать полосу измерения. Нажать кнопку

полоса и обеспечить засветку индикатора **30 кГц**. Нажать тангенту на микротелефонной трубке. Записать значение девиации частоты с табло прибора СКЗ-46.

10. Выключить питание радиостанции и приборов С1-65А, ВЗ-38, Г4-116, СКЗ-46. Для этого тумблер **Вкл** поставить в нижнее положение.

11. Занести основные данные в отчёт.

4.5. Содержание отчёта

1. Общая структурная схема радиостанции.
2. Назначение и условия эксплуатации.
3. Результаты измерений и расчётов.
4. Выводы по проделанной работе.

4.6. Контрольные вопросы

1. Назовите основные технические характеристики и параметры радиостанции **Роса-А**.

2. Назовите основные технические характеристики и параметры передатчика.

3. Назовите основные технические характеристики и параметры приёмника.

4. Особенности функционирования приёмника.

5. Особенности функционирования синтезатора частоты.

6. Особенности работы передатчика.

7. Опишите работу подмодулятора передатчика.

8. Назначение и особенности функционирования микроконтроллера радиостанции.

9. Назначение и особенности работы контроллера микротелефона.

Содержание

Лабораторная работа №1. Исследование характеристик и проверка работоспособности базовой станции BD86.....	3
Лабораторная работа №2. Проверка функционирования и исследование характеристик сотового телефона Nokia 5110.....	18
Лабораторная работа №3. Исследование характеристик и проверка работоспособности базовой станции RS4000.....	32
Лабораторная работа №4. Проверка функционирования и исследование характеристик радиостанции РОСА-А.....	49

Библиотека БГУИР

Учебное издание

Мищенко Валерий Николаевич

**ИЗУЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ
ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ**

Лабораторный практикум по дисциплине
«Системы подвижной радиосвязи и радиоопределения»
для студентов специальностей
I-45 01 01 «Многоканальные системы телекоммуникаций»,
I-45 01 02 «Радиосвязь, радиовещание и телевидение»
всех форм обучения

Редактор Н. В. Гриневич
Корректор Е. Н. Батурчик

Подписано в печать 20.11.2007.
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 3,8.

Формат 60×84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 150 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 4,77.
Заказ 563.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6