

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
НОВГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ВОЕННАЯ КАФЕДРА.



Радиостанция Р-161

Учебное пособие по военно-технической подготовке.

НОВГОРОД 1996

Учебное пособие подготовлено в соответствии с программой дисциплины “Военно-техническая подготовка” и предназначена для студентов гражданских ВУЗов, обучающихся по программе подготовки офицеров запаса для войск связи (ВУС–121202) на военных кафедрах.

В пособии рассматриваются основные технические данные, принципы построения и функционирования радиостанции Р-161А2 (Р-161А-2М). При написании учебного пособия были использованы технические описания, учебные пособия Военной академии связи по радиостанциям Р-161А2 и Р-161А-2М, а также учтён и обобщён опыт учебно-методической работы коллектива преподавателей военной кафедры.

Учебное пособие разработано авторским коллективом: начальником цикла военной кафедры подполковником *Аксёновым И. А.* и преподавателем военной кафедры майором *Курдовым Ю. Д.*

Оглавление.

1. БОЕВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОСТАНЦИИ Р-161А-2М.	7
1.1 Назначение радиостанции.	7
1.2 Варианты боевого применения радиостанции.	7
1.3 Основные технические характеристики радиостанции.	9
1.4 Состав радиостанции Р-161 А2.	12
1.5 Антенно-фидерные устройства и их размещение на местности.	13
1.5.1 Передающие антенны.	13
1.5.2 Приёмные антенны.	16
2. СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ РАДИОСТАНЦИИ.	19
2.1 Структурная схема, состав и назначение элементов системы электропитания.	19
2.2 Назначение и конструктивные особенности элементов коммутации и контроля системы электропитания.	20
2.3 Система управления, блокировки и сигнализации.	22
3. РАДИОПЕРЕДАТЧИК.	25
3.1 Основные электрические характеристики и структурная схема передатчика.	25
3.2 Общая характеристика возбудителя.	26
3.2.1 Назначение.	26
3.2.2 Тактико-технические данные.	27
3.2.3 Электрические характеристики.	28
3.3 Структурная схема возбудителя.	29
3.4 Формирование радиосигналов в возбудителе.	31
3.4.1 Формирование телефонных радиосигналов.	31
3.4.2 Формирование телеграфных радиосигналов.	33
3.5 Синтезатор частот.	36
3.5.1 Общая структура и принцип работы.	36
3.5.2 Третий и второй гетеродины (Б1-2).	37
3.5.3 Синтезатор мелкой сетки (Б1-6).	38
3.5.4 Первый гетеродин (Б1-14).	40
3.6 Тракт преобразования и усиления радиосигнала (Б2-5).	40
3.7 Электропитание возбудителя.	42
3.8 Усилитель мощности.	44
3.9 Согласующее устройство.	47
3.10 Симметрирующе-коммутирующее устройство.	50
4. РАДИОПРИЁМНИК Р-160П.	53
4.1 Основные технические характеристики радиоприёмника Р-160П.	53
4.2 Общий тракт приёма.	56
4.3 Система стабилизации частоты.	59

ОГЛАВЛЕНИЕ.

4.4 Тракт слуховых выходов (Б4-12)	61
4.5 Тракт приёма однополосных сигналов (Б4-2)	62
4.6 Тракт приёма сигналов F1, F6 и F9 (Б5-72)	63
4.6.1 Принцип приёма сигналов ОФТ	64
4.6.2 Принцип приёма сигналов ЧТ	65
4.6.3 Приём сигналов ДЧТ (F6)	67
5. УПРАВЛЕНИЕ РАДИОСТАНЦИЕЙ И КОММУТАЦИЯ КАНАЛОВ.	71
5.1 Состав и назначение устройств управления и коммутации. Органы управления, регулировка контроля.	71
5.1.1 Пульт начальника радиостанции (ПНР)	71
5.1.2 Пульт радиооператора	72
5.1.3 Пульт кабины	72
5.1.4 Коммутатор неоперативный (КН)	73
5.1.5 Блоки запоминания частот возбуждителя и приемника	73
5.1.6 Линейный ввод	74
5.1.7 Специальный ввод СП-1	75
6. АППАРАТУРА АДАПТАЦИИ Р-016В.	77
6.1 Назначение, принцип работы и основные технические характеристики.	77
6.2 Структурная схема аппаратуры Р-016В	82

Рисунки.

<i>Рисунок 1. Боевое применение радиостанции Р161.</i>	8
<i>Рисунок 2. Организация дуплексной телефонной засекреченной связи.</i>	8
<i>Рисунок 3. Вариант развёртывания антенн при автономном использовании радиостанции.</i>	14
<i>Рисунок 4. Система электропитания.</i>	23
<i>Рисунок 5. Структура усилительного тракта.</i>	44
<i>Рисунок 6. Сигнал ОФТ.</i>	64
<i>Рисунок 7. Демодулятор сигналов ОФТ.</i>	64
<i>Рисунок 8. Характеристика фазового детектора.</i>	65
<i>Рисунок 9. Балансный демодулятор.</i>	66
<i>Рисунок 10. Характеристика демодулятора при приёме сигналов F6.</i>	67

Таблицы.

<i>Таблица 1. Режимы работы радиостанции.</i>	10
<i>Таблица 2. Антенны.</i>	14
<i>Таблица 3. Различные варианты возбуждителя.</i>	31
<i>Таблица 4. Шифрование ТГ сигналов при двухканальной телеграфии.</i>	34
<i>Таблица 5. Частоты при двухканальной телеграфии.</i>	35
<i>Таблица 6. Примеры образования комбинационных колебаний.</i>	41
<i>Таблица 7. Распределение питающих напряжений.</i>	43
<i>Таблица 8. Поддиапазоны СКУ.</i>	51
<i>Таблица 9. Чувствительность приёмника.</i>	53
<i>Таблица 10. Допустимая скорость телеграфирования и полоса пропускания фильтра.</i>	54
<i>Таблица 11. Основные характеристики блоков УРЧ.</i>	57
<i>Таблица 12. Функция компаратора.</i>	65
<i>Таблица 13. Параметры линии задержки при различных сдвигах сигнала ЧТ.</i>	67
<i>Таблица 14. Манипуляция при ДЧТ.</i>	67
<i>Таблица 15. Параметры УГ4.</i>	68
<i>Таблица 16. Использование линий неоперативного коммутатора.</i>	73

<i>Таблица 17. Коммутация при использовании различных аппаратных.</i>	<i>74</i>
<i>Таблица 18. Порядок смены фиксированных частот.</i>	<i>78</i>
<i>Таблица 19. Пример перестройки приёмника.</i>	<i>78</i>
<i>Таблица 20. Значение информационной части команды.</i>	<i>81</i>

1. БОЕВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОСТАНЦИИ Р-161А-2М.

1.1 Назначение радиостанции.

Радиостанция Р-161А-2М предназначена для обеспечения дуплексной или симплексной телефонной и телеграфной радиосвязи в оперативном и оперативно-тактическом звеньях управления различных видов Вооруженных Сил на расстоянии до 2000 километров.

Радиоканал, образованный с помощью радиостанций Р-161А-2М, обеспечивает передачу телефонной и телеграфной засекреченной информации, а также автоматическую адаптацию к узкополосным помехам и условиям распространения радиоволн на группе частот.

Радиостанция позволяет устанавливать радиосвязь с радиостанциями первого и второго послевоенного поколений при совпадении диапазона рабочих частот и выборе соответствующего вида сигнала.

1.2 Варианты боевого применения радиостанции.

Радиостанция может использоваться автономно или централизованно, обеспечивая связь на стоянке, а также в движении. Варианты боевого применения радиостанции приведены далее (рисунок а).

При автономном варианте (рисунок аа) радиоканал, образованный аппаратурой радиостанции, отдается непосредственно потребителю. Примером может служить способ обеспечения радиосвязи в движении из кабины водителя.

Варианты централизованного применения радиостанции предусматривают подключение к ней аппаратуры оконечных телефонных или телеграфных аппаратных узла связи (УС). На УС оперативно-тактического звена управления радиостанция располагается в непосредственной близости от телефонной (телеграфной) аппаратной УС и подключается к соответствующим оконечным аппаратным проводной или радиорелейной линией. Такой вариант (рисунок аб) предусматривает использование передающего и приёмного трактов радиостанции.

В оперативном звене управления радиостанция используется в составе группы радиостанций передающего радицентра (рисунок ав).

В этом случае из состава радиостанции используется передатчик, управление которым осуществляется дистанционно по кабельной или радиорелейной линии из отдельной приёмной машины.

В ряде случаев (при перемещении пунктов управления (ПУ), выезде с ПУ в войска) командир соединения и соответствующие начальники должны иметь устойчивую радиосвязь с вышестоящим командованием, со своим командным пунктом, с пунктами управления взаимодействующих и подчиненных частей. При этом командир (начальник) находится в одном из подвижных пунктов управления (ППУ) или командно-штабной машине (КШМ).

Возможность организации устойчивой телефонной засекреченной радиосвязи на предельных расстояниях командиру (начальнику) для оперативного управления войсками в движении из ППУ (КШМ) ограничивается следующим:

⇒ радиостанции КШМ работают, как правило, лишь в симплексном режиме;

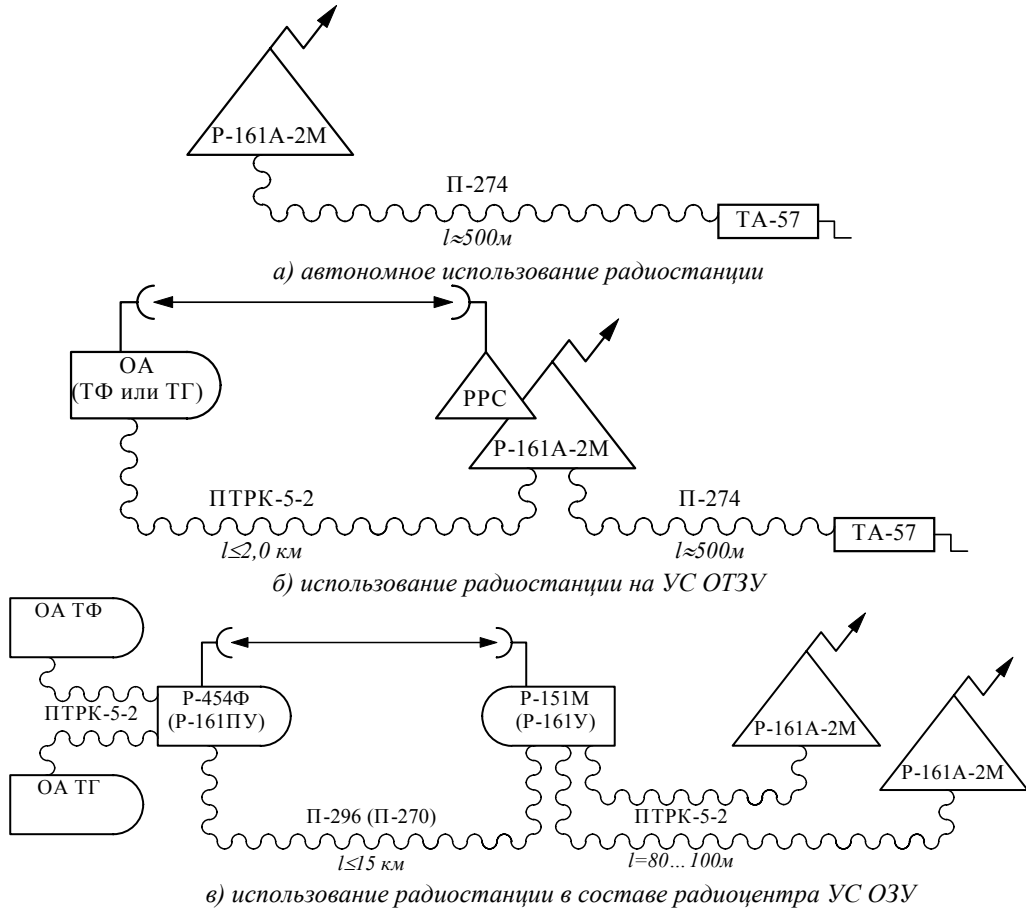


Рисунок А.Боевое применение радиостанции Р161.

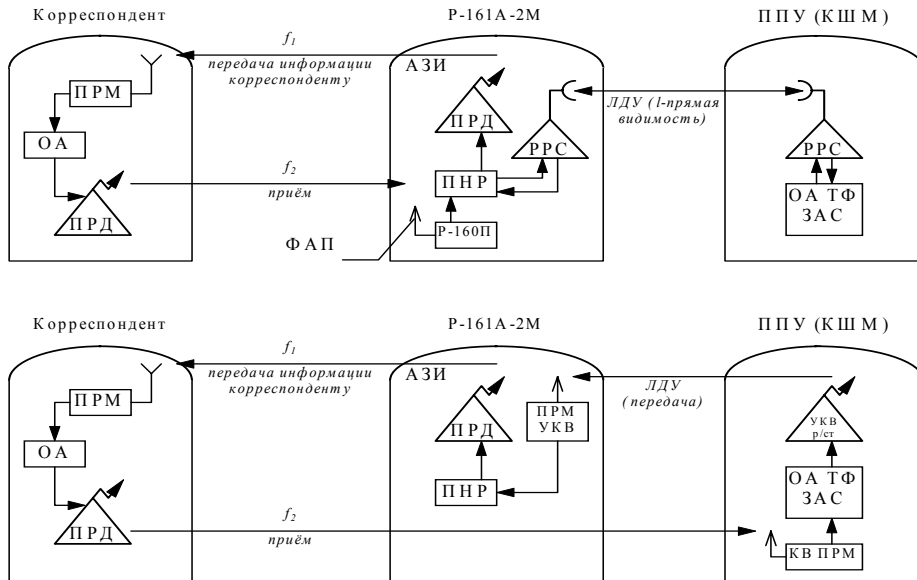


Рисунок В.Организация дуплексной телефонной засекреченной связи.

- ⇒ мощность радиостанций невелика (десятки ватт);
- ⇒ при движении ППУ (КШМ) возникает большой уровень контактных помех, что резко снижает дальность связи.

Для обеспечения устойчивой телефонной засекреченной радиосвязи (прежде всего дуплексной) при перемещении ПУ используют дистанционное управление радиостанциями средней мощности из ППУ (КШМ). Речь идет об управлении ВЧ колебаниями передатчика радиостанции.

Дуплексная телефонная засекреченная радиосвязь с корреспондентом непосредственно из ППУ (КШМ) через радиостанцию Р-161А-2М в движении практически может быть организована:

- ⇒ по линии ДУ, образованной с помощью радиорелейной станции;
- ⇒ по линии ДУ, образованной с помощью УКВ радиосредств радиостанций Р-161А-2М и ППУ (КШМ);

В первом случае (рисунок б.а) линия ДУ является двунаправленной. В радиостанции Р-161А-2М тональные выход и вход канала тональной частоты радиорелейной станции (РРС) являются, соответственно, трактами передачи и приёма, которые через неоперативный коммутатор пульта начальника радиостанции коммутируются ко входу возбудителя передатчика и выходу радиоприёмника Р-160П. В качестве передающей используется антенна зенитного излучения (АЗИ), а приёмной—ферритовая антенна (ФАП).

Недостатком такого варианта управления радиостанцией Р-161А-2М в движении является необходимость использования для работы РРС штатных узконаправленных, и в то же время низко расположенных антенн, которые при пересеченной местности и извилистых дорогах обеспечивают устойчивое дистанционное управление на расстоянии между радиостанцией и ППУ (КШМ) до 30...40 м.

Во втором случае (рисунок б.б) линия дистанционного управления является односторонней. В ППУ (КШМ) для передачи засекреченной информации используется одна из УКВ радиостанций, а для приёма—КВ радиостанция. В радиостанции Р-161А-2М приём засекреченной информации из ППУ (КШМ) осуществляется УКВ радиоприёмником, например, Р-160П, Арбалет-УПК или Р-323, а также радиостанцией Р-105М, установленной в кабине водителя.

Недостатком данного варианта является необходимость установки в радиостанции Р-161А-2М штатной дополнительной антенны для УКВ диапазона, поскольку рабочий диапазон ФАП ограничен 14 МГц, и осуществления дополнительной нетиповой коммутации каналов на ПНР.

В качестве приёмной антенны УКВ диапазона в движении можно использовать одно колено штатной антенны ШТ-4М, установленной на кузове аппаратной, или антенну радиостанции Р-105М. Однако при этом необходима дополнительная перекоммутация их выходов и следует учитывать влияние передающей антенны на приёмную, обеспечивая необходимый разнос по частоте.

1.3 Основные технические характеристики радиостанции.

Тип радиостанции—автомобильная широкодиапазонная автоматизированная адаптивная приёмно-передающая телефонно-телеграфная радиостанция средней мощности.

Дальность радиосвязи зависит от правильного выбора рабочих частот и антенн, условий распространения радиоволн и параметров местности на трассе радиосвязи.

Максимальная дальность устойчивой радиосвязи при правильно выбранных частотах и антеннах составляет:

БОЕВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ И ТТХ РАДИОСТАНЦИИ Р-161А-2М.

Режимы работы		Вид работы в Р-161А-2М	Характеристика видов работ	Обозначение аналогичных видов в Р-140М
Телефонные	Одноканальный	АЗЖ	Одна боковая полоса с подавленной несущей	ВБ, НБ 3%
		АЗА	Одна боковая полоса с ослабленной несущей	ВБ, НБ 10%
		АЗН	Одна боковая полоса с полной несущей	ВБ, НБ 70%
		ФЗ	Частотная модуляция	ЧМ
	Двухканальный	АЗВ подавл.	2 независимые боковые полосы	ВБ+НБ 3%
		АЗВ ослабл.	2 независимые боковые полосы	ВБ+НБ 10%
Телефонные	Одноканальный	А1	Амплитудная телеграфия	АТ
		F1-200	Частотная телеграфия со сдвигом 200 Гц	ЧТ-250
		F1-500	-“-“-“-500 Гц	ЧТ-500
		F1-1000	-“-“-“-1000Гц	–
		F9-300 F9-500	Относительная фазовая телеграфия	–
	Двухканальный	F6-200	Двойная частотная телеграфия со сдвигом 200 Гц	ДЧТ-250
		F6-500	-“-“-“-500 Гц	–
		F6-1000	-“-“-“-1000 Гц	–

Таблица А. Режимы работы радиостанции.

⇒ на стоянке до 2000 километров;

⇒ в движении со скоростью не более 30 км/час–до 300 километров.

Пределы изменения дальности радиосвязи зависят от типа передающих и приёмных антенн, а также от диапазона рабочих частот и условий распространения радиоволн.

Режимы и виды работы радиостанции определяются возбудителем “Лазурь” и приёмником Р-160П и приведены выше (таблица а).

Количество заранее подготовленных частот в КВ и УКВ диапазонах–по 10 частот. Время автоматической перестройки передатчика с одной ЗПЧ на другую не превышает 2 секунд, радиоприёмника Р-160П–не более 0,3 секунды.

Диапазон рабочих частот: 1,5...59,9999 МГц с дискретной установкой частоты через 100 Гц.

Метод установки частоты–декадный с визуальным контролем установленного номинала частоты по цифровому табло. Количество рабочих частот радиостанции–585000.

Мощность передатчика–не менее 1200 Вт на нагрузке 75 Ом. Имеется возможность плавной регулировки мощности передатчика. В диапазоне рабочих частот указанная мощность передатчика обеспечивается двумя усилителями мощности КВ диапазона (1,5...29,99999 МГц) и УКВ (30...59,99999 МГц).

Чувствительность радиоприёмника во всех видах работ при отношении напряжения сигнала к напряжению помехи, равному 3, не хуже 2 мкВ. Для ЧМ сигналов при частоте модулирующего сигнала 1000 Гц, девиации 5 кГц и соотношении уровней сигнала и помех на выходе приёмника, равному 10, не хуже 4 мкВ.

Разнос частот настройки передатчика и приёмника при дуплексной работе в диапазоне 1,5...12 МГц—не менее 240 кГц, в диапазоне 12...30 МГц—не менее 2% от номинала частоты передатчика, и в диапазоне от 30 до 60 МГц—не менее 10%, при работе на АЗИ и ФАП—не менее 500 кГц.

Стабильность частоты передающего и приёмного устройств определяется опорными генераторами типа “Тиацинт”. Относительная нестабильность частоты ОГ за 6 месяцев не превышает $\pm 2 \cdot 10^{-7}$. Время готовности ОГ к работе—20 минут.

Параметры радиoliniи:

1. Неравномерность частотной характеристики радиoliniи в полосе ее частот 0,3...3,4 кГц стандартного канала ТЧ не превышает 6 дБ.
2. Телеграфные искажения для ТГ видов работы не превышают 13%, для работы сигналами F6—не более 23%.
3. Уровень внятных переходных помех не превышает 52 дБ.
4. Уровень нелинейных искажений не превышает 32 дБ.

Управление радиостанцией при её автономной работе осуществляется:

- ⇒ из аппаратного отсека;
- ⇒ из кабины водителя;
- ⇒ с вынесенного на расстояние до 500 метров телефонного аппарата ТА-57.

При работе в составе узла связи ОТЗ управление производится:

- ⇒ из телефонных или телеграфных аппаратных УС по проводным или радиорелейным линиям;
- ⇒ из КШМ по РРС Р-415 или Р-173.

При работе в составе передающего радиоцентра (ПДРЦ) управление передатчиком осуществляется из отдельной приёмной машины по линии дистанционного управления через аппаратные Р-151М или Р-161У.

Управление автоматикой радиостанции производится из аппаратной (при местном управлении), либо из приёмной машины с помощью системы ТУ-ТС аппаратуры Р-016В.

Площадка для развёртывания. При развёртывании радиостанции на полный комплект антенных устройств необходима открытая площадка 150×100 м.

Время развёртывания радиостанции в летнее время на все типы антенн не превышает 2 часа 30 минут. Время развёртывания радиостанции для связи в движении—8...10 минут.

Электропитание радиостанции осуществляется от:

- ⇒ внешней сети трёхфазного тока напряжением 380 В при работе на стоянке;
- ⇒ электростанции АСБ-12 при работе на стоянке (основной);
- ⇒ автономного бензоэлектрического агрегата АБ-8-Т/400 при работе на стоянке и в движении;
- ⇒ системы отбора мощности от двигателя автомобиля при работе на стоянке.

Время готовности радиостанции к работе после включения электропитания—не более 30 минут.

Транспортная база—кузов К-6-131 на шасси автомобиля ЗИЛ-131. Кузов разделен перегородкой на аппаратный и агрегатный отсеки.

Масса радиостанции Р-161А-2М с экипажем и полной заправкой горючим—не более 10,5 тонн.

Экипаж радиостанции—4 человека: начальник радиостанции, радиооператор, механик ЗАС и водитель-электромеханик.

1.4 Состав радиостанции Р-161 А2.

В состав радиостанции Р-161 входят:

1. Тракт передачи:

- ⇒ возбудитель “Лазурь”;
- ⇒ усилитель мощности диапазона КВ/УМ КВ/;
- ⇒ усилитель мощности диапазона УКВ/УМ УКВ/;
- ⇒ согласующее устройство КВ/СУ КВ/;
- ⇒ согласующее устройство УКВ/СУ УКВ/;
- ⇒ симметрирующе-коммутирующее устройство /СКУ/;
- ⇒ блок управления согласующими устройствами /БУ СУ/;
- ⇒ коммутатор передающих антенн (коммутаторы КВ и УКВ);
- ⇒ эквивалент нагрузки усилителя мощности /ЭН/;
- ⇒ комплект передающих антенно-фидерных устройств.

2. Тракт приёма:

- ⇒ радиоприёмник Р-160 П;
- ⇒ коммутатор приёмных антенн;
- ⇒ коммутатор дежурного приёма (в Р161А-2М);
- ⇒ радиоприёмник Р-326 (в Р-161А-2М);
- ⇒ комплект приёмных антенно-фидерных устройств.

3. Аппаратура управления радиостанцией:

- ⇒ пульт начальника радиостанции /ПНР/;
- ⇒ пульт кабины /ПК/;
- ⇒ пульт радиста-оператора (в Р-161А-2М);
- ⇒ устройство выбора антенн;
- ⇒ блоки запоминания частот возбудителя и приёмника;
- ⇒ аппаратура Р-016 В (в Р-161А-2М).

4. Аппаратура дистанционного управления и сопряжения с оконечными аппаратами:

- ⇒ радиорелейная станция Р-415;

⇒ модемы АБ-481 и АБ-482 (в Р-161А-2М).

5. **Вводно-коммутационное и дополнительное оборудование:**

- ⇒ ввод линейный;
- ⇒ ввод линейный СП-1;
- ⇒ радиостанция Р-105М /Р-159/.

6. **Оконечная телефонная и телеграфная аппаратура и измерительные приборы:**

- ⇒ головные телефоны;
- ⇒ микротелефонные гарнитур ПНР и ПК;
- ⇒ телеграфный ключ;
- ⇒ датчик кода Морзе Р-010;
- ⇒ громкоговоритель;
- ⇒ измеритель уровня П-321;
- ⇒ предусмотрено место для установки телефонной или телеграфной аппаратуры автоматического засекречивания каналов связи.

7. **Система электропитания:**

- ⇒ агрегат бензоэлектрический АБ-8-Т/400;
- ⇒ щит соединительный;
- ⇒ ввод силовой;
- ⇒ фильтр сетевой;
- ⇒ щит с автоматической защитой;
- ⇒ блок коммутации;
- ⇒ пульт управления блоком коммутации;
- ⇒ стабилизатор напряжения;
- ⇒ распределительная коробка;
- ⇒ силовые кабели.

1.5 Антенно-фидерные устройства и их размещение на местности.

Для обеспечения различных вариантов боевого использования радиостанции в ее комплект входят передающие и приёмные антенны. Типы и характеристики этих антенн представлены далее (таблица б). Комплект антенн радиостанции может быть развернут в различных вариантах на двух телескопических мачтах высотой 12 метров. Варианты развертывания антенн при автономном использовании радиостанции приведены далее (рисунок с). Для развертывания всего комплекта антенн требуется площадка размером 150×100 м.

1.5.1 Передающие антенны.

V-образная антенна¹ (10..30 МГц) образуется из комбинированного полотна, размещенного на телескопической мачте, путем подключения перемычек. Для плеч 46 метров расстояние между концами лучей 37 метров, высота подвеса антенны 12 метров. Полотно выполнено из медного многожильного провода МГ-6. На концах полотен антенны подключены активные нагрузки (по 400 Ом) мощностью 240 Вт и противовесы (6 лучей по 4,5 метров). Антенна имеет однонаправленную диаграмму и подключается к КПА двухпроводным фидером длиной 15 метров с волновым сопротивлением 560 Ом.

λ-образная антенна¹ 60/15 (20..60 МГц) выполнена из провода МГ-6 и имеет плечи, длиной 60 и 15 метров. На конце плеча 60 метров подключена нагрузка 400 Ом и противовес.

На конце плеча 15 метров подключен трансформатор и противовес.

Трансформатор соединяют с антенным вводом радиостанции коаксиальным кабелем типа РК75-7-25 длиной 25 метров. Трансформатор выполнен на кольцевом ферритовом сердечнике типа ЮВЧ1 в литом силуминовом корпусе цилиндрической формы.

¹ V и λ образная антенны образуются из комбинированного антенного полотна.

БОЕВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ И ТТХ РАДИОСТАНЦИИ Р-161А-2М.

λ -образная антенна подвешивается на мачту на высоте 12 метров. Антенна имеет направленную диаграмму с максимумом в сторону нагрузки. Поляризация волны вертикальная.

№ пп	Тип и наименование антенны	Диапазон рабочих частот, МГц	Дальность связи, км	
			Тип волны	
			земная	ионосф.
Приёмные антенны:				
1.	Ферритовая антенна приёмная (ФАП) ¹	1.5...14	-	300
2.	Штыревая антенна ШТ-3 на мачте	1.5...60	75	-
3.	Диполь Д2х13 на мачте $h_{\text{п}} = 9$ м	1.5...16	-	800
4.	V-образная (V2х46) на мачте №2 $h_{\text{п}} = 12$ м, $R_{\text{н}} = 400$ Ом	10...30	-	2000
5.	λ -образная антенна ($\lambda 15/46$ или $\lambda 15/60$) на мачте	20...60	150	-
6.	Логопериодическая антенна (ЛПА)	40...60	200	-
Передающие антенны:				
1.	Антенна зенитного излучения (АЗИ)	1.5...14	-	300
2.	Штыревая антенна на крыше кузова: ШТ-4 (метра) ШТ-3 (метра)	14...50 50...60	75	-
3.	Широкодиапазонная антенна (ШДА)	30...60	80	-
4.	λ -образная антенна ($\lambda 15/60$)	20...60	150	-
5.	Логопериодическая антенна (ЛПА)	40...60	200	-
6.	Д2х13	4...16	-	800
7.	Т2х40	1.5...2	60	-
	Т2х13	2...5	60	-
	Д2х40 (ДУ2х40) уменьшается взаимное влияние при одновременном развёртывании Д2х40 м и Д2-13	1.5...5	-	800
	V2х46	10...30	-	2000
8.	Антенна РРС			

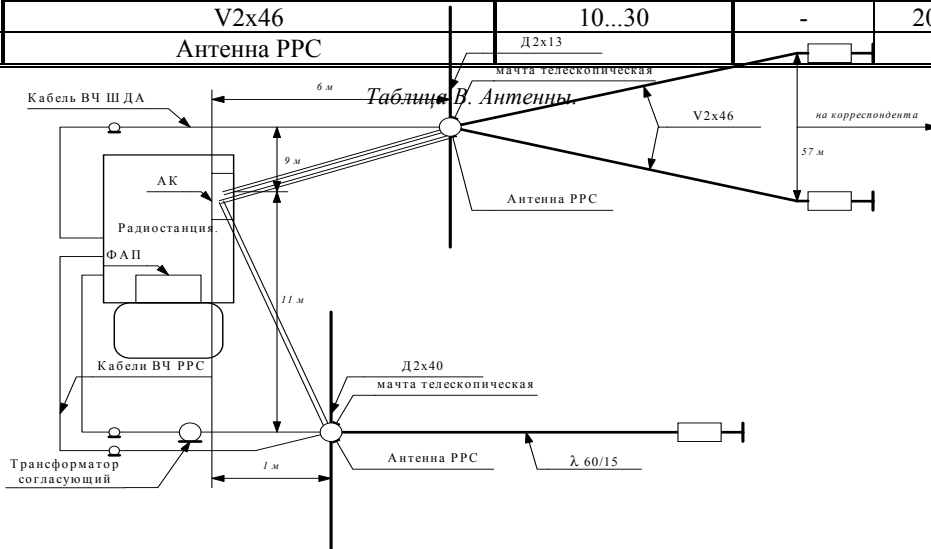


Рисунок С. Вариант развёртывания антенн при автономном использовании радиостанции.

¹ ФАП используется, как правило, в движении и на коротких остановках при работе АЗИ.

Диполь Д2х40 (1,5...5 МГц) образуется из комбинированного полотна путём отключения перемычек и подвешивается на высоте 12 метров.

Двухпроводный фидер с волновым сопротивлением 560 Ом для комбинированного полотна имеет длину 15 метров.

Диполь Д2х13 (4...16 МГц) подвешивается на телескопической мачте. Высота подвеса – 8,5 метров. Длина фидера 13,5 метров.

Для повышения оперативности при маневрировании частотами в диапазоне 1,5...16,0 МГц одновременно развёртываются диполь Д2х13 и диполь уголкового ДУ2х40. При этом плечи диполя Д2х40 устанавливаются под углом 110...120° друг к другу.

Т-образные антенны Т2х40 (1,5...2 МГц) и Т2х13 (2...5 МГц) образуются из соответствующих диполей путём переключения фидера в СКУ.

Антенна ШТ 4 метра (14...50 МГц) устанавливается на крыше и предназначена для работы земными волнами.

Антенна ШТ 3 (50...60 МГц) образуется из ШТ 4 путём снятия с него верхнего колена.

Антенна зенитного излучения (1,5...14 МГц) представляет собой систему, состоящую из полотна антенны, механизмов подъёма, коаксиальных линий и обеспечивает работу земными и ионосферными волнами.

Полотно антенны состоит из двух ШТ 4, расположенных в рабочем положении и под углом 30° к горизонту и вынесенных за габариты транспортной базы.

В исходном положении штыри могут быть сняты. Механизмы подъёма обеспечивают перевод антенны из транспортного положения в вертикальное или наклонное, и обратно.

Коаксиальные линии с волновым сопротивлением 200 Ом соединяют полотно антенны с выходом СКУ через устройство коррекционное. Центральная жила коаксиальной линии с одной стороны подключена к проходному изолятору, с другой к полотну антенны.

Коаксиальные линии расположены на крыше транспортной базы. Они выполнены из дюралюминиевых труб и центральной жилы.

Между выходом передатчика и вводом АЗИ включено устройство коррекционное (УК), которое служит для подогласования передатчика с АЗИ в нижней части диапазона рабочих частот. Устройство коррекционное состоит из семи резисторов ТВО 1 кОм и двух конденсаторов К15У по 2200 пФ.

Земными волнами работают при вертикальном положении штырей, ионосферными волнами – при наклонном положении.

Логопериодическая антенна (40...60 МГц) устанавливается на телескопической мачте.

Ширина диаграммы направленности в плоскости, перпендикулярной плоскости вибраторов по уровню 0,7, примерно 70...80°, в плоскости вибраторов – 50°.

Антенна выполнена из дюралюминиевых трубок. Две несущие трубы являются питающей линией, на которых размещены по логопериодическому закону вибраторы. Питающие линии расположены под углом друг к другу и соединены между собой фиксирующей штангой с изоляторами. В центре штанги имеются отверстия для крепления антенны на поворотном устройстве. Поворотное устройство устанавливается на мачте и позволяет выбирать вид поляризации – горизонтальную или вертикальную. Установка вида поляризации производится при развёрнутой мачте с помощью фалов, закрепленных на антенну.

Внутри одной из труб питающей линии проложен коаксиальный кабель и кабельный трансформатор, через который запитывается антенна. Максимум излучения антенны направлен в сторону коротких вибраторов.

Широкодиапазонная антенна (30...60 МГц) устанавливается на телескопической мачте. Антенна имеет круговое излучение в горизонтальной плоскости. Поляризация волны – вертикальная. Антенна выполнена в виде несимметричного плоского вертикально излучателя и противовеса. Излучатель состоит из штанги и двух съемных рам. Для удобства установки антенны на телескопическую мачту предусмотрено шарнирное колено, а для жесткости ее крепления – две капроновые оттяжки. Антенна выполнена из алюминиевых труб. Габариты вертикального излучателя в развернутом виде – 1300x1300x100 мм. Противовесы в количестве 8 штук расположены равномерно по окружности. Длина противовеса – 2 м. Масса антенны 11 кг. Антенна подключается к ВЧ разъёму коаксиальным кабелем типа РК75-7-21 длиной 25 м.

1.5.2 Приёмные антенны.

V-образная антенна (10...30 МГц) с длиной плеч по 46 м, расстоянием между концами лучей 37 м, высота подвеса на мачте 12 м. Полотно антенны комбинированное. Конструкция полотна приёмной V-образной антенны идентична передающей.

На концах лучей антенны подключены (по 400 м) мощностью 3 Вт и противовесы (шесть лучей по 4.5 м). Антенна подключается к КПрА коаксиальным кабелем РК75-4-12 длиной 65 м. Между антенной с двухпроводным фидером длиной 15 м и высокочастотным кабелем включен симметрирующий трансформатор, обеспечивающий согласование подключаемой антенны со входом Р-160П. Трансформатор выполнен на кольцевом ферритовом сердечнике и помещен в защитный кожух, предохраняющий от попадания влаги. В трансформаторе установлен разрядник с целью защиты антенны от грозовых разрядов и электромагнитного импульса.

λ-образная антенна (20...60 МГц) образуется из V-образной сближением полотен до 1.5 м и изменении коммутации на симметрирующем трансформаторе. В этом случае трансформатор является только согласующим, оба конца фидера переключаются к одной клемме трансформатора, а вторая клемма соединяется с корпусом перемычкой. Для работы используются вертикально поляризованные волны.

Диполь Д2x13 (1.5...16 МГц) подвешивается на мачте с высотой подвеса около 9 м. Антенна подключается к КПрА коаксиальным кабелем РК75-4-12 длиной 65 м. Для согласования со входом радиоприёмника Р-160П между ними включен симметрирующий трансформатор.

Трансформатор выполнен на кольцевом ферритовом сердечнике и помещен в защитный кожух. В кожухе трансформатора установлен разрядник.

Антенна ШТ 3 м (1.5...60 МГц) устанавливается наверху мачты и подключается к коммутатору приёмных антенн (КПрА) кабелем РК-75-7-11 длиной 65 м. В качестве противовеса штыревой антенны используются изолированные отрезки оттяжек.

Приёмная ЛПА идентична передающей, подключается к КПрА тем же кабелем РК75-7-11 длиной 65 м, что и антенна ШТ 3 м.

Ферритовая антенна приёмная (1.5...14 МГц) предназначена для обеспечения связи в движении или на остановках при работе АЗИ.

Конструктивно ФАП выполнена в радиопрозрачном корпусе из полиэтилена низкого давления.

Внутри корпуса помещены два пакета из ферритовых кольцевых сердечников. На стержнях выполнена намотка. Между стержнями помещен усилитель и узел настройки антенны. На кожухе ФАП установлены ВЧ и НЧ разъёмы и клемма заземления. Масса 7 килограммов.

Вопросы для самоконтроля.

1. Почему в различных звеньях управления радиостанция Р-161А-2М имеет различные варианты боевого применения?
2. Может ли радиостанция Р-161А-2М обеспечить телефонную и телеграфную радиосвязь с радиостанциями первого и второго послевоенного поколений?
3. Какие режимы и виды работы обеспечиваются радиостанцией на стоянке и в движении?
4. Какими техническими решениями в радиостанции Р-161А-2М обеспечиваются основные требования к связи: своевременности, достоверности и скрытности?
5. Какие антенны предназначены для обеспечения радиосвязи земной ионосферной волной, а также связи в движении?
6. Укажите варианты применения АФУ радиостанции при ее автономном и централизованном использовании?

2. СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ РАДИОСТАНЦИИ.

2.1 Структурная схема, состав и назначение элементов системы электропитания.

В систему электропитания входят первичные источники питания переменного тока, выпрямители (ВУ-76, выпрямитель в пульте управления, выпрямители отдельных устройств), устройства коммутации и контроля.

Радиостанция питается от трёхфазного переменного тока с напряжением 380 В, частотой 50 Гц.

В качестве первичных источников питания используются:

⇒ бензоэлектрический агрегат АБ-8-Т/400;

⇒ унифицированная установка переменного тока ЭУ-131-8-Т/400 (отбор мощности от двигателя автомобиля);

⇒ промышленная сеть трёхфазного переменного тока напряжением 380 или 220 В.

Бензоэлектрический агрегат может использоваться для питания аппаратуры как на стоянке, так и в движении. Все остальные перечисленные источники могут питать аппаратуру только на стоянке.

Бензоэлектрический агрегат состоит из трёхфазного генератора АБ-8 мощностью 8 кВт, напряжением 380 В, сочлененного с бензиновым двигателем типа М-408. Топливо—бензин А-72 (допускается А-76). Непрерывная работа без дополнительной заправки топливом—4 часа, с дополнительными заправками—24 часа.

Унифицированная электроустановка переменного тока ЭУ-131-8/400 является резервным источником питания радиостанции при работе на стоянке. Она имеет мощность 8 кВт.

При питании от сети трёхфазного переменного тока радиостанция может работать круглосуточно. Если напряжение сети равно (380 ± 19) В, то есть достаточно стабильно, то сеть может присоединяться к аппаратуре непосредственно (но при этом обязательно наличие нейтрали). Если же напряжение имеет значительно большие пределы изменения $(380 \frac{+38}{-76})$ В, то необходимо применение стабилизатора напряжения.

При питании от сети трёхфазного переменного тока напряжением 220 В включение стабилизатора напряжения обязательно, вне зависимости от степени стабильности напряжения. В этом случае стабилизатор выполняет роль повышающего автотрансформатора.

Аппаратура радиостанции потребляет мощность около 8 кВт.

Выпрямительное устройство ВУ-76 предназначено для электропитания постоянным и переменным током цепей каскадов усилителей мощности. Питается выпрямительное устройство от трёхфазной сети переменного тока напряжением (380 ± 19) В, частотой 50 Гц.

Выпрямительное устройство состоит из двух блоков: ВУ-76В и ВУ-76Н. В блоке содержатся выпрямители, обеспечивающие анодным питанием лампы второго и третьего каскадов (600 В для второго и 2000 В для третьего каскадов). В блоке ВУ-76Н содержатся остальные выпрямители. Все выпрямители, кроме выпрямителя накала, собраны по трёхфазным мостовым схемам, обеспечивающим низкий уровень пульсации выпрямленного напряжения.

2.2 Назначение и конструктивные особенности элементов коммутации и контроля системы электропитания.

Щит соединительный предназначен для подключения сети и защиты ее от коротких замыканий в цепях питания радиостанции и имеет в своем составе предохранители и переключатель для включения напряжения сети.

Промышленная трёхфазная сеть напряжением 380 В подключается к щиту кабелем длиной 6 м, на котором с одной стороны имеются наконечники, а с другой – разъем для подключения к щиту. Конструктивно щит выполнен в корпусе с герметичной крышкой, защищающей от попадания пыли и влаги. На нижней стенке расположены разъёмы для подсоединения двух силовых кабелей, а также клемма для заземления. На задней стенке щита установлены две планки с отверстиями для подвешивания его на опору. Масса щита 6.5 кг.

Ввод силовой предназначен для подключения кабелями к радиостанции трёхфазной сети напряжением 380 В, дополнительного заземления и внешнего потребителя.

На силовом вводе установлены три разъёма и две платы, к которым подключаются:

- ⇒ щит соединительный (Ш1);
- ⇒ дополнительное заземление (Ш2);
- ⇒ внешний потребитель (Ш3);
- ⇒ фильтр сетевой (к плате П1);
- ⇒ щит с автоматической защитой (к плате П2).

Конструктивно ввод силовой выполнен в виде алюминиевого литого корпуса с герметичной крышкой. На задней стене ввода расположена клемма для подключения заземления.

Фильтр сетевой предназначен для снижения уровня радиопомех, создаваемых аппаратурой радиостанции при использовании одного источника электропитания для нескольких радиосредств.

Конструктивно фильтр сетевой выполнен отдельным блоком, в котором размещены П-образные индуктивно-ёмкостные фильтры низкочастотные (дроссель и два проходных конденсатора).

Проходные конденсаторы типа КБП и высокочастотные дроссели на сердечниках из альсифера уменьшают высокочастотную составляющую, наводимую аппаратурой на внешнюю сеть. На боковой стенке фильтра установлены разъёмы и клеммы для заземления его корпуса. Фильтр сетевой имеет разъем, через который на ЩАЗ подается напряжение от агрегата для освещения кузова.

Щит с автоматической защитой предназначен для коммутации электрической сети, защиты ее от перегрузок и коротких замыканий, питания осветительной сети 12В, автоматического отключения сети от потребителей при возникновении между корпусом радиостанции и землей напряжением более 24 В (РБП). Для исключения сложных срабатываний РБП при работе радиостанции параллельно обмотке РБП включен конденсатор ёмкостью 0.01 мкф.

Конструктивно ЩАЗ выполнен отдельным блоком и размещается в аппаратном отсеке.

Блок коммутации предназначен для автоматической коммутации цепей источников питания переменного трёхфазного тока напряжением 380 В и распределения энергии источником питания по потребителям радиостанции. Коммутация осуществляется с помощью контактов, которые управляются кнопками с вынесенного пульта управления.

Блок коммутации обеспечивает:

- ⇒ подключение радиостанции к источнику питания через силовой ввод (сеть, отбор мощности, электростанция) или к агрегату при нажатии кнопки-табло “Сеть вкл.”

или “Агрегат вкл.”, а также отключение радиостанции от источников питания кнопкой “Откл.”;

- ⇒ автоматический контроль и переключение чередования фаз промышленной сети, что важно для правильной работы вентиляторов охлаждения;
- ⇒ контроль напряжения источников электропитания;
- ⇒ подачу светового сигнала аварии при отсутствии напряжения в одной из фаз на выходе блока коммутации;
- ⇒ питание потребителей переменного напряжения 12 В (до 8 А) и постоянного напряжения 27 В (до 0.5 А).

При использовании стабилизатора напряжения его подключение осуществляется двумя кабелями, один из которых соединяет щиток соединительный со входом стабилизатора, а второй—выход стабилизатора с вводом силовым.

Пульт управления блоком коммутации предназначен для управления включением блока коммутации и обеспечивает:

- ⇒ управление включением и отключением питания радиостанции от сети или электроустановок;
- ⇒ сигнализацию включения питания радиостанции от сети или агрегата и его отключения от источников питания;
- ⇒ защиту цепей питания трансформаторов блока коммутации и сигнализацию перегорания предохранителей;
- ⇒ контроль фазного напряжения источников питания.

Запрещено одновременно нажимать обе кнопки-табло (“Сеть вкл.”, “Агрегат вкл.”), т. к. при этом размыкается цепь питания автоматики блока коммутации и оба источника электропитания отключаются. Конструктивно пульт управления блока коммутации выполнен в отдельном корпусе. На передней панели размещены: кнопки-табло, переключатель, предохранители, сигнальные лампочки и вольтметр.

Стабилизатор напряжения (СТС-16/0.5С) предназначен для стабилизации напряжения при питании радиостанции от промышленной сети переменного тока напряжением 220/380 В, изменяющегося в пределах то минус 15% до плюс 10%.

Точность стабилизации выходного трёхфазного напряжения не хуже $\pm 3\%$ от номинального линейного и $\pm 5\%$ от номинального фазного напряжения. Конструктивно стабилизатор напряжения выполнен отдельным прибором. Масса стабилизатора—260 кг.

Стабилизатор имеет следующие характеристики:

- ⇒ мощность—16 кВт;
- ⇒ входное напряжение—380 или 220 В;
- ⇒ выходное напряжение—380 В;

Большая мощность стабилизатора напряжения позволяет при питании от сети не только включать кондиционер, но и обеспечивать нормальным питанием внешних потребителей (другие аппаратные).

Стабилизатор входит в состав невозимого ЗИП. Устанавливается он вне аппаратной и включается между соединительным щитом и силовым вводом.

Блок питания ПНР предназначен для электропитания элементов пульта от однофазной сети переменного тока напряжением (220 \pm 11) В. В состав блока питания входят следующие функциональные узлы: 3 трансформатора, стабилизатор напряжения ± 27 В, пять источников

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ РАДИОСТАНЦИИ.

постоянного напряжения (± 27 В, ± 20 В, ± 27 В, ± 60 В), два источника переменного напряжения (60 В, 6.3 В), устройство обобщенного сигнала аварии.

Преобразователь напряжения предназначен для аварийного питания напряжением 27 В аппаратуры служебной связи от аккумулятора (типового автомобильного отопителя) при пропадании первичной сети переменного тока.

Преобразователь состоит из автогенератора с частотой генерации 1 кГц, выпрямителя, стабилизатора напряжения и конструктивно выполнен отдельным блоком. В преобразователе напряжения бортовой сети 12 В преобразуется в постоянное напряжение 27 В с помощью автогенератора (частотой 1 кГц) и выпрямителя.

К распределительной коробке подсоединены все потребители однофазного переменного тока напряжением 220 В (фаза и нуль), бортовая сеть (аккумуляторная батарея напряжением 12 В) и преобразователь напряжения.

2.3 Система управления, блокировки и сигнализации.

Система управления, блокировки и сигнализации (УБС) размещена в блоке ВУ-76Н. Эта система обеспечивает:

- ⇒ необходимую последовательность включения питающих напряжений с выдержкой времени для прогрева цепей накала ламп;
- ⇒ защиту выпрямителей от перегрузок и коротких замыканий;
- ⇒ защиту персонала от поражения электрическим током;
- ⇒ контроль вырабатываемых напряжений;
- ⇒ сигнализацию о неисправностях в работе выпрямителя.

К системе УБС относятся также плавкие предохранители первичных и вторичных цепей выпрямителей, а также сигнальные лампы, показывающие состояние выпрямительного устройства ВУ-76.

Мощность отдельных выпрямителей рассчитана только на питание одного усилителя мощности, поэтому при необходимости перехода на усилитель диапазона (с КВ на УКВ или обратно) все вторичные источники (выпрямители) переключаются с одного усилителя на другой с помощью многочисленных реле. При этом требуется время для прогрева ламп вновь включаемого усилителя (до 5 минут).

Для быстрого перехода с одного усилителя мощности на другой необходим предварительный прогрев ламп неработающего в данный момент усилителя мощности. Для этой цели в блоке ВУ-76Н имеется ещё один трансформатор ТР4 с выпрямителем, с которого при помощи кнопки “Накал 2” подаётся питание накала на неработающий усилитель, подготавливая его к быстрому включению.

Включение питания на выпрямитель может производиться с передней панели блока ВУ-76Н кнопкой “В6 питание”. Включение происходит в порядке, описанном ниже.

При нажатии на пульте управления блоком коммутации ПУ БК кнопки “Сеть вкл.” Из блока коммутации ВУ-76 подаётся трёхфазное напряжение 380 В на выпрямитель с трансформатором ТР3, напряжение 27 В будет подано на вентилятор охлаждения передатчика. После этого нажимается кнопка “В6 питание” на передней панели блока ВУ-76Н. При этом срабатывает реле К40, которое подаёт напряжение на обмотку контактора К35. Контактор К35 подаёт трёхфазное напряжение на трансформатор ТР1 и однофазное напряжение на трансформатор ТР2 (накал). Напряжение накала и напряжение +5В, -9В, -150В, +6В, +27В будут поданы на соответствующие цепи усилителя мощности. Однако при таком включении питания напряжение 27 В подаётся на панель управления радиостанцией, поэтому управление во всех режимах будет невозможно. Включение питания радиостанции должно обязательно производиться кноп-

кой Кн17 на панели управления. При этом напряжение автоматики (27 В) получают все элементы радиостанции.

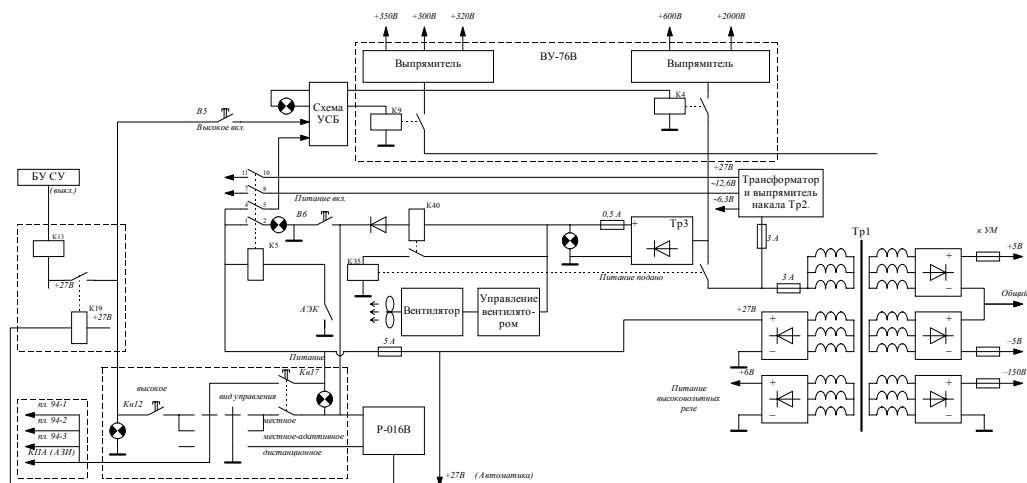


Рисунок D. Система электропитания.

Вопросы для самоконтроля.

1. Назовите первичные источники электропитания радиостанции Р-161А-2М.
2. Назовите вторичные источники электропитания радиостанции Р-161А-2М.
3. Какой источник электропитания используется при работе радиостанции в движении?
4. Для каких целей предназначен сетевой фильтр?
5. Через какой промежуток времени разрешается включать высокое напряжение?
6. Каково назначение кнопки-табло “Накал 2”?
7. Какое исходное положение кнопок-табло “Питание”, “Высокое” на блоке питания правильное: нажата, отжата, безразлично? Ответ обоснуйте.
8. Можно ли вносить изменения в рекомендованную последовательность включения питания (вентиляторы УМ, СУ, приёмник, возбудитель, кнопка-табло “Питание ПНР”)?

3. РАДИОПЕРЕДАТЧИК.

3.1 Основные электрические характеристики и структурная схема передатчика.

Радиопередатчик предназначен для формирования и усиления различных видов радиосигналов. Основные характеристики передатчика радиостанции Р-161А-2М:

- ⇒ мощность, подводимая к антенне, – не менее 1000 Вт;
- ⇒ диапазон частот – 1,5...60 МГц (разбит на два поддиапазона: КВ – 1,5...30 МГц и УКВ – 30...60 МГц);
- ⇒ сетка частот при местном управлении $\Delta f = 10$ Гц (при работе на заранее подготовленных частотах (ЗПЧ) $\Delta f = 100$ Гц);
- ⇒ количество ЗПЧ – 20 (по 10 ЗПЧ в каждом диапазоне);
- ⇒ время перестройки с одной ЗПЧ на другую в пределах поддиапазона – не более 1,5 секунд;
- ⇒ виды радиосигналов определяются возбудителем “Лазурь”;
- ⇒ передатчик работает на все типы антенн радиостанции Р-161А-2М;
- ⇒ ослабление комбинационных составляющих 3-го порядка при усилении двухтонового испытательного сигнала – не менее 30 дБ;
- ⇒ ослабление высших гармоник – не менее 55 дБ;
- ⇒ электропитание – трёхфазная сеть 380 В, 50 Гц;
- ⇒ потребляемая мощность – не более 6 кВт.

Упрощенная структурная схема передатчика приведена на рисунке 3 в альбоме схем. Основными элементами схемы являются:

- ⇒ возбудитель “Лазурь”, работающий в диапазоне 1,5...6 МГц;
- ⇒ два высокочастотных тракта КВ и УКВ диапазона, состоящих из блоков усиления мощности (УМ) и согласующих устройств (СУ);
- ⇒ выпрямительное устройство (ВУ-76) для питания блоков УМ;
- ⇒ симметрирующе-коммутирующее (СКУ), обеспечивающее предварительную настройку и подключение симметричных и несимметричных антенн КВ диапазона;
- ⇒ блок управления согласующих устройств (БУ СУ), используемый для настройки СУ и СКУ;
- ⇒ коммутатор передающих антенн (КПА).

Возбудитель передатчика формирует все виды радиосигналов и сетку рабочих частот. Установка частоты возбудителя может производиться переключателями, либо на его передней панели, либо на коммутаторах запоминающего устройства. Выбор ЗПЧ производится по командам, поступающим с пульта начальника радиостанции (ПНР) или другого внешнего устройства. Одновременно с установкой частоты возбудителя от запоминающего устройства или от возбудителя при его местном управлении поступают команды на выбор поддиапазонов в УМ, СУ и СКУ. Возбудитель имеет два выхода: основной – с уровнем выходного напряжения около 1 В, предназначенный для работы блоков УМ, и дополнительный – с уровнем напряжения около 30 мВ, используемый для настройки согласующих цепей “без излучения”.

С основного выхода возбуждителя радиосигнал поступает на вход высокочастотного тракта КВ или УКВ диапазонов. Выбор тракта осуществляется тумблером КВ–УКВ на пульте начальника радиостанции. Каждый тракт состоит из блоков УМ и СУ.

Усилитель мощности предназначен для линейного усиления всех видов сигналов, сформированных в возбуждителе, и получения выходной мощности около 1200 Вт. Блоки усиления мощности КВ и УКВ диапазонов построены идентично и содержат трёхкаскадный ламповый усилитель, устройство управления (УУ УМ), автоматический регулятор напряжения (АРН) и направленный ответвитель. Усилительные каскады построены по схеме, в которой нагрузкой лампы являются коммутируемые по диапазону полосовые фильтры. Поэтому перестройка усилительного тракта сводится лишь к выбору поддиапазонов (или требуемых номеров фильтров) в каждом из каскадов в соответствии с частотой возбуждителя. Командой на установку поддиапазонов в УМ поступают от устройства управления (УУ УМ). Постоянство выходной мощности усилителя обеспечивается автоматической регулировкой напряжения на его входе. Управление работой АРН осуществляет устройство управления УМ, использующее команды от направленного ответвителя. Последний содержит два индикатора: падающей и отраженной волн. Пропорционально показаниям индикатора падающей волны выходная мощность устанавливается около 1200 Вт. Индикатор отраженной волны вырабатывает команду на загибание передатчика в случае значительных рассогласований нагрузки, то есть при ненастроенном согласующем устройстве. Эта команда индицируется на БУ СУ загоранием лампы “Возврат защиты”. Проверку работоспособности УМ можно производить с использованием эквивалента нагрузки (ЭН), который выполнен в виде резистора сопротивлением 75 Ом с принудительным воздушным охлаждением.

Согласующее устройство предназначено для преобразования комплексного сопротивления антенны в чисто активное величиной 75 Ом, при котором УМ отдает заданную мощность. Блоки согласующего устройства КВ и УКВ диапазонов по схеме идентичны. Основными элементами блока являются: согласующая цепь, реализуемая для сокращения времени перестройки на дискретно-изменяемых LC элементов, высокочастотный мост настройки. Для работы моста настройки используется 30-милливольтовый выход возбуждителя. При настройке согласующая цепь вместе с антенной подключается к мосту, а момент баланса моста определяется по минимальной величине сигнала на выходе приёмника Р-160П, который входит в состав радиостанции. Приёмник подключается к мосту настройки через коммутатор приёмных антенн (КПрА). Изменение величин элементов согласующей цепи (при ее настройке) осуществляется с помощью блока управления СУ, имеющего два ручных органа управления (“Настройка” и “Связь”). Блок управления обеспечивает также запоминание настроек СУ и передачу команд выбора поддиапазонов СУ и СКУ в соответствии с частотой возбуждителя.

Выпрямительное устройство передатчика (ВУ-76) предназначено для питания лишь одного из двух ВЧ трактов.

Время готовности включаемого усилительного тракта неизбежно связано с необходимостью прогрева его ламп, на что требуется от трех до пяти минут. Для уменьшения времени перехода с диапазона на диапазон в выпрямительном устройстве предусмотрена возможность включения тумблером “Накал-2” цепей накала ламп неработающего тракта.

Использование коммутируемых фильтров в УМ и дискретно-перестраиваемого СУ позволяет сократить время перехода передатчика с одной ЗПЧ на другую до 1-2 секунд.

3.2 Общая характеристика возбуждителя.

3.2.1 Назначение.

Возбудитель “Лазурь” предназначен для использования в передатчиках военных радиостанций.

Широкий диапазон и большое количество видов сигналов, формируемых возбудителем, позволяют использовать его в различных радиостанциях. Частая сетка частот, быстрая перестройка и возможность использования специальных способов модуляции обеспечивают работу этого возбудителя в передатчиках военных автоматизированных комплексов радиосвязи.

По своим техническим и эксплуатационным характеристикам возбудитель “Лазурь” является унифицированным, существенно превосходит имеющиеся возбудители ВО-64, ВО-67, ВО-71 и предназначен для их замены.

3.2.2 Тактико-технические данные.

Возбудитель работает в диапазоне частот 1,5...59,99999 МГц ($\lambda = 200-5\text{М}$). Шаг сетки частот во всем диапазоне 10 Гц. Долговременная (за 6 месяцев) относительная нестабильность частоты не превышает $1 \cdot 10^{-7}$. На любую из частот возбудитель настраивается за время не более 0,3 секунды после поступления команды на перестройку. После прогрева в течение 15 мин возбудитель готов к работе любыми видами сигналов.

Возбудитель обеспечивает формирование следующих видов сигналов:

- ⇒ телеграфных радиосигналов с частотной манипуляцией и сдвигами частоты 125, 200, 250, 500, 1000 и 6000 Гц (F1–125, F1–200, F1–250, F1–500, F1–1000, F1–6000)¹.
- ⇒ радиосигналов двойной частотной телеграфии со сдвигами частоты 125, 200, 500 и 1000 Гц (F6–125, F6–200, F6–500 и F6–1000);
- ⇒ радиосигналов относительно фазовой телеграфии со скоростью до 500 бод (F9)²;
- ⇒ телеграфных радиосигналов с амплитудной манипуляцией (A1);
- ⇒ телефонных радиосигналов с однополосной модуляцией по верхней боковой полосе частот (A₁);
- ⇒ телефонных радиосигналов с однополосной модуляцией по нижней боковой полосе частот (B₁);
- ⇒ телефонных радиосигналов с однополосной модуляцией и передачей одной и той же информации по верхней и нижней боковым полосам частот (АЗВ, 1К ТФ);
- ⇒ телефонных радиосигналов с однополосной модуляцией и передачей различной информации по верхней и нижней боковым полосам частот (АЗВ, 2К ТФ);
- ⇒ телефонных радиосигналов с частотной модуляцией с девиацией частоты ± 5 кГц (F3);
- ⇒ радиосигналов с шириной полосы не более 20 кГц от внешних устройств (“Внешняя информация”).

При этом для однополосных радиосигналов (A₁, B₁) имеются три градации уровня несущей: минус 40 дБ (АЗЖ), минус 20 дБ (АЗА) и минус 6 дБ (АЗН). Для радиосигналов с одновременной передачей информации по верхней и нижней боковым полосам уровень несущей может устанавливаться только минус 40 дБ (АЗВ подавл.) и минус 20 дБ (АЗВ ослабл.).

Возбудитель допускает местное, местно-дистанционное и дистанционное управление.

Местное управление осуществляется с помощью органов управления на передней панели возбудителя. При местно-дистанционном управлении установка частоты возбудителя произ-

¹ В скобках указаны обозначения видов сигналов на передней панели возбудителя.

² Практически возбудитель формирует сигналы фазовой телеграфии. Для получения радиосигналов относительной фазовой телеграфии в передающей части оконечной аппаратуры должна осуществляться предварительная перекодировка телеграфных сигналов.

РАДИОПЕРЕДАТЧИК.

водится с внешних устройств, а остальные операции—с помощью органов управления на передней панели возбuditеля.

Дистанционное управление возбuditелем полностью осуществляется с внешних устройств.

Возбuditель может питаться либо от однофазной сети переменного тока напряжением 220 В с частотой 50 Гц, либо от сети переменного тока напряжением 220 В с частотой 400 Гц. Общая потребляемая мощность не превышает 280 Вт.

Габариты возбuditеля без амортизаторов: высота 531 мм, ширина 508 мм, глубина 510 мм. Масса возбuditеля 90 кг.

3.2.3 Электрические характеристики.

Выходное напряжение возбuditеля на нагрузке 75 Ом при включенной автоматической регулировке напряжения равно $1_{-0.1}^{+0.2}$ В во всем диапазоне частот и температур, выходное напряжение на контрольном выходе не менее 30 мВ. Долговременная (за 6 месяцев) относительная нестабильность частоты не более $1 \cdot 10^{-7}$, суточная нестабильность—не более $1 \cdot 10^{-8}$.

Собственные нелинейные искажения возбuditеля не хуже минус 50 дБ в диапазоне 1,5...30 МГц и не хуже минус 44 дБ в диапазоне 30...40 МГц.

Подавление дискретных составляющих на выходе возбuditеля в режиме несущей не хуже:

⇒ 80 дБ при расстройке от ± 3.5 кГц до ± 25 кГц, от номинальной частоты;

⇒ 120 дБ при расстройке от ± 25 кГц до $\pm 10\%$;

⇒ 140 дБ при расстройке свыше $\pm 10\%$.

Отношение сигнал/шум на выходе возбuditеля в полосе телефонного канала 300-3400 Гц составляет:

⇒ 90 дБ при расстройке ± 3.5 кГц до ± 25 кГц, от номинальной частоты;

⇒ 110 дБ при расстройке на $\pm 3\%$;

⇒ 120 дБ при расстройке на $\pm 10\%$;

⇒ 140 дБ при расстройке свыше $\pm 10\%$.

Телеграфные искажения для всех видов радиотелеграфных сигналов (кроме F1-6000) при максимально допустимых скоростях не превышают 3%, для радиосигналов F1-6000—не более 4%.

Паразитная амплитудная модуляция при радиосигналах F1 и F6 не превышают 5%.

Входное сопротивление телеграфных входов 1000 Ом, телефонных входов—600 Ом.

Допустимый диапазон напряжений входных телеграфных посылок—от ± 5 В до ± 65 В.

Допустимый уровень напряжения входных телефонных сигналов—от 78 мВ до 2400 мВ.

Возбuditель сохраняет характеристики в следующих условиях:

⇒ в интервале температур от минус 40⁰С до плюс 50⁰С;

⇒ при относительной влажности воздуха до 95-98% и температуре +40⁰С;

⇒ при изменении напряжения питающей сети на $\pm 10\%$ и частоты сети на $\pm 4\%$;

⇒ при воздействии вибрации в диапазоне 5-200 Гц.

Возбудитель должен работать после пребывания в нерабочем состоянии при температуре от минус 60° до плюс 65° С.

3.3 Структурная схема возбудителя.

Возбудитель “Лазурь” является элементом радиопередатчика. Он предназначен для формирования радиосигналов различного вида, синтеза сетки частот и переноса сформированного на одной частоте радиосигнала в диапазон частот передатчика. Структурная схема возбудителя представлена на рисунке 4 в альбоме схем.

Основными элементами возбудителя являются устройства формирования первичных радиосигналов, синтезатор частот, тракт преобразования радиосигнала на рабочую частоту и усилитель радиосигнала на рабочей частоте.

Устройства формирования сигналов обеспечивают формирование радиосигналов всех используемых видов на сравнительно невысокой фиксированной частоте (128 кГц). Для переноса радиосигнала в диапазон частот возбудителя используются 3 преобразования частоты с помощью эталонных колебаний, поступающих от синтезатора. При первых двух преобразованиях частота сигнала повышается, а при последнем преобразовании рабочая частота сигнала образуется как разность $f_{\text{раб.}} = f_{\text{синт.}} - f_{\text{с3}}$. Поскольку в тракте преобразования все три значения значения частоты сигнала фиксированы, то изменение частоты возбудителя в пределах рабочего диапазона достигается за счет изменения выходной части синтезатора.

Синтезатор частоты—это устройство, которое создает выходные колебания, когерентные с колебаниями эталонно-опорного генератора. Одно из выходных колебаний является основным ($f_{\text{с синт.}}$), его частота изменяется дискретно с определенным интервалом—шагом сетки частот. Остальные выходные колебания используются для формирования первичного радиосигнала и переноса спектра сигнала в диапазон выходных частот возбудителя.

Так как формирование радиосигнала и его перенос в рабочий диапазон происходят с помощью выходных колебаний синтезатора, которые в конечном счете создаются с помощью опорного генератора, то относительная нестабильность частоты колебаний на выходе возбудителя равна относительной нестабильности частоты опорного генератора.

Тракт усиления сигнала на рабочей частоте обеспечивает необходимое ослабление внеполосных побочных колебаний. Источниками побочных колебаний являются устройства формирования, тракт преобразования и синтезатор.

Структурная схема возбудителя “Лазурь” представлена на рисунке 3 в альбоме схем.

Конструктивно возбудитель выполнен по блочной системе. Части общей схемы возбудителя, выполняющие определенные функции, размещены в отдельных съёмных блоках. Это облегчает производство, контроль исправности и ремонт возбудителя.

В состав возбудителя входят следующие функциональные блоки (смотри рисунок 3 в альбоме схем).

Блок Б14-2—блок формирования телеграфных радиосигналов (А1, F1, F6, F9). Телеграфные сигналы формируются на частоте 128 кГц с помощью опорного колебания с частотой 12672 кГц от синтезатора.

Блок Б4-24—блок формирования телефонных радиосигналов (А1, В1, F3). Телефонные радиосигналы формируются на частоте 128 кГц с помощью опорного колебания 128кГц от синтезатора.

Блок Б2-5—блок преобразования первичного радиосигнала на рабочую частоту. В этом блоке радиосигнал, сформированный на частоте 128 кГц, переносится на любую рабочую частоту в диапазоне 1.5-60 МГц. Этот перенос производится с помощью трех опорных колебаний ($f_{\text{рет.1}}=12.672$ МГц, $f_{\text{рет.2}}=30$ (25) МГц, $f_{\text{рет.3}}=42.8 \div 72.8$ МГц).

РАДИОПЕРЕДАТЧИК.

Блок Б1-6—синтезатор “мелкой” сетки частот. В этом блоке формируется сетка высокостабильных частот в диапазоне 12.8-14.8 МГц с шагом через 10 Гц, также находится опорный генератор “Гиацинт-М”, который обеспечивает высокую стабильность частоты выходных колебаний синтезатора.

Блок Б1-2—второй и третий гетеродины. Здесь “мелкая” сетка частот с шагом 10 Гц в диапазоне 12.8-14.8 МГц (200000 частот) используется для формирования колебаний третьего гетеродина в диапазоне 42.8-72.8 МГц с тем же шагом (3000000 частот), с помощью которых радиосигнал при третьем преобразовании переносится в рабочий диапазон возбуждителя 1.5-60 МГц (5850000 частот). Блок Б1-2, кроме того, формирует колебание с частотой 30 (25) МГц, необходимое при втором преобразовании частоты.

Блок Б1-14—первый гетеродин. Этот блок формирует колебание с частотой 12672 кГц, необходимое для первого преобразования частоты сигнала. Колебание с частотой 12672 кГц используется так же, как опорное колебание при формировании телеграфных радиосигналов в блоке Б14-2.

Блоки Б1-6 (синтезатор “мелкой” сетки), Б1-14 (1-ый гетеродин) и Б1-2 (2-ой и 2-ий гетеродины) составляют в совокупности синтезатор частот.

Блок Б2-32—усилитель радиочастоты коротковолнового диапазона (1.5-30 МГц). Блок предназначен для усиления радиосигналов и ослабления побочных колебаний на выходе возбуждителя.

Блок Б2-33—усилитель радиочастоты ультракоротковолнового диапазона (30-60 МГц). Этот блок также предназначен для усиления сигналов и ослабления побочных колебаний в своем диапазоне частот.

Блок Б7-2—блок управления частотой возбуждителя. Он преобразует команды от ручек декадной установки частоты в соответствующие команды, необходимые для коммутации элементов синтезатора и блоков усиления радиочастоты.

Блок Б9-55—блок автоматической регулировки выходного напряжения (АРН) возбуждителя. Блок АРН поддерживает напряжение на выходе возбуждителя равным 1 В с точностью $\pm 10\%$ во всем диапазоне частот 1.5-60 МГц. В необходимых случаях система автоматической регулировки напряжения может быть отключена с помощью тумблера АРН-РРН, и напряжение на выходе возбуждителя может устанавливаться вручную по средствам потенциометра РРН.

При работе возбуждителя в составе автоматизированного радиопередатчика возбуждитель отпирается и запирается от внешних устройств. Для этого тумблер ОТПИРАНИЕ-ЗАПИРАНИЕ необходимо поставить в положение ЗАПИРАНИЕ.

Блок Б3-28—блок питания возбуждителя. В составе этого блока имеются выпрямители, которые обеспечивают питанием все элементы возбуждителя.

Блоки возбуждителя снабжены системой встроенного контроля. С помощью переключателя индикаторный прибор может быть подключен к выходам различных блоков, обеспечивая тем самым контроль работоспособности возбуждителя, а также возможность отыскания неисправного блока.

Нормально на вход тракта преобразования сигнала (блок В2-5) подается сигнал с собственных блоков формирования (Б14-2 и Б4-24). Имеется возможность подать на вход тракта преобразования сигнал от внешних устройств информации. Средняя частота этого внешнего сигнала должна быть равна 128 кГц, а спектр его должен лежать в полосе не свыше 20 кГц.

Имеется также возможность вместо колебания собственного 1-го гетеродина подать колебание с частотой 12672 ± 10 кГц с внешних устройств. Последние возможности (внешняя информация и внешний 1-ый гетеродин) реализуются при использовании возбуждителя “Лазурь” в передатчиках автоматизированных адаптивных линий радиосвязи.

Блок обратного преобразования (Б2-39) предназначен для преобразования сигнала на выходе возбуждителя в диапазоне 1.5-60 МГц (1.5-30 МГц) в сигнал на частоте 128 кГц. Выходной сигнал тракта обратного преобразования может быть использован для качественной оценки технических характеристик возбуждителя и передатчика в целом.

Возбудитель “Лазурь” выпускается в нескольких модификациях. Эти модификации и их отличия приведены ниже (таблица с).

Модификация	Диапазон частот, МГц	Блок Б2-32 (УРЧ-КВ)	Блок Б2-33 (УРЧ-УКВ)	Блок Б14-2 (форм. телегр. сигналов)	Блок обратного преобразования (Б2-39)
“Лазурь”	1.5-60	есть	есть	есть	нет
“Лазурь-1”	1.5-60	есть	есть	есть	есть
“Лазурь-2”	1.5-30	есть	нет	есть	есть
“Лазурь-3”	1.5-30	есть	нет	есть	нет
“Лазурь-4”	30-60	нет	есть	нет	нет

Таблица С. Различные варианты возбуждителя.

3.4 Формирование радиосигналов в возбуждители.

3.4.1 Формирование телефонных радиосигналов.

Формирование телефонных радиосигналов осуществляется в блоке Б4-24, упрощенная функциональная схема которого представлена на рисунке 6 в альбоме схем. Блок Б4-24 обеспечивает формирование телефонных радиосигналов с однополосной модуляцией по верхней и нижней боковой полосам с различным уровнем несущей и радиосигналов с частотной модуляцией.

Формирование телефонных радиосигналов с однополосной модуляцией осуществляется с помощью фильтрового метода. В состав блока Б4-24 входят два однотипных тракта для формирования радиосигналов соответственно по верхней и нижней боковым полосам частот. Основными элементами каждого тракта являются модулятор и узкополосный фильтр. Модулятор собран по кольцевой схеме. В качестве узкополосного фильтра используется многорезонансный кварцевый фильтр, собранный по мостовой схеме.

На один из входов модулятора подается модулирующий телефонный сигнал $F_{зв}$, на другой вход–опорное колебание несущей частоты 128 кГц от синтезатора. На выходе кольцевого модулятора колебание несущей частоты практически полностью отсутствует, остаются лишь комбинационные составляющие нижней боковой полосы частот ($128-F_{зв}$) и верхней боковой полосы частот ($128+F_{зв}$).

Узкополосные кварцевые фильтры предназначены для выделения необходимой боковой полосы частот и подавления другой полосы частот¹. Они имеют следующие данные:

- ⇒ полоса пропускания 128.3-131.4 кГц (124.6-127.7 кГц);
- ⇒ рабочее затухание в полосе пропускания не более 14 дБ;
- ⇒ относительное рабочее затухание в другой боковой полосе не менее 60 дБ;
- ⇒ неравномерность затухания в полосе пропускания не более 3 дБ.

¹ В блоке Б4-24 при первичном формировании однополосного сигнала в тракт верхней боковой полосы (A_1) включен фильтр, выделяющий нижнюю боковую полосу частот. Это сделано с учетом того, что при последнем преобразовании радиосигнала в блоке Б2-5 происходит инверсия спектра. Таким образом, на выходе возбуждителя верхняя и нижняя боковые полосы имеют спектры, соответствующие их наименованию.

При формировании однополосных сигналов с различным уровнем пилот-сигнала (АЗА-А₁, АЗН-А₁ и др.), а также при использовании обеих боковых полос (радиосигналов (АЗВ) применяется схема формирования необходимого уровня пилот-сигнала и сумматор. Суммарный выходной пиковый уровень сигнала равен 225 мВ и не зависит от числа используемых каналов и уровня пилот-сигнала. Нелинейные искажения однополосного радиосигнала измеренные двухсигнальным методом, не хуже минус 56 дБ при номинальном входном телефонном сигнале¹ и не хуже минус 48 дБ при входном сигнале, в 5 раз превышающем уровень номинального сигнала и включенной АРУ (компрессии).

В состав тракта формирования телефонного радиосигнала частотной модуляцией (F3) входят усилитель, LC-генератор, управляющий элемент, амплитудный ограничитель и полосовой фильтр.

Частотная модуляция осуществляется путем изменения частоты LC-генератора с помощью управляющего элемента, в качестве которого использованы 4 варикапа, подключенные к контуру генератора. При подаче на варикапы напряжения звуковой частоты ёмкость последних изменяется, меняя тем самым частоту LC-генератора.

В отличие от других видов радиосигналов нестабильность средней частоты телефонного радиосигнала с частотной модуляцией определяется нестабильностью частоты LC-генератора. Абсолютная нестабильность этого генератора не превышает 800Гц. Такая погрешность частоты практически не влияет на устойчивость радиосвязи, т. к. полоса пропускания приёмника в данном режиме составляет 20 кГц.

В обоих трактах формирования однополосного сигнала А₁ (В₁) блока Б4-24 имеются также элементы, повышающие качество однополосного телефонного радиосигнала. К ним относятся система АРУ по низкой частоте (“компрессия”), система выключения канала при значительном уменьшении входного сигнала и система мгновенной автоматической регулировки усиления при воздействии импульсных помех.

Для предотвращения перегрузки передатчика в тракте формирования однополосного сигнала предусмотрена автоматическая регулировка усиления (АРУ) по низкой частоте (“компрессия”) при включении которой уровень сигнала на выходе тракта формирования возрастает не более, чем на 5% (0.5 дБ) при увеличении уровня входного сигнала в 5 раз (на 14 дБ) по отношению к номинальному уровню.

В состав схемы АРУ входят усилитель, детектор (Дет1), усилитель постоянного тока, фильтр АРУ (С1 и R1) и регулирующий элемент, в качестве которого используется микросхема 190КТ1 (пятиканальный коммутатор на полевых транзисторах с изолированным затвором).

АРУ начинает работать после того, как входной сигнал превысит номинальную величину (АРУ с задержкой). Управляющее напряжение АРУ подается на затворы транзисторов микросхемы 190КТ1. С ростом управляющего напряжения сопротивление переходов исток-сток уменьшается, в результате чего напряжение на входе эмиттерного повторителя ЭП1 будет оставаться практически неизменным.

Для уменьшения времени восстановления коэффициента усиления тракта при скачкообразных изменениях входного напряжения имеется схема быстрого разряда конденсатора С1. В состав этой схемы входят детектор (Дет.2), усилитель постоянного тока, фильтр (R2, С2) и диод Д. Порог срабатывания в этой второй схеме выбран на 10-20% больше порога срабатывания основного детектора АРУ.

При нормальной работе АРУ, когда нет скачкообразных изменений входного напряжения, конденсаторы С1 и С2 заряжены, а диод Д заперт. При скачкообразном уменьшении входного напряжения конденсатор С1 начнет медленно разряжаться через резистор R1 большого сопротивления (2 МОм). При уменьшении входного напряжения (ниже порога срабатывания

¹ Номинальный входной уровень телефонного сигнала каждого из каналов устанавливается с помощью регулирующего потенциометра УСИЛЕНИЕ А₁ (УСИЛЕНИЕ В₁) по контрольному индикаторному прибору, переключатель которого поставлен в положение ЛИНИЯ А₁ (ЛИНИЯ В₁).

детектора Дет.2) начинает разряжаться конденсатор С2 через резистор R2. Разряд конденсатора С2 происходит значительно быстрее разряда конденсатора С1. В результате диод Д будет открыт и конденсатор С1 начнет быстро разряжаться через резистор R2. После того, как коэффициент усиления восстановится, а входное напряжение достигнет порога срабатывания системы АРУ, схема быстрого разряда отключается.

Устройство выключения канала информации предназначено для отключения канала при значительном уменьшении входного напряжения. Схема отключения канала находится после узкополосного кварцевого фильтра. В ее состав входят усилитель, детектор, усилитель постоянного тока и электронное реле.

Электронным реле является переход исток-сток одного из транзисторов микросхемы 190КТ1. При нормальном входном напряжении усилитель постоянного тока открыт. С выхода открытого УПТ подается напряжение минус 27 В на затвор соответствующего транзистора микросхемы, в результате чего тракт сигнала будет включен.

Если входное напряжение уменьшится на 32 дБ, то усилитель постоянного тока заперт и тракт сигнала разомкнут. Канал выключается примерно через 2-3 секунды после резкого снижения уровня, т. е. при сравнительно длинных паузах. Включается канал значительно быстрее (через 1-2 мс) и поэтому потерь информации практически нет.

Схема мгновенной автоматической регулировки усиления (МАРУ) служит для предотвращения перегрузки передатчика за счет импульсных помех, воздействующих на вход тракта формирования однополосного радиосигнала. Схема МАРУ включена на выходе тракта А₁ (В₁) и состоит из усилителя, детектора, усилителя постоянного тока и элемента затухания. В качестве элемента затухания используются параллельно соединенные переходы исток-сток транзисторов микросхемы 190КТ1. Сопротивление этих переходов меняется в зависимости от величины управляющего напряжения МАРУ, подаваемого на затворы транзисторов. При изменении управляющего напряжения от нуля до минус 12 В сопротивление переходов меняется в пределах от 250 кОм до 75 Ом.

Если на вход тракта А₁ (В₁) воздействует импульсная помеха значительной величины, то на выходе кварцевого фильтра появятся выбросы с амплитудой, превышающей номинальный уровень в 4-5 раз. Схема МАРУ уменьшает эти выбросы до величины 1.3 U_{ном}.

Порог срабатывания МАРУ примерно на 20% выше номинального уровня сигнала, а время её срабатывания составляет 0.1-0.5 мс.

Для сохранения электрических характеристик возбудителя при работе в условиях низких температур (до минус 10⁰С)предусмотрена система подогрева кварцевых узкополосных фильтров. К ней относятся датчик температуры (терморезистор), размещенный внутри фильтра, и схема подключения подогрева, состоящая из усилителя постоянного тока и электромеханического реле. Система подогрева резко уменьшает влияние изменений температуры на параметры кварцевых резонаторов фильтра.

3.4.2 Формирование телеграфных радиосигналов.

Формирование всех видов телеграфных радиосигналов проходит в блоке Б14-2, функциональная схема которого представлена на рисунке 7 в альбоме схем. Здесь формирование телеграфных радиосигналов осуществляется по методу пассивного цифрового синтеза на основе применения цифровых интегральных микросхем.

Формирование телеграфных радиосигналов F1 и F6. Для формирования используются две последовательности тактовых импульсов с частотами следования 576 кГц и 6336 кГц, полученные в результате деления частоты опорного колебания 12 672 кГц от синтезатора.

Формирование телеграфного радиосигнала осуществляется в два этапа. На первом этапе ЧТ или ДЧТ сигнал на средней частоте $f_{cp}=576$ кГц создается на выходе схемы добавления-вычитания, условно называемой дискретным смесителем (ДС1). На дискретный смеситель по-

РАДИОПЕРЕДАТЧИК.

дается последовательность импульсов с частотой следования 576 кГц и последовательность импульсов с частотой $f_{дв}$ или с частотой $3 f_{дв}$.

Импульсные последовательности с частотами $f_{дв}$ и $3 f_{дв}$ получаются путем деления частоты 576 кГц в формирователе $f_{дв}$. Каждому номинальному частотному сдвигу $\Delta f_{сдв}$ соответствует своя частота $f_{дв}$.

В дискретном смесителе ДС1 формально осуществляется сложение или вычитание частот тактовой последовательности импульсов ($f_{ти}=576$ кГц) и последовательности импульсов с частотой $f_{дв}$ и $3 f_{дв}$. Выбор одной из двух частот ($f_{дв}$ или $3 f_{дв}$) осуществляет шифратор в зависимости от соотношения посылок по 1-ому и 2-ому телеграфным каналам ДЧТ (таблица d).

1-ый ТГ канал	2-ой ТГ канал	Частота на выходе шифратора	Частота на выходе ДС1
“0” (отжатие)	“0” (отжатие)	$3 f_{дв}$	$576-3 f_{дв}$
“0” (отжатие)	“1” (нажатие)	$f_{дв}$	$576-f_{дв}$
“1” (нажатие)	“0” (отжатие)	$f_{дв}$	$576+f_{дв}$
“1” (нажатие)	“1” (нажатие)	$3 f_{дв}$	$576+3 f_{дв}$

Таблица D. Шифрование ТГ сигналов при двухканальной телеграфии.

При формировании радиосигналов ЧТ (F1) на выходе шифратора будет только импульсная последовательность с частотой $f_{дв}$.

На дискретный смеситель ДС1 помимо импульсных последовательностей подаются информационные посылки 1-го телеграфного канала. Если по каналу передается “1” (нажатие), то в дискретном смесителе происходит операция сложения, если передается “0” (отжатие), то происходит операция вычитания. Работа дискретного смесителя основана на добавлении одного импульса за период $1/f_{дв}$ и $1/3 f_{дв}$ в тактовую последовательность (“сложение”) или исключении одного импульса из тактовой последовательности за тот же период (“вычитание”).

В блоке Б14-2 при формировании телеграфных радиосигналов с частотной манипуляцией применяются два деления частоты. После дискретного смесителя ДС1 производится деление частоты в три раза:

$$f_1 = \frac{576 \pm f_{дв}(3f_{дв})}{3} = 192 \pm \frac{f_{дв}(3f_{дв})}{3}.$$

Затем полученная импульсная последовательность поступает на второй дискретный смеситель (ДС2). В этом смесителе, который выполняет только операцию вычитания, происходит повышение частоты для того, чтобы при последующем ее делении получить номинальное значение средней частоты $f_{ср}=128$ кГц.

Второй делитель частоты обеспечивает деление частоты в 48 раз. Таким образом, после всех преобразований получается манипулированная импульсная последовательность с частотой

$$f_{вых} = \frac{6336 - f_1}{48} = \frac{6336 - (192 \pm \frac{f_{дв}(3f_{дв})}{3})}{48} = 128 \pm \frac{f_{дв}(3f_{дв})}{144}.$$

Определим соотношение между величиной частотного сдвига и необходимой величиной частоты добавления-вычитания. Поскольку

$$f_{вых} = 128 \pm \frac{f_{дв}(3f_{дв})}{144},$$

а

$$f_{\text{чт, дчт}} = 128 \pm \frac{n}{2} \Delta f_{\text{сдв}}, \text{ где } n = 1 \text{ или } 3,$$

то

$$f_{\text{дв}} = 72 \Delta f_{\text{сдв}}.$$

Так, при $\Delta f_{\text{сдв}} = 125$ Гц $f_{\text{дв}} = 72 \cdot 0.125 = 9$ кГц, а при $\Delta f_{\text{сдв}} = 1000$ Гц $f_{\text{дв}} = 72 \cdot 1 = 72$ кГц и так далее.

Из приведённых данных (таблица d) с учетом деления частоты в 144 раза и инверсии спектра в смесителе ДС2 видно, что на выходе блока Б14-2 получается инвертированный радиосигнал (таблица е).

1-ый ТГ канал	2-ой ТГ канал	Частота на выходе блока Б14-2	Обозначение частот
“0”	“0”	$128 + \frac{3}{2} \Delta f_{\text{сдв}}$	f_A
“0”	“1”	$128 + \frac{1}{2} \Delta f_{\text{сдв}}$	f_B
“1”	“0”	$128 - \frac{1}{2} \Delta f_{\text{сдв}}$	f_B
“1”	“1”	$128 - \frac{3}{2} \Delta f_{\text{сдв}}$	f_T

Таблица Е. Частоты при двухканальной телеграфии.

При последнем преобразовании радиосигнала в блоке Б2-5 происходит еще одна инверсия спектра и на выходе возбудителя будет нормальное соотношение между частотой радиосигнала и полярностью первичных телеграфных сигналов ($f_A < f_B < f_T$).

Сигнал на выходе последнего делителя частоты имеет дискретный характер (последовательность импульсов). Чтобы превратить его в гармонический ЧТ и ДЧТ сигнал, на выходе блока включается один из четырех полосовых фильтров (в зависимости от величины частотно-го сдвига и скорости передачи сигналов).

При формировании радиосигналов F1 (кроме F1-6000) для уменьшения составляющих спектра сигнала за пределами необходимой полосы частот применяется так называемое “скругление сигнала по частоте”. С помощью специальной схемы скругления частота добавления-вычитания ($f_{\text{дв}}$) сигнала постепенно (дискретными ступеньками) уменьшается до минимума, а затем, после изменения знака сигнала, такими же ступеньками увеличивается до своей номинальной величины. Таким образом, при манипуляции частота меняется не скачками, а относительно плавно. Ширина спектра такого радиосигнала приближается к минимально необходимой величине.

Для радиосигналов двойной частотной телеграфии (F6) этот метод применить нельзя, так как в этом случае при асинхронном вводе нельзя согласовать ступенчатое изменение частоты $f_{\text{дв}}$ с изменением информации по обоим каналам.

Формирование телеграфных радиосигналов с амплитудной манипуляцией (А1). При формировании радиосигналов А1 используются почти все элементы блока Б14-2, но в этом случае на первый дискретный смеситель (ДС1) подается лишь последовательность тактовых импульсов с частотой 576 кГц. Поэтому и на выходах обоих дискретных смесителей и обоих делителей частоты будет неманипулированная последовательность импульсов. Амплитудная манипуляция сигнала с частотой 128 кГц осуществляется с помощью амплитудного модулятора. В состав его входит также фильтр для выделения последовательности импульсов гармони-

ческого сигнала с частотой 128 кГц (1-ой гармоники). Для ограничения спектра амплитудно-манипулированного радиосигнала первичный телеграфный сигнал округляют с помощью RC-фильтра нижних частот. В результате на выходе модулятора выделяется амплитудно-манипулированный сигнал, скругленный по огибающей.

Формирование радиосигналов относительной фазовой телеграфии (F9). Возбудитель “Лазурь”, а следовательно, и блок Б14-2, обеспечивает формирование радиосигналов абсолютной фазовой телеграфии. Получение радиосигналов относительной фазовой телеграфии требует предварительной перекодировки первичного телеграфного сигнала. Обычно это делается в передающей части оконечной аппаратуры.

В блоке Б14-2 при формировании радиосигналов F9, так же как и при формировании радиосигналов A1, на вход первого дискретного смесителя не подается импульсная последовательность с частотой добавления-вычитания. Поэтому и на выходе последнего делителя частоты будет неманипулированная последовательность импульсов с частотой 128 кГц. Фазовая манипуляция этой последовательности осуществляется в отдельном элементе (дискретном манипуляторе).

Для выделения первой гармоники частоты 128 кГц из импульсной последовательности используются т. е. же полосовые фильтры, что для радиосигналов F1 и F6.

3.5 Синтезатор частот.

3.5.1 Общая структура и принцип работы.

Обобщенная структурная схема синтезатора частот приведена на рисунке 5 в альбоме схем. Основная часть синтезатора, обеспечивающая формирование колебаний третьего гетеродина, построена по методу косвенного синтеза с кольцом фазовой автоподстройки (ФАП) управляемого генератора (УГ).

В смесителях СМ1, СМ2, СМ3 с помощью колебаний от датчиков частота УГ преобразуется и приводится к эталонной частоте сравнения. Источником частот сравнения является синтезатор мелкой сетки, работающий в диапазоне от 12.8 до 14.8 МГц с шагом сетки 10 Гц. Выбор достаточно высокой частоты сравнения обеспечивает малое время переходных процессов в кольце ФАП и облегчает подавление побочных колебаний на выходе фазового детектора.

В стационарном режиме, после завершения переходных процессов в кольце ФАП, выполняется условие равенства частот колебаний на входах фазового детектора

$$f_{\text{пр3}} = f_{\text{синт}}. \quad (1)$$

В тракте приведения $f_{\text{пр3}}$ образуется по закону

$$f_{\text{пр3}} = f_{\text{гет3}} + f_1 - f_2 - f_3. \quad (2)$$

С учётом соотношений (1) и (2) частота УГ принимает вид

$$f_{\text{гет3}} = f_3 + f_2 - f_1 + f_{\text{синт}}. \quad (3)$$

Из выражения (3) и схемы на рисунке 5 в альбоме схем видно, что частота УГ при изменении f_2 изменяется через 10 МГц, при изменении f_1 — через 2 МГц и при изменении $f_{\text{синт}}$ — через 10 Гц. На рисунке 5 условно записано, что частота f_2 может быть равна нулю. Реально это означает, что второй смеситель (СМ2) в этом случае исключен из тракта преобразования частоты и колебания с выхода первого смесителя (СМ1) прямо попадают на вход третьего смесителя (СМ3).

Синтезатор мелкой сетки имеет комбинированную структуру, содержащую два независимых кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты с делителями частоты в трактах сравнения. Более подробно его устройство будет рассмотрено ниже. В качестве опорного гене-

ратора (ОГ) в синтезаторе используется кварцевый генератор “Гиацинт-М”. Эталонное колебание опорного генератора ($f_0=5$ МГц) обеспечивает работу синтезатора мелкой сетки, датчика опорных частот и первого гетеродина.

Датчик опорных частот построен по методу прямого синтеза. В нем формируются колебания второго гетеродина с частотами $f_{\text{гет}2}=30$ или 25 МГц. Первый гетеродин представляет собой устройство, работающее по методу косвенного синтеза, но на фиксированной частоте $f_{\text{гет}1}=12.672$ МГц.

3.5.2 Третий и второй гетеродины (Б1-2).

Как уже отмечалось, формирование колебаний третьего гетеродина производится по методу косвенного синтеза в кольце ФАП, которое содержит управляемый генератор, тракт прибавления частоты генератора к частоте опорного колебания ($C_{м1}$, $C_{м2}$, $C_{м3}$), фазовый детектор (ФД), фильтр нижних частот, усилитель постоянного тока (УПТ) и схему поиска. В качестве опорного используется колебание с выхода синтезатора мелкой сетки в диапазоне 12.8-14.8 МГц с шагом сетки частот 10 Гц.

Кольцо ФАП в пределах полосы захватывания должно обеспечить автоматическую перестройку и синхронизацию управляемого генератора до выполнения равенства $f_{\text{пр}3}=f_{\text{синт}}$.

Автоматическую перестройку генератора в широком диапазоне обеспечить невозможно и поэтому весь диапазон третьего гетеродина ($f_{\text{гет}3}=42.8\div 72.8$ МГц) перекрывается с помощью шести управляемых генераторов, которые переключаются по команде от устройства управления в зависимости от рабочей частоты. Для расширения полосы захвата и обеспечения автоматической перестройки генератора в пределах 5 МГц применяется устройство поиска. Оно работает на первом этапе настройки генератора до попадания его частоты в полосу захвата системы ФАП. После захвата частоты генератора кольцом ФАП устройство поиска выключается. Управляющее напряжение, соответствующее моменту окончания поиска, запоминается и поддерживает вместе с управляющим напряжением фазового детектора номинальную частоту генератора в соответствие с ранее полученным равенством (3).

Для приведения частоты генератора к эталонной частоте сравнения применяются три (или два) преобразования частоты. В смесителе $C_{м1}$ частота генератора преобразуется к одной из трех полос:

$$\begin{aligned} f_{\text{пр}1}&=61.8\div 63.8 \text{ МГц} & (f_{\text{гет}3}&=42.8\div 52.8 \text{ МГц}); \\ f_{\text{пр}1}&=71.8\div 73.8 \text{ МГц} & (f_{\text{гет}3}&=52.8\div 62.8 \text{ МГц}); \\ f_{\text{пр}1}&=81.8\div 83.8 \text{ МГц} & (f_{\text{гет}3}&=62.8\div 72.8 \text{ МГц}); \end{aligned}$$

Выделение этих колебаний производится коммутируемыми фильтрами с полосой пропускания примерно равной 2 МГц. Коммутация фильтров, а также выбор необходимой частоты в датчике ($f_1=11, 13, \dots, 19$ МГц) происходят по командам от устройства управления (блок Б7-2).

В смесителе $C_{м2}$ частота генератора преобразуется к одной полосе $f_{\text{пр}2}=61.8\div 72.8$ МГц. Если $f_{\text{пр}1}$ уже лежит в этой полосе, то второе преобразование частоты исключается.

В смесителе $C_{м3}$ частота генератора преобразуется к полосе $f_{\text{пр}3}=12.8\div 14.8$ МГц, совпадающей с диапазоном синтезатора мелкой сетки.

В соответствие с уравнением (3) для получения $f_{\text{гет}3\text{min}}=42.8$ МГц необходимо установить $f_{\text{синт}}=f_{\text{синт min}}=12.8$ МГц, $f_1=f_{1 \text{ max}}=19$ МГц и $f_2=0$ (второе преобразование частоты исключается). Действительно, при этом $f_{\text{гет}3}=49-19+12.8=42.8$ МГц. Для получения $f_{\text{гет}3\text{max}}=72.8$ МГц необходимо установить $f_{\text{синт}}=f_{\text{синт max}}=14.8$ МГц, $f_1=f_{1 \text{ min}}=11$ МГц и $f_2=f_{2\text{max}}=20$ МГц. Тогда $f_{\text{гет}3}=49+20-11+14.8=72.8$ МГц¹.

¹Частота $f_{\text{гет}3}=72.8$ МГц—округленное значение. В действительности $f_{\text{гет}3\text{max}}=72.79999$ МГц, так как $f_{\text{синтmax}}=14.79999$ МГц.

Датчик опорных частот и второй гетеродин построены по методу прямого синтеза. На вход этого устройства подаётся колебание опорного кварцевого генератора с частотой $f_0=5$ МГц. В устройстве формирования импульсов (ФИ) создается последовательность коротких импульсов с той же частотой. С помощью кварцевых фильтров выделяются вторая и третья гармоники, т. е. колебания с частотами 10 и 15 МГц. В двух умножителях частоты на два формируются колебания с частотами 20 и 30 МГц.

Колебание с частотой 25 МГц создается с помощью смесителя, на входы которого подаются колебания с частотами 15 и 10 МГц. Опорные частоты $f_2=11\div 19$ МГц формируются в другом смесителе, на входы которого подаются колебания с частотами 15 и 2МГц (последние после делителя частоты 10 МГц на пять). Нагрузкой смесителя являются коммутируемые кварцевые фильтры со средними частотами 11, 13, 17 и 19 МГц. Колебание с частотой 15 МГц поступает на выход непосредственно.

Опорное колебание с частотой $f_3=49$ МГц формируется в третьем смесителе из колебаний с частотами 30 и 19 МГц.

3.5.3 Синтезатор мелкой сетки (Б1-6).

Синтезатор мелкой сетки формирует колебания в диапазоне 12.8-14.8 МГц с шагом 10 Гц, служащие для стабилизации частоты третьего гетеродина. Тем самым мелкая сетка частот как бы переносится в диапазон частот третьего гетеродина (42.8-72.8 МГц). Синтезатор содержит два независимых кольца импульсно-фазовой автоподстройки (ИФАП) с делителями частоты в трактах приведения (смотрите рисунок 7 в альбоме схем). Такой синтезатор называют цифровым, так как в нём обработка колебаний происходит в импульсной форме с широким применением цифровых интегральных микросхем.

Первое кольцо ИФАП содержит генератор G_1 , делитель с дробным переменным коэффициентом деления (ДДПКД1), импульсно-фазовый детектор (ИФД1) и ФНЧ. В этом кольце генератор G_1 автоматически настраивается на любую из частот с шагом 100 Гц в диапазоне 9.0-10.9999 МГц. Колебания генератора подаются на ДДПКД1, где происходит деление их частоты и приведение до величины, равной частоте сравнения 10кГц. Если поделенная частота $\frac{fT_1}{N_1} \neq 10$ кГц, то на выходе ИФД1 создается управляющее напряжение, которое изменяет частоту генератора G_1 до номинального значения.

В стационарном состоянии (после завершения переходных процессов в кольце) частоты колебаний, поступающих на входы ИФД1, должны быть равны, т. е. $\frac{fT_1}{N_1} = 10$ кГц. Отсюда $f_{T_1}=N_1 \cdot 10$ кГц. Коэффициент деления изменяется через 0.01 в пределах от 900 до 1099.99, поэтому частота f_{T_1} будет изменяться с шагом 100 Гц в диапазоне 9.0...10.9999 МГц. Применение делителя с дробным переменным коэффициентом деления позволило при данном интервале изменения частоты (100 Гц) использовать достаточно высокую частоту сравнения (10 кГц), что способствует уменьшению времени переходных процессов в кольце.

Второе кольцо ИФАП содержит генератор G_2 , делитель с дробным коэффициентом деления ДДПКД2, импульсно-фазовый детектор ИФД2 и ФНЧ. Генератор G_2 автоматически настраивается на любую из частот с шагом 0.2 МГц в диапазоне 11,9...13,7МГц. В стационарном состоянии здесь выполняется равенство $\frac{fT_2}{N_2} = 1$ МГц, где 1 МГц—частота сравнения во втором кольце.

Отсюда частота генератора $f_{T_2}=N_2 \cdot 1$ МГц. Коэффициент деления изменяется через 0,2 в пределах от 11,9 до 13,7. Следовательно, частота генератора изменяется с шагом 0,2 МГц от 11,9 до 13,7 МГц. Частота сравнения во втором кольце (1 МГц) в 100 раз больше, чем частота сравнения в первом кольце (10 кГц). Поэтому второе кольцо будет более широкополосным и

менее инерционным по сравнению с первым кольцом, а время переходных процессов при изменении частоты синтезатора будет определяться первым, более инерционным кольцом.

Рассмотрим кратко принцип работы делителя с дробным переменным коэффициентом деления (ДДПКД). Составной его частью является делитель с переменным коэффициентом деления (ДПКД), который является счетчиком импульсов. Объем счётчика изменяется в соответствии с установленным коэффициентом деления [1]. Коэффициент деления ДПКД равен целому числу.

В ДДПКД, у которого коэффициент деления должен изменяться с шагом 0,1, необходимо получить коэффициент деления $N_1 = M + a/10$, где M – целая часть и $a/10$ – дробная часть числа N . Для получения такого коэффициента деления необходимо, чтобы в каждом десяти циклах деления ДПКД a раз делил частоту импульсов на $M+1$ и $(10-a)$ раз – на M . За время этих десяти циклов на выходе ДПКД формируется десять выходных импульсов ($n_{\text{вых}}=10$), а число импульсов, поступивших на вход,

$$n_{\text{вх}} = a(M + 1) + (10 - a)M = 10M + a.$$

Следовательно, коэффициент деления ДДПКД

$$N = n_{\text{вх}}/n_{\text{вых}} = M + a/10.$$

Последовательность импульсов с выхода ДДПКД поступает на один вход импульсно-фазового детектора, на другой вход поступает однородная опорная последовательность. Поэтому на выходе ИФД появляется составляющая с частотой $1/10T_0 = 0,1 \cdot f_0$.

Для изменения коэффициента деления ДДПКД с шагом 0,1 в его составе имеется дополнительная декада – декада десятых долей, которая производит подсчет циклов деления в пределах 10 и формирует команду на ДПКД для изменения его коэффициента деления на единицу.

Аналогично работает ДДПКД, обеспечивающий изменение коэффициента деления с шагом 0,01. На выходе ИФД, где применяется такой ДДПКД появляется составляющая с частотой $0,01 \cdot f_0$.

Таким образом, на выходе импульсно-фазового детектора ИФД1 кроме гармоник частоты сравнения (10 кГц, 20 кГц и так далее) создается еще побочная составляющая с частотой $0,01 \cdot 10 \text{ кГц} = 100 \text{ Гц}$. Она должна подаваться фильтром нижних частот. Во втором кольце аналогичная побочная составляющая имеет частоту $0,1 \cdot 1 \text{ МГц} = 100 \text{ кГц}$, поэтому ее подавление не вызывает трудностей.

Колебания генератора Г1 после деления его частоты на 10 и колебания генератора Г2 подаются на смеситель. Деление частоты применяется для уменьшения шага сетки частот до 10 Гц. На выходе делителя обеспечиваются колебания с шагом 10 Гц в диапазоне 0,9–1,09999 МГц. На выходе смесителя выделяются колебания суммарной частоты в диапазоне 12,8–14,79999 МГц с шагом 10 Гц.

Выделение этих колебаний и подавление побочных составляющих обеспечивают два полосовых фильтра. Первый из них перестраивается путем изменения управляющего напряжения на реактивных элементах при изменении частоты с шагом 100 кГц (переключателем “Сотни кГц”). Второй фильтр – фильтр с автоматической перестройкой контуров. В состав фильтра входят четыре однотипных усилительных каскада с нагрузками в виде параллельных колебательных контуров. Для перестройки контуров используется управляющее напряжение фазового детектора, усиленное усилителем постоянного тока (УПТ), который включен на выходе фазового детектора (ФД).

В систему фазовой автонастройки включен только первый каскад фильтра, остальные контуры перестраиваются сопряженно с контуром первого каскада.

В усилительном каскаде при активной нагрузке (контур настроен в резонанс) входное и выходное напряжения имеют сдвиг по фазе на 180° . Эти напряжения нельзя использовать для индикации точно и настройки контура, т. к. при расстройке контура знак напряжения на выходе

фазового детектора ($U_{\text{упр}}$) не изменяется, а изменяется только модуль этого напряжения. Поэтому входное напряжение подается на фазовый детектор через фазовращатель, дающий сдвиг по фазе на 90° . Теперь при точной настройке контура напряжения на входах фазового детектора будут сдвинуты на 90° и напряжение на его выходе $U_{\text{упр}}=0$.

При расстройке контура относительно частоты входного колебания появится управляющее напряжение $U_{\text{упр}} \neq 0$, знак которого будет определяться направлением расстройки контура. Усиленное в УПТ управляющее напряжение будет изменять частоту настройки первого и остальных контуров, приближая их к резонансу.

3.5.4 Первый гетеродин (Б1-14).

В блоке первого гетеродина (смотрите рисунок 5 в альбоме схем) вырабатывается колебание с частотой 12,672 МГц, необходимое для преобразования частоты радиосигнала и для обеспечения работы блока Б14-2 (формирование телеграфных радиосигналов), и колебание с частотой 128 кГц—для блока Б4-24 (формирование телефонных радиосигналов).

Колебание с частотой 128 кГц формируется путем деления частоты опорного генератора 5 МГц на $n=39,0625$. Такой коэффициент деления в делителе обеспечивается с помощью четырех последовательно соединенных делителей частоты на 2,5 (их общий коэффициент деления будет равен $2,5^4=39,0625$).

Колебание первого гетеродина с частотой $f_{\text{гет}}=12672$ кГц создается по методу косвенного синтеза в кольце импульсно-фазовой автоподстройки частоты. Это кольцо включает в себя кварцевый генератор (КГ), делитель частоты на 99, импульсно-фазовый детектор и фильтр нижних частот. Здесь частота кварцевого генератора делится до величины 128 кГц, полученной в результате деления частоты опорного генератора. В стационарном состоянии $f_{\text{кГ}}/99 = 128$ кГц и $f_{\text{кГ}} = 128 \cdot 99 = 12672$ кГц.

В рассматриваемом блоке Б1-14 производится также проверка точности внутреннего опорного генератора. Для этой проверки на гнездо “Вход ОГ” должно быть подано колебание внешнего эталонного генератора, работающего на частоте 5 МГц¹, а переключатель контрольного измерительного прибора необходимо поставить в положение “Коррекция ОГ”. Тогда на входы схемы сравнения (ФД) будут поданы колебания от внутреннего и внешнего генератора, а измерительный прибор, включенный на выход ФД, позволит определить абсолютную погрешность частоты внутреннего ОГ. Эта погрешность, измеряемая в герцах, будет равна числу полных колебаний стрелки прибора за 1 секунду.

3.6 Тракт преобразования и усиления радиосигнала (Б2-5).

Выше было отмечено, что формирование сигнала любого вида производится в возбuditеле на частоте 128 кГц. Перенос сигнала на рабочую частоту осуществляется в блоке Б2-5 с помощью трех преобразований частоты в диапазоне КВ (1,5-30 МГц) или двух преобразований частоты в диапазоне УКВ (30-60 МГц) (рисунок 4 в альбоме схем).

При первом преобразовании в смесителе См1 частота сигнала повышается до 12,8 МГц. Для этого на См1 подается сигнал, сформированный на частоте 128 кГц, и колебание первого гетеродина с частотой $f_{\text{гет}}=12,672$ МГц. Сигнал суммарной частоты выделяется с помощью кварцевого фильтра, имеющего полосу пропускания 40 кГц.

В тракте первой промежуточной частоты имеется регулируемый усилитель, с помощью которого осуществляется автоматическая (АРН) или ручная (РРН) регулировка выходного напряжения возбудителя. При ручной регулировке напряжение регулирования подается с потенциометра РРН, при автоматической—с блока Б9-55, включенного на выходе возбудителя.

¹ Например, от рубидиевого генератора Ч1-50 с относительной нестабильностью частоты $2 \cdot 10^{-11}$.

При работе в диапазоне КВ во втором смесителе См2 с помощью колебания второго гетеродина $f_{\text{гет}2}=30$ МГц происходит преобразование сигнала на вторую промежуточную частоту $f_{\text{пч}2}=42.8$ МГц. В ряде участков диапазона $f_{\text{гет}2}=25$ МГц и $f_{\text{пч}2}=37.8$ МГц. Объяснение этого решения будет дано ниже.

В смесителе См3 производится последнее преобразование сигнала на рабочую частоту $f_{\text{раб}}=f_{\text{гет}3}-f_{\text{пч}2}$. Частота третьего гетеродина изменяется в пределах от 42.8 до 72.8 МГц. При этом $f_{\text{раб}}$ может изменяться от 0 до 30 МГц. Выделение сигнала на рабочей частоте и предварительное подавление побочных колебаний обеспечивается с помощью фильтра нижних частот с частотой среза $f_{\text{ср}}=31$ МГц.

При работе возбуждителя в диапазоне УКВ (30-60 МГц) второе преобразование частоты сигнала исключается. Сигнал с частотой 12.8 МГц поступает сразу на вход третьего смесителя См3, где он преобразуется на рабочую частоту $f_{\text{раб}}=f_{\text{гет}3}-f_{\text{пч}1}$, которая изменяется от 30 до 60 МГц.

Выделение сигнала на рабочей частоте и подавление побочных колебаний обеспечивается с помощью шести переключаемых полосовых фильтров, каждый из которых работает в диапазоне шириной 5 МГц (30-35 МГц, 35-40 МГц и так далее).

Одно из основных требований к тракту преобразования сигнала—обеспечение малого уровня побочных колебаний. Побочные колебания возникают при каждом преобразовании частоты. Первое и второе преобразования происходят на фиксированных частотах, поэтому при правильно выбранных частотах сигнала и гетеродина все побочные колебания подавляются до допустимого уровня с помощью полосовых фильтров.

Задача подавления побочных колебаний становится более сложной при последнем преобразовании частоты в третьем смесителе См3, где частота гетеродина $f_{\text{гет}3}$ и соответственно рабочая частота $f_{\text{раб}}$ изменяются в зависимости от настройки возбуждителя. Здесь при некоторых настройках возбуждителя могут образовываться побочные колебания на частотах, близких к рабочей частоте. Эти колебания не подавляются фильтрами на выходе возбуждителя.

Рассмотрим некоторые примеры образования побочных колебаний в диапазоне КВ. Наличие и уровень этих колебаний зависят от соотношения частот $x=f_{\text{пч}2}/f_{\text{гет}3}$, которое в диапазоне КВ (1,5–30 МГц) при $f_{\text{пч}2}=42.8$ МГц изменяется в пределах от 0,59 до 0,97. Наиболее опасные комбинационные колебания низких порядков возникают при x , близком к значениям 0,6, 0,67, 0,75 [1].

Примеры образования таких комбинационных колебаний показаны ниже (таблица F).

$f_{\text{раб}}$, МГц	$f_{\text{пч}2}$, МГц	$f_{\text{гет}3}=f_{\text{раб}}+f_{\text{пч}2}$, МГц	$x=f_{\text{пч}2}/f_{\text{гет}3}$	$f_{\text{комб}}$, МГц	Порядок комбинационного колебания
21.39	42.8	64.19	0.6668	$2 f_{\text{пч}2}-f_{\text{гет}3}=21.41$	3-й
14.28	42.8	57.08	0.7498	$3 f_{\text{пч}2}-2 f_{\text{гет}3}=14.24$	5-й
28.52	42.8	71.32	0.6001	$4 f_{\text{пч}2}-2 f_{\text{гет}3}=28.56$	6-й

Таблица F. Примеры образования комбинационных колебаний.

Очевидно, что эти побочные колебания невозможно подавить даже с помощью узкополосного фильтра, включенного на выходе возбуждителя.

Таким образом, если вторая промежуточная частота сохраняет постоянное значение, равное 42.8 МГц, то на некоторых участках диапазона частот возбуждителя побочные колебания превысят допустимые нормы. Поэтому в пораженных участках диапазона (13-15 МГц, 20-23 МГц, 28-30 МГц) в возбуждителях используют другое значение второй промежуточной частоты, а именно $f_{\text{пч}2}=37.8$ МГц. Если оставить значение второй промежуточной частоты, равным 37.8 МГц во всем диапазоне, то и в этом случае появятся опасные побочные колебания на участках диапазона, близких к $f_{\text{раб}}=18.9$ МГц ($x=0.67$), $f_{\text{раб}}=12.6$ МГц ($x=0.75$), $f_{\text{раб}}=25.2$ МГц ($x=0.6$). По-

этому появляется необходимость менять значение второй промежуточной частоты на различных участках диапазона частот возбуждителя.

При работе в диапазоне УКВ (30-60 МГц) $f_{\text{раб}} = f_{\text{ген3}} - f_{\text{пч1}}$, где $f_{\text{пч1}} = 12.8$ МГц. В этом диапазоне наиболее опасными комбинационными колебаниями будут гармоники $f_{\text{пч1}}$, лежащие в рабочем диапазоне: 3 $f_{\text{пч1}} = 38.4$ МГц и 4 $f_{\text{пч1}} = 51.2$ МГц. Эти гармоники не будут подавляться на выходе возбуждителя, когда рабочая частота $f_{\text{раб}} \approx 38.4$ или 51.2 МГц.

Кроме отмеченных выше имеется еще множество других комбинационных колебаний, но их частоты не совпадают с рабочей частотой, и они будут подавлены фильтрами на выходе возбуждителя. Усиление сигнала на рабочей частоте и подавление побочных колебаний обеспечивают два блока: блок Б2-32—усилитель радиочастоты КВ диапазона (УРЧ КВ) и блок Б2-33—усилитель радиочастоты УКВ диапазона (УРЧ УКВ). Блоки имеют одинаковую структуру и содержат двухконтурный дискретно перестраиваемый полосовой фильтр во входной цепи и каскадный усилитель с нагрузкой тоже в виде двухконтурного полосового фильтра с дискретной перестройкой. Перестройка фильтров производится дискретно по командам от блока Б7-2 в зависимости от установленной частоты возбуждителя. При этом происходит переключение фильтров по поддиапазнам (10 поддиапазонов в УРЧ КВ и 3 поддиапазона в УРЧ УКВ) и подключение различного набора дискретных конденсаторов при изменении частоты в пределах установленного поддиапазона.

В УРЧ КВ конденсаторы переключаются при изменении частоты с шагом от 5 до 50 кГц (5 кГц—для самых низких частот), а в УРЧ УКВ—с шагом 100 кГц.

В возбуждители обеспечивается ручная или автоматическая регулировка выходного напряжения путем изменения усиления в тракте первой промежуточной частоты (в блоке Б2-5). При ручной регулировке напряжение регулирования подается с потенциометра РРН, при автоматической—с блока АРН (Б9-55).

Регулировка выходного напряжения возбуждителя необходима для компенсации неравномерности амплитудно-частотной характеристики тракта преобразования и усиления радиосигнала. При включенной АРН изменение выходного напряжения возбуждителя не превышает 3-4%.

3.7 Электроснабжение возбуждителя.

Все необходимые напряжения возбуждитель получает от блока питания Б3-28. Данные отдельных цепей питания приведены ниже (таблица г).

Блок питания может работать от сети переменного тока 220В 50 Гц и от сети переменного тока 220В 400Гц. Переход на питание от той или другой сети осуществляется путем переключения сменных вилок в розетку под крышкой на верхней стенке блока.

В составе блока имеется 10 выпрямителей. Пять из них снабжены стабилизаторами напряжения. Все выпрямители собраны по мостовым схемам. Включение выпрямителей (за исключением выпрямителя минус 27 В ОГ) производится с помощью схемы управления.

При установке тумблера на блоке питания в положение “Сеть” напряжение сети подается на трансформатор Тр4, вторичная обмотка которого питает выпрямитель минус 27В ОГ. Напряжение минус 27В через сглаживающий ёмкостной фильтр подается на выход блока. Это же напряжение используется в качестве дежурного питания некоторых цепей.

Номинальное выходное напряжение, В	Ток нагрузки не более, А	Питаемые блоки и цепи
+ 6.3В (стаб.)	2.5	Б1-2, Б1-6, Б1-14, Б14-2, Б7-2
+ 12.6В (стаб.)	0.6	Б1-2, Б1-6, Б1-14, Б2-32, Б2-33, Б4-24, Б14-2, Б9-55
-12.6В (стаб.)	0.6	Б1-2, Б1-6, Б2-32, Б2-33, Б4-24, Б14-2, Б7-2, Б9-55
-27В (стаб.)	1.0	Б1-6, Б1-14, Б2-5, Б2-32, Б2-33, Б4-24, Б7-2, Б9-55
-27В УПР (стаб.)	1.6	Цепи управления
-27В ОГ (деж.)	0.5	Опорный генератор, цепи включения ОГ
+ 60В I	0.2	Б1-2, Б1-6, Б1-14, Б2-32, Б2-33
-60В II	0.06	Б2-32, Б2-33
± 60В I (±24В)		В возбудителе “Лазурь” эти источники не используются
± 60В II (±24В)		
~ 27В	0.8	Цепи подогрева кварцевых фильтров
~ 0.85В	0.4	Цепи накала индикаторных ламп

Таблица G. Распределение питающих напряжений.

При включении тумблера (“Питание устройства”) на передней панели возбудителя напряжение минус 27В ОГ подается на реле в блоке управления. Это реле при срабатывании подает отпирающее напряжение на тиристоры типа 2У202Н. Через открытые тиристоры подается напряжение сети на все остальные трансформаторы. На рисунке тиристорная схема включения условно показана обычным замыкающим ключом. Применение тиристорной схемы включения позволяет легко обеспечить дистанционное включение питания.

В блоке питания предусмотрена система обобщенного контроля исправности блока питания. Эту задачу выполняет схема индикации отсутствия напряжения, на которую подаются все выпрямленные напряжения, за исключением напряжений от выпрямителей ±60В I и ±60В II¹.

Если все восемь выпрямителей дают нормальные напряжения, то на выходе схемы появляется напряжение минус 27В ОГ, которое зажигает сигнальную лампу “Питание устройства”. Если отсутствует напряжения хотя бы от одного выпрямителя, то эта лампа не горит. Свою задачу схема индикации отсутствия напряжения выполняет с помощью интегральных микросхем “И-НЕ” (типа 136ЛА2 и 136ЛА3), транзисторных ключей и электромеханического реле типа РЭС-49.

Выходное напряжение схемы индикации участвует также в системе обобщенного контроля исправности возбудителя (“Готов к работе”). Если блок питания выдает все необходимые напряжения, блоки возбудителя Б1-6, Б1-2, Б1-14 исправны и настройка возбудителя закончена, то загорается сигнальная лампа “Готов к работе”.

Проверка всех питающих напряжений производится индикаторным прибором ИП с помощью переключателя (“Контроль”). Все цепи переменного и постоянного тока защищены плавкими предохранителями. Готовность возбудителя к работе определяется временем прогрева опорного генератора. В возбудителе предусмотрена возможность включения опорного генератора от внешнего источника постоянного напряжения минус 27В без включения всего возбудителя. Если напряжение сети на блок питания не подано, то реле Р обесточено. В результате через нормально-замкнутые контакты этого реле будет подано питающее напряжение от внешнего источника на ОГ в блоке Б1-6. При включении тумблера (“Сеть”) на блоке питания и при установке тумблера на передней панели возбудителя в положение “Внутренний ОГ” реле срабатывает и своими контактами переключает опорный генератор на питание от выпрямителя. При подаче питания на опорный генератор загорается сигнальная лампа “Питание ОГ”.

¹ В возбудителе “Лазурь” эти напряжения не используются.

3.8 Усилитель мощности.

Перед рассмотрением принципиальной схемы УМ целесообразно остановиться на структуре построения усилительных трактов КВ и УКВ диапазонов. Оба тракта идентичны и выполнены на однотипных лампах в виде 3-каскадного усилителя с коммутируемыми полосовыми фильтрами в анодных цепях. Структура усилительного тракта приведена на рисунке 8 в альбоме схем. На схеме указаны типы ламп, используемые в каскадах, число фильтров в анодных цепях, эффективные значения напряжений на управляющих сетках ламп; выходные сопротивления цепей в отдельных точках схемы, а также номинальные мощности ламп, то есть мощности, реализуемые при резонансной нагрузке. Видно, что входное сопротивление усилительного тракта равно 75 Ом.

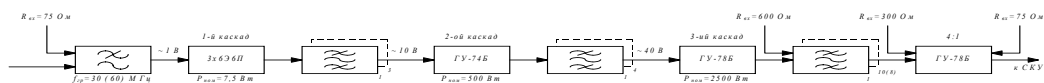


Рисунок 8. Структура усилительного тракта.

Первый каскад собран на трёх лампах типа 6Э6П, номинальная мощность которых 7,5 Вт. Входная цепь ламп выполнена в виде ФНЧ с частотой среза 30 и 60 МГц в КВ и УКВ диапазонов соответственно. Напряжение возбуждения первого каскада—около 1 В. Нагрузкой ламп являются три полосовых фильтра.

Второй каскад собран на генераторном тетроде типа ГУ-74Б. Номинальная мощность лампы—500 Вт. Напряжение возбуждения на управляющей сетке—10 В. Нагрузкой лампы являются 4 полосовых фильтра.

Третий каскад построен на лампе ГУ-78Б, номинальная мощность которой равна 2,5 кВт. Напряжение возбуждения лампы—около 40 В. Нагрузкой третьего каскада являются 10 полосовых фильтров в КВ и 8 фильтров в УКВ диапазоне. Входное сопротивление этих фильтров—около 600 Ом. При такой величине сопротивления лампа ГУ-78Б отдает мощность порядка 1200 Вт. Фильтры выходного каскада несимметричны по уровню сопротивления и рассчитаны на нагрузку 300 Ом. Нагрузкой фильтров является широкополосный трансформатор (ШПТ), обеспечивающий трансформацию сопротивлений 4:1, то есть преобразующий сопротивление 300 Ом в величину 75 Ом. Таким образом, входное и выходное сопротивление блоков усиления мощности—75 Ом.

При одинаковой структуре усилительных трактов КВ и УКВ диапазонов они различаются границами полос пропускания используемых фильтров. Использование значительного числа фильтров в выходных каскадах блоков КВ и УКВ диапазонов (всего 18 фильтров) связано с необходимостью подавления высших гармоник анодного тока ламп ГУ-78Б и шириной их реализуемой полосы пропускания.

Для уменьшения влияния паразитных ёмкостей коммутирующих элементов на полосу пропускания фильтров в выходном каскаде используется переключатель барабанного типа. Реализация такого переключателя на 18 положений при времени коммутации любого из них за 1-2 с конструктивно затруднена из-за его низкой технической надежности. С этим связано наличие в радиопередатчике Р-161 двух усилительных трактов с использованием в выходных каскадах переключателей на меньшее количество положений.

Рассмотрим на примере усилителя мощности КВ диапазона построение его принципиальной схемы (рисунок 9 в альбоме схем). На схеме структурно показаны регулятор входного уровня, направленный ответвитель датчика выходной мощности, электромеханические приводы системы коммутации поддиапазонов, а также блоки, входящие в устройство управления

УМ: дешифратор поддиапазонов, устройство задержек и индикации, устройство управления регулятором уровня.

На вход усилительного тракта высокочастотный сигнал подается от возбудителя через регулятор уровня системы АРН. Регулятор представляет собой цепочку из пяти Т-образных мостовых резисторных звеньев, входное сопротивление каждого из которых равно 75 Ом. Затухания, вносимые звеньями, соответственно равны 6; 3; 1,5; 0,75 и 0,375 дБ, то есть регулятор позволяет изменять уровень сигнала на входе УМ в пределах от 0 до 11,625 дБ дискретно с шагом 0,375 дБ.

Коммутация звеньев регулятора осуществляется по командам от устройства управления. При включенной системе АРН на выходе регулятора устанавливается уровень напряжения, соответствующий мощности УМ, равной 1200 Вт. При отключенной системе АРН в регуляторе остается включенным звено 3 дБ, а изменение уровня производится в возбудителе вручную. С выхода регулятора ВЧ сигнал подается на вход первого каскада.

Первый каскад УМ собран на трех лампах типа 6Э6П, включенных параллельно. Конденсаторы в цепях накала и второй сетки блокировочные. Питание анодной цепи по постоянному току—параллельное через дроссель Др1. Смещение на управляющие сетки величиной около –2 В подается с делителя R1, R2, R3 через резистор R35. Для контроля величины смещения используется гнездо “1к”. Первый каскад работает в каске А. Режим лампы устанавливается потенциометром и R2 по суммарному катодному току, равному 100 мА. Контроль тока осуществляется по прибору, через шунт которого (Шн5) заземляется минус источника анодного питания напряжением 150 В.

Входная цепь первого каскада по высокой частоте представляет собой ФНЧ с волновым сопротивлением 75 Ом. Элементами фильтра являются суммарная входная ёмкость C_d , индуктивности L1 и L2, сопротивление нагрузки R35. Резистор R35 подключается через корректирующую цепочку L3, C15. Частота среза фильтра равна 30 МГц, т. е. регулятор уровня согласованно нагружен во всем диапазоне блока УМ КВ. Нагрузкой ламп первого каскада являются три полосовых фильтра, образуемых коммутируемыми элементами, показанными на схеме, а также суммарной выходной ёмкостью этих ламп и входной ёмкостью лампы второго каскада. Фильтры нагружены на сопротивление R48. Коммутация фильтров осуществляется высокочастотными реле.

Второй каскад собран на лампе ГУ-74Б по схеме с параллельным анодным питанием. Анодное напряжение 600 В подается через дроссель Др2. Смещение на управляющую сетку (около –25 В) подается с делителя R8, R9, R10 через регистр R48. Второй каскад работает в каске А. Режим лампы устанавливается по статическому анодному току, равному 750 мА, с помощью потенциометра R9 по прибору, шунт которого Шн4 включен в минус источника анодного питания. Нагрузкой лампы второго каскада являются четыре полосовых фильтра, коммутируемых с помощью электромеханического привода ПЭМ-7. Элементами фильтров являются выходная и входная ёмкости ламп соответственно второго и третьего каскадов. Для выравнивания АЧХ каскада по диапазону используются резисторы R51, R53. Кроме них на первом поддиапазоне дополнительно включается резистор R52, а на четвертом поддиапазоне—резистор R54 (подключаемый параллельно к резисторам R51, R53). Реле P29 и P31, изменяющие величину нагрузки фильтров, включаются совместно с переключением поддиапазонов каскада. Гнездо “Гн5” используется для контроля напряжения возбуждения выходного каскада.

Выходной каскад усилителя мощности собран на лампе ГУ-78Б. Питание по анодной цепи—последовательное. Анодное напряжение 2000 В подается через дроссель Др3, ВЧ трансформатор Тр1 и рабочий фильтр. Смещение на управляющую сетку (порядка –50 В) подается с делителя R15, R16, R17. Для контроля напряжения смещения служит гнездо “Гн3”. Каскад работает в классе АВ. Статический анодный ток лампы, равный 1000 мА, устанавливается потенциометром R16 по прибору, шунт которого Шн1 включен в минус источника анодного питания. Аналогично контролируется ток второй сетки лампы, при этом прибор подключается к шунту Шн3.

Нагрузкой лампы по анодной цепи являются 10 полосовых фильтров. Схемы первых пяти фильтров аналогичны фильтру второго поддиапазона, а остальные – фильтру 7-го поддиапазона. Общим элементом всех фильтров является выходная ёмкость лампы и добавочная ёмкость С96. При включении рабочего фильтра он охлаждается вентилятором. Нагрузкой фильтров является трансформатор Тр1, для улучшения АЧХ которого часть его обмоток закорачивается с помощью контактов реле Р34, Р35 на участке диапазона 18-3 МГц. Команда на эти реле поступает от переключателя поддиапазонов ПЭМ-6 через диоды Д9-Д11 и вспомогательное реле Р27. При переключении поддиапазонов или при переходе УМ из режима работы в проверку, а также при работе станции на “Приём” в симплексном режиме, лампа выходного каскада запирается смещением –15 В с помощью реле Р4, Р5. При этом также снимается экранное напряжение 320 В.

С выхода трансформатора Тр1 сигнал поступает на вход согласующего устройства или в эквивалент нагрузки через направленный ответвитель. Последний вырабатывает два сигнала: один – пропорциональный уровню падающей волны, то есть проходящей колебательной мощности, и используемый для работы системы АРН; второй – пропорциональный уровню отраженной волны, используемый для передачи команды в блок управления СУ о рассогласовании нагрузки усилителя.

В заключение остановимся на функциональном назначении элементов устройства управления блоком УМ. Оно состоит из дешифратора поддиапазонов, устройства задержек и индикации, а также из устройства управления регулятором уровня, в состав которого входит оперативное запоминающее устройство (ОЗУ).

Дешифратор формирует команды установки поддиапазонов усилительного тракта по входным сигналам с декадных переключателей возбудителя. При этом используются лишь декады десятков, единиц и десятых долей мегагерц. Дешифрирование состояний входных сигналов осуществляется с помощью диодных матриц. Дешифратор обеспечивает также работу системы АРН, для которой частотный интервал 1,5-10 МГц делится на участки по 0,1 МГц, а остальная часть КВ диапазона (10-30 МГц) – на участки по 0,5 МГц. Каждому участку предписывается свой номер или “адрес”, передаваемый в устройство управления регулятором уровня в двоичном коде.

Устройство задержек и индикации выполняет три основные функции. Во-первых, обеспечивает высвечивание на семисегментных индикаторах типа ИВ-9 номеров поддиапазонов второго и третьего каскадов. Команды поступают с переключателей ПЭМ-6 и ПЭМ-7. Во-вторых, устройство осуществляет бестоковую коммутацию при переключении УМ в режим “Проверка”. При этом (рисунок 9 в альбоме схем) сначала подается команда на запирание УМ и включается вентилятор охлаждения эквивалента нагрузки. Затем с некоторой задержкой во времени Δt_1 производится переключение высокочастотного выхода УМ со входа СУ на ЭН и через интервал времени, равный примерно $4\Delta t_1$, отпирается УМ. При снятии команды “Проверка” аналогичным образом запирается УМ, переключается с задержкой его выход на вход СУ и затем усилитель мощности отпирается, а вентилятор эквивалента нагрузки остается включенным еще около 4 минут. Третья функция, выполняемая устройством задержек и индикации, состоит в снижении выходной мощности передатчика при его работе на антенну зенитного излучения (АЗИ) в диапазоне 1.5-4.0 МГц. При этом изменяется опорное напряжение схемы сравнения автоматики регулятора уровня.

Устройство управления регулятором уровня обеспечивает установку выходной мощности УМ, равной 1200 Вт. Устройство служит для управления регулятором уровня и для запоминания величин входного уровня (точнее, состояний звеньев регулятора) на отдельных узких участках диапазона. Последние выдаются дешифратором поддиапазонов в виде “адресов”. Устройство управления регулятором уровня работает следующим образом. С приходом команд “Передача” и “Готов к работе” (то есть с отпиранием передатчика и включением высокого напряжения) устройство выдает команду “РН ВО”, по которой возбудитель переходит в режим несущей. Далее производится уменьшение затухания в регуляторе уровня. Одновременно от направленного ответвителя с датчика падающей волны в устройство управления подается

постоянное напряжение, пропорциональное увеличивающемуся уровню выходной мощности УМ. Это напряжение сравнивается с опорным и при их совпадении производится запоминание в ОЗУ состояния звеньев регулятора уровня. После этого возбудитель возвращается в установленный для работы режим.

При смене частоты (“адреса”) процесс установки и запоминания уровня повторяется. При последующем обращении к данной частоте (точнее, к частотному участку, соответствующему данному “адресу”) в регуляторе уровня перебор звеньев не производится: они выставляются в соответствии с памятью ОЗУ. Этим исключается повторное излучение передатчиком полной мощности, имеющее место при обработке системы АРН.

По команде “Сброс” система АРН срабатывает так же, как при смене “адреса”. В случае команды “АРН выкл.” Вводится запрет на обращение к памяти ОЗУ; включается звено ЗдБ в регуляторе уровня, а команда “РН ВО” на возбудитель не подается и выходной уровень на нем устанавливается вручную.

3.9 Согласующее устройство.

Согласующее устройство (СУ) предназначено для преобразования комплексного сопротивления антенны в сопротивление нагрузки УМ, равное 75 Ом, а также для частичной фильтрации высших гармонических составляющих сигнала. В состав КВ и УКВ трактов радиопередатчика входит своё согласующее устройство (рисунок 3 в альбоме схем). Оба СУ имеют единый принцип построения, настройки и управления. Каждое СУ состоит из согласующей цепи, ВЧ моста настройки и элементов коммутации и управления. На рисунке 10 в альбоме схем приведена упрощенная схема согласующего устройства КВ диапазона.

Согласующая цепь устройства выполнена по схеме П-образного ФНЧ, содержащего три дискретно изменяющихся элемента:

- ⇒ входную ёмкость $C_{вх}$;
- ⇒ индуктивность настройки цепи $L_{п}$;
- ⇒ ёмкость связи с антенной $C_{св}$,

образуемых соответственно конденсаторами C42-C54, катушками L1-L11 и конденсаторами C2-C41.

Применение П-образной схемы согласующей цепи связано с широкими пределами изменения входных сопротивлений антенн передатчика. Построение согласующей цепи по схеме ФНЧ обеспечивает дополнительную фильтрацию высших гармоник сигнала на выходе передатчика. Использование дискретно изменяющихся элементов в согласующей цепи позволяет ее перестраивать за время порядка 1-2 секунд при работе на заранее подготовленных частотах.

Ёмкости C55-C62 в продольной ветви согласующей цепи (рисунок 10 в альбоме схем) используются лишь в верхней части диапазона частот для уменьшения начальной индуктивности монтажа. Дополнительная индуктивность L12 служит для частичной компенсации ёмкостной составляющей входного сопротивления антенны.

Каждый из дискретно изменяющихся элементов согласующей цепи состоит из набора конденсаторов (или катушек индуктивности), коммутируемых с помощью мощных высокочастотных реле. Величины ёмкостей конденсаторов (или индуктивностей катушек) составляют так называемую бинарную прогрессию, то есть геометрическую, со знаменателем 2. В такой прогрессии каждый последующий член ряда (разряд) больше предыдущего в два раза. Номера разрядов элементов $C_{вх}$, $L_{п}$ и $C_{св}$ обозначены на схеме (рисунок 10 в альбоме схем). Бинарный закон позволяет изменять ёмкость или индуктивность элемента из n величин с шагом младшего разряда от 0 до примерно удвоенной величины старшего разряда, обеспечивая при этом $N=2^n-1$ возможных значений элемента.

Входная ёмкость $C_{вх}$ согласующей цепи образуется постоянно включенным конденсатором С42 с шестью коммутируемыми разрядами ёмкостей, сочетания которых определяют 12 поддиапазонов СУ. Включение каждого из разрядов $C_{вх}$ производится мощными исполнительными реле (например, Р43) вакуумного типа, работа которых обеспечивается маломощными вспомогательными реле (например, Р6), управляемыми от диодного дешифратора. Команды включения поддиапазонов поступают на диодный дешифратор от декад возбуждителя через блок управления согласующим устройством.

С помощью мощных исполнительных реле (специальной конструкции) Р14 и Р15 диодный дешифратор управляет также включением конденсаторов С55-С62 в продольной ветви согласующей цепи. При этом реле Р15 включает свою группу конденсаторов на 9-ом поддиапазоне, а реле Р14—на 10-ом. На 11-ом и 12-ом поддиапазонах обе группы конденсаторов включены последовательно. Особенностью мощных исполнительных реле (Р14 и др.) является то, что напряжение срабатывания этих реле равно 27В, а для уменьшения потребления—напряжение удержания—6,3В. Напряжение 27В подается на обмотки реле (например, Р15) через его нормально замкнутые контакты, а также через контакты вспомогательного реле Р9. После срабатывания реле Р15 один из его контактов закорачивает группу конденсаторов С55-С62, а второй снимает напряжение 27В с обмотки реле. Однако на обмотке остается напряжение 6,3В, подаваемое через диод Д33, достаточное для удержания ВЧ реле в замкнутом состоянии. Диод Д44 и конденсатор С63 используются для искрогашения. При поступлении от диодного дешифратора команды на включение вспомогательного реле Р9 размыкается цепь питания реле Р15 и группа конденсаторов С55-С62 включается в продольную ветвь. Аналогичным образом выполнены мощные исполнительные реле Р47 и Р48, а также реле, коммутирующие катушки элемента настройки L_n и конденсаторы элемента связи $C_{св}$.

Элемент настройки согласующей цепи L_n реализуется с помощью 11 катушек, имеющих следующие величины индуктивности:

$$\begin{aligned} L_{11} &= 0,02 \text{ мкГн}; \\ L_{10} &= 0,04 \text{ мкГн}; \\ L_9 &= 0,08 \text{ мкГн}; \\ &\dots\dots\dots \\ L_3 &= 5,12 \text{ мкГн}; \\ L_2 &= 10,24 \text{ мкГн}; \\ L_1 &= 20,48 \text{ мкГн}. \end{aligned}$$

Младшим (первым) разрядом элемента L_n считается катушка L_{11} .

Из 11 катушек элемента настройки L_n одновременно используется не более 9. При этом на частотах $f \geq 6.5$ МГц могут быть включены лишь катушки младших разрядов (L_{11} - L_3), а на частотах $f < 6.5$ МГц—катушки старших разрядов (L_9 - L_1). Очевидно, что различным будет и шаг дискретизации ΔL_n элемента L_n : в верхней части диапазона $\Delta L_n = L_{11} = 0,02$ мкГн; а в нижней— $\Delta L_n = L_9 = 0,08$ мкГн.

Деление КВ диапазона на два участка с примерно равными коэффициентами перекрытия по частоте и использование разного шага дискретизации элемента L_n способствует выравниванию погрешности согласования, которая пропорциональна величине $\Delta R \approx \omega \Delta L_n$. Кроме того, применение 9 разрядов индуктивности вместо 11 позволяет сократить количество возможных значений элемента N и соответственно уменьшить в четыре раза объем памяти блока управления СУ при запоминании настроек на ЗПЧ. В данном случае $N = 2^9 - 1 = 511$.

Команды на включение требуемого разряда элемента настройки L_n поступают от блока управления СУ. Изменение дискретного шага производится по командам “Поддиапазоны”.

Аналогично, по бинарному закону, набраны ёмкости 11 конденсаторов элемента связи с антенной $C_{св}$. Ёмкости конденсаторов соответственно равны $C_2 = 2.5$ пФ; $C_3 = 5$ пФ; $C_4 = 10$ пФ... . Девять ёмкостей младших разрядов используются на частотах $f \geq 6.5$ МГц, обеспечивая шаг дискретизации элемента, равный 2.5 пФ. На частотах $f < 6.5$ МГц (1-6 поддиапазоны СУ) использу-

ются ёмкости девяти старших разрядов, первый из которых, равный 10 пФ (ёмкость С4), определяет шаг дискретизации на этом участке диапазона.

В реальном СУ имеют место “паразитные” продольная индуктивность (порядка 0,53 мкГн) и поперечная ёмкость (около 40 пФ), которые определяют минимальные значения элементов L_n и $C_{св}$ и уменьшают пределы изменения их реактивностей.

Питание исполнительных и вспомогательных реле, а также служебные команды на изменение режима СУ подаются от блока управления СУ через разъем 7-2-Ш1. Цепи групп исполнительных реле элементов $C_{вх}$, L_n и $C_{св}$ питаются через отдельные предохранители (Пр1, Пр2 и Пр3). В отдельные группы объединены и цепи вспомогательных реле (Пр4). Разделение цепей питания отдельными предохранителями облегчает поиск неисправностей в СУ.

Изменение режима работы СУ происходит по командам “Настройка” и “Дуплекс”. По первой команде вход согласующей цепи отключается от выхода УМ и подключается к одному из плеч моста настройки, образованного резисторами R3, R4 и R5 сопротивлением каждый 75 Ом. В одну диагональ моста подается сигнал от возбуждителя (~30 мВ), а к другой диагонали через ВЧ трансформатор и контакты реле P2 подключается вход радиоприёмника P-160П, который настроен на частоту возбуждителя.

Настройка согласующей цепи осуществляется изменением величин элементов L_n и $C_{св}$ до обнаружения момента баланса моста, т. е. когда входное сопротивление СУ будет равно 75 Ом. При этом диагонали моста будут “развязаны”, а сигнал на выходе приёмника станет минимальным. Изменение напряжения на выходе приёмника оценивается по прибору блока управления СУ (смотрите рисунок 11 в альбоме схем). Запоминание настройки, то есть включаемых разрядов элементов согласующей цепи, производится с помощью БУ СУ.

При настройке СУ по методу “без выхода в эфир” в условиях значительных наводок на антенны ВЧ напряжения от соседних мощных радиостанций возможен выход из строя резисторов моста настройки. Для их защиты от перегрузки в мост введена схема амплитудного детектора с удвоением напряжения. Выпрямленное напряжение подается в блок управления СУ в форме команды “Датчик ПМ” (перегрузка моста). При определенной величине этого напряжения в БУ СУ срабатывает схема защиты моста, снимающая команду “Настройка”, по которой мост отключается от входа СУ.

Система коммутации СУ обеспечивает возможность симплексной работы радиостанции. При приёме вход радиоприёмника подключается через контакты реле P2 и P48 ко входу SKU и далее к коммутатору передающих антенн. При нажатии тангенты микрофона, т. е. с началом передачи, из блока управления СУ поступает команда “Дуплекс”, по которой с помощью вспомогательного реле P80 и исполнительного P48 вход приёмника отключается от SKU. Одновременно контакты реле P47 подключают выход согласующего устройства к SKU.

Согласующее устройство УКВ построено по такому же принципу, как и СУ КВ. Различие состоит в количестве используемых разрядов в дискретных элементах согласующей цепи, которые равны во входной ёмкости двум, а в элементах L_n и $C_{св}$ —шести. Настройка и возможности управления СУ УКВ аналогичны рассмотренным выше.

При настройке согласующих устройств передатчика используется ряд элементов и блоков радиостанции: приёмник P-160П; коммутатор приёмных антенн; панель управления; возбуждатель “Лазурь” с блоком реле, коммутирующих его выходы на входы КВ и УКВ трактов; высокочастотные тракты передатчика, состоящие из УМ и СУ; блок управления СУ и другие элементы. Команды на составление схемы настройки СУ подаются с пульта начальника радиостанции (ПНР) через блок управления СУ.

Подключение приёмника к мосту настройки осуществляется через коммутатор приёмных антенн с помощью реле P7 (или P6) по команде с панели управления. Блок управления СУ работает в двух режимах: местном и дистанционном. Первый режим обеспечивает настройку согласующей цепи, то есть позволяет изменять величины её элементов L_n и $C_{св}$ с помощью ру-

чек блока “Настройка” и “Связь”. Второй режим воспроизводит настройку СУ на 20 заранее подготовленных частотах (по десяти в КВ и УКВ диапазонах).

При нажатии на БУ СУ кнопок “Местное” и “Настройка” из блока поступают команды на отключение высокого напряжения в УМ и на включение возбудителя и перевод его в режим несущей. Одновременно подключаются: вход СУ—к плечу моста настройки; приёмник входом—к диагонали моста, а выходом—к индикаторному прибору БУ СУ. По минимум показаний этого прибора определяется положение ручек “Настройка” и “Связь”. При этом установка поддиапазона СУ, то есть изменение величины $C_{вх}$, происходит автоматически по команде “Код частоты” от возбудителя. Эта команда формирует в БУ СУ поддиапазоны СУ и СКУ. Режим “Настройка” может быть осуществлен только при дуплексном режиме.

При нажатии на БУ СУ кнопок “Местное” и “Работа” индикаторный прибор подключается к датчику выхода согласующего устройства. Запрет на включение высокого напряжения в УМ снимается. В этом случае возможна так называемая “горячая” настройка по максимуму показаний индикаторного прибора. При коммутации разрядов в элементах согласующего устройства из БУ СУ в возбудитель поступает команда на его запираение.

При нажатии кнопок “Дистанционное” и “Работа”, как уже отмечалось, возможно воспроизведение настроек СУ на 20 заранее подготовленных частотах.

Перевод радиостанции в симплексный режим работы осуществляется переключателем “Режим” (симплекс-дуплекс) на панели управления. При этом для подключения приёмника к передающим антеннам (через СУ) необходимо нажать на панели управления кнопку “Настройка” (симплекс). В этом режиме нажатие тангенты передается в согласующее устройство как команда “Дуплекс”. Эта команда поступает в СУ с некоторой задержкой, необходимой для отключения приёмника (реле Р8 в коммутаторе приёмных антенн). По команде “Дуплекс” к передающим антеннам подключается выход СУ (реле Р47), а при снятии команды—вход приёмника (реле Р48).

3.10 Симметрирующе-коммутирующее устройство.

Симметрирующее-коммутирующее устройство (СКУ) предназначено:

- ⇒ для подключения к выходу КВ тракта передатчика различных типов антенн;
- ⇒ для перехода от несимметричного выхода СУ КВ к симметричным антеннам;
- ⇒ для предварительного “грубого” согласования выхода СУ КВ с антеннами типа диполь, Т-образная и АЗИ.

СКУ включено между СУ КВ диапазона и коммутатором передающих антенн (смотрите рисунок 3). Упрощённая схема СКУ приведена на рисунке 12 в альбоме схем. Устройство состоит из катушек индуктивности предварительного согласования (L1-L5), высокочастотного согласующе-симметрирующего трансформатора (Тр1) и элементов коммутации и управления. Выбор схемы СКУ и подключение соответствующего выхода осуществляется по командам, поступающим с панели управления или от запоминающего устройства. Команды подаются в виде корпуса (-27 В).

Симметричные антенны (V-образная и типа диполь) подключаются с помощью реле Р16, Р17 и Р19 через трансформатор Тр1. Последний выполнен в виде двух отрезков линий, намотанных на ферритовых сердечниках и включённых по входу параллельно, а по выходу последовательно. Это обеспечивает трансформацию по сопротивлению 1:4. При Т-образных антеннах трансформатор исключается.

Подключение АЗИ обеспечивает реле Р8, а штыревой и λ -образной антенны—реле Р11. В последнем случае для уменьшения индуктивности соединительных проводов используется конденсатор С22, ёмкостью 112 пФ.

Поддиапазон СКУ	Полоса частот, МГц	Поддиапазоны КК			
		АЗИ	ДИПОЛИ	Т-ОБР	
1	1.5-1.6	1	1	1	
2	1.6-1.7	2		2	2
3	1.7-1.8	3			
4	1.9-1.9	4			
5	1.9-2.0	5			
6	2.0-2.2	6			
7	2.2-2.4	7			
8	2.4-2.6	8			
9	2.6-2.8	9	6		
10	2.8-3.0	10	3	7	
11	3.0-3.5	11	4	8	
12	3.5-4.0	12	5	9	
13	4.0-4.5	13	6	10	
14	4.5-5.0	14	7		
15	5.0-5.5	15	8		
16	5.5-6.0	16	9		
17	6.0-7.0	17	10		
18	7.0-8.0	18			
19	8.0-10.0	19			
20	10.0-30.0	20			

Таблица Н. Поддиапазоны СКУ.

При работе с АЗИ и с антеннами типа диполь и Т-образной используется индуктивность предварительного согласования, реализуемая в виде набора из 5 катушек, индуктивности которых составляют бинарную прогрессию. Изменение величины индуктивности предварительного согласования достигается коммутацией реле Р1-Р6, а её подключение – реле Р9, Р7. При этом для исключения собственного резонанса катушка L1 имеет отвод от средней точки и коммутируется двумя реле.

Выбор программы предварительного согласования, то есть включение требуемых катушек индуктивности L1-L5 в зависимости от частоты и типа антенн, определяется положением штырьков на коммутаторных колодках (КК), расположенных на передней панели блока СКУ и обозначенных “АЗИ”, “Диполь” и “Т-обр.”. Исходное положение штырьков в КК приводится в таблице на крышке блока СКУ и в инструкции по эксплуатации радиостанции.

Коммутаторная колодка, определяющая программу предварительного согласования АЗИ, имеет три положения штырьков на каждом из 20 поддиапазонов СКУ. Номера включаемых поддиапазонов СКУ устанавливаются автоматически по командам, формируемым в блоке управления СУ. При этом номер включенного поддиапазона СКУ высвечивается на передней панели БУ СУ. Одно из трех положений штырька на заданном поддиапазоне дешифрируется диодным дешифратором и передается в виде команды (-27В) на соответствующие подготовленные реле.

КК антенн типа “Диполь” и “Т-образная” имеют по 10 поддиапазонов для перехода от 20 поддиапазонов СКУ к 10 поддиапазонам этих колодок используются по два отдельных дешифратора. Соответствие поддиапазонов СКУ и КК различных антенн приведено выше (таблица h). Обратим внимание на то, что КК “Диполи” и “Т-обр.” имеют по четыре положения в каждом из 10-ти поддиапазонов. При нахождении штырька в положении 2 включенными оказываются катушки индуктивности предварительного согласования L3, L4, L5, так как при отсутствии команд катушки L1 и L2 закорочены. Если штырек находится в положении 4 на любом из поддиапазонов, то СУ подключается к антенне в обход индуктивности предварительного согласования через контакты реле Р10.

РАДИОПЕРЕДАТЧИК.

Особенностью мощных высокочастотных исполнительных реле, обеспечивающих изменение индуктивности предварительного согласования (P1-P6), а также схемы СКУ (P7-P11 и P15-P19), является то, что для их работы используется два номинала питающих напряжений: 27В—для срабатывания и 6,3В—для удержания.

В заключение отметим, что СКУ обеспечивает также сигнализацию о включении антенны и запираение возбудителя на время любых коммутаций. Для этого используются контакты реле P15, P17-P19, P40-P45 и P47, P48, а также транзисторно-диодный дешифратор.

4. РАДИОПРИЁМНИК Р-160П.

4.1 Основные технические характеристики радиоприёмника Р-160П.

Назначение. Радиоприёмник Р-160П входит в состав различных радиостанций и может также использоваться автономно.

Диапазон частот. Радиоприёмник работает в диапазоне частот 1,5...59,99999 МГц¹. Сетка частот имеет интервал в 10 Гц. Время перестройки приёмника с одной частоты на другую не превышает 0,3 секунды.

Виды принимаемых сигналов. Радиоприёмник позволяет вести приём:

- ⇒ телеграфных сигналов с амплитудной манипуляцией (А1);
- ⇒ телефонных радиосигналов с амплитудной модуляцией (А3);
- ⇒ телефонных радиосигналов с частотной модуляцией (F3);
- ⇒ телефонных радиосигналов с однополосной модуляцией по верхней (А₁) или нижней (В₁) полосе частот с подавленной, ослабленной или полной несущей²;
- ⇒ телефонных радиосигналов с однополосной модуляцией одновременно по верхней и нижней полосам частот с подавленной или ослабленной несущей;
- ⇒ телеграфных радиосигналов с частотной манипуляцией для буквопечатания (F1);
- ⇒ радиосигналов двойной частотной телеграфии для буквопечатания (F6).
- ⇒ радиосигналов относительной фазовой телеграфии для буквопечатания (F9).

Возможен также слуховой приём телеграфных радиосигналов F1, F6 и F9.

Частотная точность. Точность и стабильность частоты настройки определяются опорным генератором “Гиацинт-М”. Долговременная (за 6 месяцев) относительная нестабильность частоты этого генератора не превышает $1 \cdot 10^{-7}$. Время установления частоты генератора с точностью $\pm 1 \cdot 10^{-7}$ не более 15 минут. Это время и определяет время готовности приёмника к приёму любого вида радиосигналов.

Чувствительность. Чувствительность приёмника при приёме разных видов сигнала приведена ниже (таблица 1).

Диапазон частот, МГц	Чувствительность, мкВ						Примечание
	$\frac{U_c + U_{ш}}{U_{ш}} = 3$				$\frac{U_c + U_{ш}}{U_{ш}} = 10$	F1, F6, F9	
	A1-У	A1-Ш	A3	A ₁ (B ₁)	F3		
1,5...30	0,4	0,8	8	2	4	0,4–0,9	В зависимости от величины сдвига. Для F6-1000 равна 1,8 мкВ.
30...60	0,3	0,6	6	2	3	0,4–0,9	

Таблица 1. Чувствительность приёмника.

Избирательность. Приёмник Р-160П–супергетеродин с тройным преобразованием частоты. Первая промежуточная частота имеет значение 42,8 (37,8 МГц), вторая–12,8 МГц и третья–128 кГц.

Полоса пропускания общего тракта при приёме всех видов телефонных сигналов и сигнала F1-6000 равна 15 кГц, при приёме телеграфных сигналов (кроме сигналов F1-6000)–5 кГц.

¹ В дальнейшем верхние пределы частоты будут указываться округлённо. Например: 1,5...60 МГц.

² Под ослабленной несущей понимается 10% (-20 дБ), а под полной несущей–50% (-6 дБ) от пикового значения однополосного сигнала.

РАДИОПРИЁМНИК Р-160П.

Полосы пропускания тракта третьей промежуточной частоты при приёме сигналов А1-У–300 Гц, А1-Ш–1200 Гц, А₁ и В₁–3100 Гц.

Полосы пропускания тракта третьей промежуточной частоты при приёме сигналов F1, F6 и F9 приведены ниже (таблица j).

Вид сигнала	Допустимая скорость телеграфирования не более, Бод	Полоса пропускания фильтра, Гц
F1-125	100	300
F1-200	150	600
F1-500	300	1200
F1-1000	500	2200
F1-6000	1200	4400
F6-200	150	1200
F6-500	300	2200
F6-1000	600	4500
F9-300	300	600
F9-500	500	1200
F6-200 асинхронный	50	1200

Таблица J. Допустимая скорость телеграфирования и полоса пропускания фильтра при различных видах сигнала.

Ослабление чувствительности по зеркальному каналу при преобразовании не менее 90 дБ.

Ослабление чувствительности при приёме сигналов на частотах, равных промежуточным, не менее 100 дБ.

Ослабление чувствительности по другим побочным каналам приёма составляет:

- ⇒ при расстройках в пределах от ± 3 до ± 25 кГц от частоты настройки приёмника не менее 80 дБ;
- ⇒ при расстройке в пределах от ± 25 до $\pm 10\%$ от частоты настройки не менее 120 дБ;
- ⇒ при расстройках за пределами $\pm 10\%$ от частоты настройки не менее 140 дБ.

Динамический диапазон входных цепей и тракта высокой частоты до элементов основной селекции первой промежуточной частоты составляет не менее 80 дБ относительно уровня шумов в полосе 3,1 кГц.

Характеристика тракта приёма однополосных сигналов. Спектр при приёме однополосных сигналов ограничивается полосой частот от 300 до 3400 Гц. Неравномерность частотной характеристики в полосе пропускания не более 3 дБ.

Ослабление внятных (линейных) переходных помех из одного телефонного канала в другой не менее 56 дБ в полосе 300...500 Гц и не менее 60 дБ в полосе 500...3400 Гц.

Полоса схватывания и удержания системы АПЧ по пилот-сигналу не менее 200 Гц и не менее 400 Гц соответственно.

Система регулирования в приёмнике. В радиоприёмнике имеется ручная и автоматическая регулировка усиления. Система АРУ обеспечивает изменение уровня выходного напряжения не более чем на 6 дБ при изменении входного сигнала на 80 дБ. Имеются три постоянные времени АРУ: 0,1; 1,0 и 5,0 секунд. Для расширения динамического диапазона радиоприёмника при работе с АРУ дополнительно введено кольцо АРУ по второй промежуточной частоте (12,8 МГц) с глубиной регулирования 20 дБ и задержкой: АРУ по второй промежуточной частоте начинает работать при входном сигнале порядка 1 мВ.

Имеющаяся ручная регулировка усиления при использовании АРУ обеспечивает регулировку в тракте низкой частоты. Когда АРУ выключена, то обеспечивается ручная регулиров-

ка усиления в тракте промжуточной частоты (при этом усиление в тракте низкой частоты максимально). Для предотвращения перегрузок приёмника на входе имеется ручной аттенуатор 30 дБ со ступенями регулирования через 10 дБ.

Антенный вход. Вход приёмника несимметричный и рассчитан для работы с антеннами, оканчивающимися несимметричным коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 75 Ом. Для обеспечения возможности работы радиоприёмника от антенн, оканчивающихся симметричным кабелем с волновым сопротивлением 200 Ом или 660 Ом, радиоприёмник может комплектоваться соответствующим симметрирующим трансформатором.

Антенный вход защищён от радиолокационных помех в диапазоне 200-10000 МГц с помощью противолокационного фильтра (ПДФ) и от воздействия постоянного тока напряжением до 500 В.

Обеспечивается сохранность входных цепей радиоприёмника при подаче на его вход высокочастотного напряжения с уровнем до 100 В в том числе и на частоте настройки.

Управление приёмником. Обеспечивается возможность управления радиоприёмником как с передней панели, так и дистанционно. Имеются три способа управления: местное (“Местное”), местно-дистанционное (“МД”) и дистанционное (“Дистанционное”).

При местном управлении всё управление приёмником осуществляется с помощью органов управления на передней панели.

При местно-дистанционном управлении установка частоты производится дистанционно путём подачи команд с внешнего устройства (например, от аппаратуры ТУ-СУ), а все прочие операции осуществляются органами управления на передней панели.

При дистанционном управлении все операции осуществляются дистанционно по командам от внешнего устройства.

При подаче внешних команд возможно:

- ⇒ включение и выключение питания радиоприёмника (при этом тумблер “Сеть” на блоке питания должен быть включен);
- ⇒ включение и выключение питания опорного генератора;
- ⇒ перестройка радиоприёмника на любую частоту диапазона;
- ⇒ подготовка приёмника к приёму того или иного вида радиосигнала;
- ⇒ выбор вида регулировки усиления;
- ⇒ выбор постоянной времени АРУ;
- ⇒ переход на работу с автоматической подстройкой частоты;
- ⇒ выбор градации ослабления антенного аттенуатора;
- ⇒ слуховой контроль принимаемых сигналов. Обеспечивается также работа радиоприёмника с аппаратурой адаптивной связи при подаче соответствующих внешних команд.

Электропитание. Радиоприёмник может питаться от однофазной сети переменного тока напряжением 220 ± 13 В при частоте 50 ± 2 Гц или от однофазной сети переменного тока напряжением 220 ± 13 В при частоте 400 ± 12 Гц.

Потребляемая от сети мощность не превышает 290 Вт.

Климатические условия. Радиоприёмник сохраняет свою работоспособность в следующих условиях эксплуатации:

- ⇒ при температуре окружающего воздуха от минус 40 до плюс 50°C;
- ⇒ при относительной влажности 95–98% и температуре окружающего воздуха плюс 40°C.

Габариты и масса. Габаритные размеры приёмника: высота 527 миллиметр (без амортизаторов–478 миллиметров), ширина 508 миллиметров, глубина 500 миллиметров.

Масса радиоприёмника не более 95 килограммов.

Состав радиоприёмника и назначение отдельных блоков. Конструктивно радиоприёмник выполнен по блочной системе. Части общей схемы радиоприёмника, выполняющие определённые функции, конструктивно размещены в отдельных съёмных блоках. Это облегчает производство, контроль исправности и ремонт радиоприёмника.

В состав радиоприёмника входят следующие функциональные блоки (смотрите рисунок 13 в альбоме схем):

- ⇒ блок Б2-12–блок противолокационного фильтра (ПЛФ) и антенного аттенюатора;
- ⇒ блок Б2-32–усилитель радиочастоты (УРЧ) диапазона КВ (1,5...30 МГц) с обеспечением параметра забития¹;
- ⇒ блок Б2-33–усилитель радиочастоты (УРЧ) диапазона УКВ (30...60 МГц);
- ⇒ блок Б2-4–блок промежуточных частот, включающий в себя три преобразователя частоты, каскады усиления и элементы селекции промежуточных частот;
- ⇒ блок Б1-6–синтезатор мелкой сетки частот, образующий сетку высокостабильных частот с шагом в 10 Гц в диапазоне 12,8...14,8 МГц. Здесь же размещён опорный генератор “Гиацинт-М”;
- ⇒ блок Б1-2–блок первого гетеродина (42,8...72,8 МГц) и второго гетеродина (30 (25) МГц);
- ⇒ блок Б1-4–блок формирования частоты третьего гетеродина (12672 кГц) и “местной несущей” (128 кГц);
- ⇒ блок Б7-2–блок управления частотой настройки радиоприёмника;
- ⇒ блок Б4-12–блок слуховых выходов;
- ⇒ блок Б7-63–корпус слухового приёмника (верхняя часть передней панели приёмника);
- ⇒ блок Б4-25–блок однополосной телефонии;
- ⇒ блок Б5-72–блок приёма сигналов F1, F6, F9;
- ⇒ блок Б5-2–блок релейных выходов;
- ⇒ блок Б5-46–блок приёма командных сигналов (F1-200);
- ⇒ блок Б7-64–блок управления при приёме телефонных однополосных сигналов и телеграфных сигналов буквопечатания (нижняя часть передней панели приёмника);
- ⇒ блок Б3-28–блок питания.

Блок Б5-81, предназначенный для приёма сигналов F1-6000, входит в комплект радиоприёмника только по отдельному заказу. В случае отсутствия блока Б5-81 на его место ставится заменитель–заглушка.

На рисунке 13 в альбоме схем представлена структурная схема радиоприёмника Р-160П, показывающая основные связи между функциональными блоками.

4.2 Общий тракт приёма.

Р-160П является приёмником супергетеродинного типа с тройным (в диапазоне 1,5...30 МГц) или двойным (в диапазоне 30...60 МГц) преобразованием частоты. Общий тракт приёма (смотрите рисунок 14 в альбоме схем) включает в себя противолокационный фильтр (ПЛФ), аттенюатор, усилитель радиочастоты (УРЧ) и три (или два) смесителя и усилителя промежуточной частоты. Этот тракт обеспечивает предварительную избирательность, усиление и преобразование принимаемых сигналов к третьей промежуточной частоте $f_{пч3}=128$ кГц.

Принимаемый сигнал поступает на противолокационный фильтр (ПЛФ) и аттенюатор (блок Б2-12), где происходит подавление возможных помех от СВЧ передатчиков и обеспечи-

¹ В модификациях приёмника Р-160П и Р-160П-03 вместо блока Б2-32 устанавливается блок Б2-37 (“чувствительный” вариант), а в модификации Р-160-02 вместо блока Б2-33–блок Б2-33-1 (“чувствительный” вариант УРЧ УКВ).

вается в необходимых случаях ручная регулировка уровня входного сигнала. ПЛФ представляет собой фильтр с частотой среза 200 МГц, который обеспечивает ослаблений помех в диапазоне 200...400 МГц не менее, чем в 10 раз, в диапазоне 400...10000 МГц не менее, чем в 100 раз. Пределы регулирования ослабления аттенюатора от 0 до 30 дБ ступенями через 10 дБ: 0, 10, 20, 30 дБ. Аттенюатор сохраняет работоспособность при напряжении сигнала на входе до 100 В.

В приёмнике включается один из двух блоков усилителя радиочастоты: УРЧ КВ (Б2-32) в диапазоне от 1,5 до 30 МГц или УРЧ УКВ (Б2-33) в диапазоне от 30 до 60 МГц. Блоки имеют одинаковую структуру и содержат двухконтурный дискретно перестраиваемый полосовой фильтр во входной цепи и каскадный усилитель с нагрузкой в виде двухконтурного перестраиваемого полосового фильтра.

Каждая пара фильтров работает в определённом поддиапазоне; УРЧ КВ имеет 10 поддиапазонов, УРЧ УКВ—3 поддиапазона. В пределах поддиапазона перестройка фильтров осуществляется с помощью дискретно переключаемых конденсаторов.

В приёмниках Р-160П-02 и Р-160П-03 (“чувствительный” вариант) вместо блока Б2-32 применяется блок Б2-37, который отличается от схемы блока Б2-32 только тем, что его входная цепь представляет собой одноконтурный полосовой фильтр, а вместо блока Б2-33—блок Б2-33.1.

Основные характеристики блоков УРЧ представлены ниже (таблица к).

Блок	Чувствительность	Коэффициент передачи	Ослабление помех по первой ПЧ, дБ	Ослабление помех по зеркальному каналу, дБ
Б2-32 (УРЧ КВ)	30 КТ	4,4÷8,5	103	93
Б2-37 (УРЧ КВ)	6 КТ	6÷12	103	93
Б2-33 (УРЧ УКВ)	12 КТ	4÷8	114	70
Б2-33.1 (УРЧ УКВ)	8 КТ	4÷8	114	76

Таблица К. Основные характеристики блоков УРЧ.

Настройка УРЧ—переключение фильтров по поддиапазонам и подключение к фильтрам необходимого набора дискретных конденсаторов производится автоматически при установке частоты по командам от блока Б7-2 (смотрите рисунок 13 в альбоме схем). Поэтому время настройки приёмника на новую частоту в основном определяется временем перестройки синтезатора и составляет всего 0,3 секунды, тогда как в радиоприёмнике Р-155У, где происходит механическая перестройка контуров преселектора и гетеродина, оно равно в среднем 20–25 секунд.

При работе в КВ диапазоне первое преобразование частоты производится в смесителе См1, на гетеродинный вход которого подаётся колебание от синтезатора с частотой $f_{гет1}$, изменяющейся в пределах 42,8...72,8 МГц с шагом 10 Гц. Промежуточная частота образуется как разность

$$f_{пч1} = f_{гет1} - f_c$$

В приёмнике $f_{пч1}$ принимает два значения: 42,8 МГц или 37,8 МГц. Поэтому на входе смесителя может быть включён один из двух полосовых фильтров со средними частотами 42,8 и 37,8 МГц и полосой пропускания 50 кГц. Наличие двух значений $f_{пч1}$ обусловлено двумя причинами. Во-первых, в приёмнике применяется синтезатор, идентичный с синтезатором возбуждителя “Лазурь”. В возбуждителя необходимо использовать два значения частоты сформированного сигнала с целью исключить образование опасных комбинационных колебаний на выходе. Чтобы не изменять структуру синтезатора и, главное, систему управления при установке частоты, в приёмнике вынужденно применяются два номинала $f_{пч1}$.

Во-вторых, использование двух значений $f_{пч1}$ уменьшает число поражённых точек в приёмнике, возникающих в результате появления побочных колебаний при первом преобразо-

вании частоты. Поясним это на примере. Если $f_c \approx 21,4$ МГц, то частота второй гармоники сигнала, неизбежно возникающей в преобразователе частоты, почти совпадает со значением $f_{пч1}=42,8$ МГц. Это означает, что наряду с преобразованным сигналом с частотой $f_{пч1}=42,8$ МГц в дальнейший тракт приёмника будет поступать вторая гармоника сигнала, имеющая другое среднее значение частоты и другие параметры модуляции.

Поэтому в диапазонах, где могут возникать поражённые точки (13...15 МГц, 20...23 МГц, 28...30 МГц), используется значение первой ПЧ $f_{пч1}=37,7$ МГц.

В качестве смесителя СМ1 применяется кольцевой смеситель с пятью диодами, включёнными в каждом плече. Этот способ расширяет динамический диапазон смесителя, но требует повышенного напряжения гетеродина (до 8-9 В). Аналогичную схему имеют последующие смесители приёмника (СМ2 и СМ3).

Второе преобразование частоты сигнала осуществляется в смесителе СМ2, на гетеродинный вход которого в зависимости от значения первой ПЧ подаётся колебание от синтезатора с частотой $f_{гет2}=30$ или 25 МГц. Тракт второй промежуточной частоты ($f_{пч2}=12,8$ МГц) содержит переключаемые кварцевые полосовые фильтры и регулируемый усилитель. При приёме телеграфных сигналов кроме F1-6000, автоматически включается фильтр с полосой пропускания $2\Delta f=15$ кГц. Фильтр с полосой 40 кГц может быть включен при подаче внешней команды “Включить 40 кГц”.

При работе приёмника в диапазоне 30...60 МГц сигнал с выхода УРЧ УКВ поступает сразу на второй смеситель СМ2. На этот же смеситель подаётся колебание от синтезатора с частотой $f_{гет1}=42,8 \div 72,8$ МГц. Тракт первой ПЧ в этом случае отключается, и в СМ2 осуществляется первое преобразование частоты сразу до значения 12,8 МГц ($f_{пч2}=f_{гет1}-f_c=12,8$ МГц). Основные параметры тракта приёма второй ПЧ сохраняются неизменными.

Последнее преобразование частоты в общем тракте приёма происходит в смесителе СМ3. На гетеродинный вход СМ3 подаётся колебание с частотой $f_{гет3}=12,672$ МГц. После смесителя включен фильтр нижних частот, выделяющий колебание разностной частоты $f_{пч3}=f_{пч2}-f_{гет3}=128$ кГц, и усилитель. На этот усилитель при работе в диапазоне УКВ подаётся команда, приводящая к увеличению его коэффициента усиления, что компенсирует уменьшение общего усиления в тракте промежуточных частот за счёт исключения тракта первой ПЧ.

Общее усиление в тракте промежуточных частот (в блоке Б2-4) равно $10 \div 16$.

С выхода общего тракта приёма сигнал в зависимости от вида работы поступает в один из частотных трактов приёма: блок слуховых выходов (Б4-12), блок приёма однополосных сигналов (Б4-25) или блок приёма сигналов F1, F6, F9 (Б5-72).

Имеется выход напряжений третьей ПЧ на разъём “Выход ПЧ внешний”. Этот выход, в частности, используется при работе с аппаратурой адаптации.

Напряжение третьей ПЧ после дополнительного усиления поступает на детектор АРУ, а усиленное выпрямленное напряжение—на регулируемый усилитель в тракте второй ПЧ.

Регулируемый трёхкаскадный усилитель представляет собой усилитель с отрицательной обратной связью. Напряжение АРУ (от -2 до -25 В) подаётся на варикап, включённый в контур цепи обратной связи, и регулирует коэффициент обратной связи. При этом усиление может уменьшаться в 10 раз. Возможен режим работы усилителя с максимальным усилением (без АРУ) путём подачи команд “Включить максимум усиления” при работе с РРУ.

В приёмнике предусмотрена работа в режиме АРПД (автоматический радиополудуплекс). В этом режиме при работе передатчика происходит запираание усилителя в тракте третьей ПЧ приёмника.

В приёмнике имеется система сквозного контроля, которая позволяет проверить работоспособность приёмника на любой частоте и оценить его параметры (чувствительность, точность частоты). На вход приёмника при отключенной антенне могут быть поданы следующие сигналы:

- ⇒ напряжение генератора шума (ГШ) для оценки чувствительности;
- ⇒ напряжение гармоник колебания 1 МГц от опорного генератора с частотой $n \cdot 1$ МГц для проверки приёмника на частотах, кратных 1 МГц;
- ⇒ сигнал ОПРЧ¹ (обратного преобразования частоты) для проверки приёмника на любой частоте.

Сигнал ОПРЧ формируется в отдельном тракте, в котором производится, как и в общем тракте приёма, три преобразования частоты в СМ I, СМ II, СМ III.

Для пояснения принципа работы тракта ОПРЧ необходимо рассмотреть образование промежуточных частот в общем тракте приёма, которое происходит по следующим уравнениям:

$$\begin{aligned} f_{пч1} &= f_{гер1} \cdot f_c \\ f_{пч2} &= f_{пч1} \cdot f_{гер2} = f_{гер1} \cdot f_c \cdot f_{гер2} \\ f_{пч3} &= f_{пч2} \cdot f_{гер3} = f_{гер1} \cdot f_c \cdot f_{гер2} \cdot f_{гер3} \end{aligned}$$

Из последнего выражения частота принимаемого сигнала

$$f_c = f_{гер1} - (f_{пч3} + f_{гер2} + f_{гер3}).$$

В тракте ОПРЧ обеспечивается преобразование частоты по следующим формулам:

в СМ I

$$f_{прI} = f_{пч3} + f_{гер3}$$

в СМ II

$$f_{прII} = f_{прI} + f_{гер2} = f_{пч3} + f_{гер3} + f_{гер2}$$

в СМ III

$$f_{прIII} = f_{гер1} - f_{прII} = f_{гер1} - (f_{пч3} + f_{гер2} + f_{гер3}) = f_c$$

Последнее выражение даёт частоту принимаемого сигнала, то есть выходное колебание ОПРЧ имеет частоту, равную частоте настройки приёмника.

При формировании ОПРЧ роль третьей ПЧ может играть тон-генератор или внешний источника с частотой 128 кГц, или местная несущая (МН). Местная несущая подаётся только при наличии внешней команды, то есть в режиме дистанционного управления приёмником.

При формировании сигнала ОПРЧ в диапазоне УКВ (30...60 МГц) второе преобразование частоты в тракте ОПРЧ не применяется и сигнал с частотой $f_{прI} = 12,8$ МГц подаётся сразу на вход СМ III, где образуется сигнал на рабочей частоте.

$$f_{прIII} = f_{гер1} - f_{прII} = f_{гер1} - (f_{пч3} + f_{гер3}) = f_c$$

4.3 Система стабилизации частоты.

Система стабилизации частоты в радиоприёмнике предназначена для формирования частот первого, второго и третьего гетеродина из колебаний опорного генератора с частотой 5 МГц с сохранением величины относительной нестабильности опорного генератора.

В систему стабилизации частоты входят:

- ⇒ синтезатор мелкой сетки (блок Б1-6);
- ⇒ блок формирования частот первого и второго гетеродинов приёмника (блок Б1-2);
- ⇒ третий гетеродин (блок Б1-4).

Принципы работы блоков Б1-6 и Б1-2 аналогичны работе таких же блоков в составе возбuditеля.

Третий гетеродин (блок Б1-4) выполнен также по методу косвенного синтеза. Выходные колебания создает кварцевый генератор (КГ), включенный в кольцо ФАП. Номинальная частота КГ $f_{кг} = f_{гер3} = 12672$ кГц. Применение автоматической подстройки частоты кварцевого автогенератора обусловлено двумя причинами: во-первых, собственная стабильность частоты КГ недостаточно высока и не обеспечивает приём большинства видов сигналов; во-вторых, при

¹ В приёмнике Р-155П этот сигнал называют сигналом ОК (обратного контроля).

приёме однополосных сигналов иногда возникает необходимость автоматической подстройки частоты (АПЧ) приёмника по пилот-сигналу.

Блок третьего гетеродина работает в двух основных режимах: без АПЧ и с АПЧ. В режиме без АПЧ создается кольцо ФАП в составе кварцевого генератора, делителя частоты на одиннадцать и фазового детектора ФД1. В стационарном состоянии в кольце ФАП выполняется равенство $\frac{fk_2}{11}=1152$ кГц, откуда

$$f_{кр}=f_{гер3}=1152 \cdot 11=12672 \text{ кГц.}$$

Колебание эталонной частоты (1152 кГц), поступающее на ФД1, а также другие эталонные колебания (12,8 кГц для ФД2 и 128 кГц для ФД3 и на выходной разъем “МН”) создаются по методу прямого синтеза. На вход этого устройства подается колебание от ОГ с частотой 5 МГц из блока Б1-6.

В режиме с АПЧ создается кольцо ФАП, включающее в себя кварцевый генератор, смеситель См3 и тракт третьей ПЧ общего тракта приёмника, делитель частоты на десять и фазовый детектор ФД2. Третья ПЧ после деления частоты на десять сравнивается в ФД2 с эталонной частотой 12,8 кГц. В стационарном режиме после окончания подстройки КГ выполняется условие $f_{пч3}/10=12.8$ кГц и, следовательно, $f_{пч3}=128$ кГц.

Если вследствие изменения частоты принимаемого сигнала, за счет эффекта Доплера, $f_{пч3}$ не равна своему номинальному значению, то происходит такое изменение частоты $f_{кр}=f_{гер3}$, при котором частота $f_{пч3}=f_{пч2}-f_{гер3}$ становится равной 128 кГц.

В случае пропадания пилот-сигнала на время более 5 секунд происходит автоматическое включение режима работы без АПЧ, а при появлении пилот-сигнала—возвращение к режиму АПЧ.

В блоке Б1-4 обеспечивается также проверка точности частоты ОГ по сигналам радиостанций государственной службы времени и частоты или с помощью рубидиевого эталона частоты Ч1-50. С этой целью при установке переключателя “Контроль” в позицию “Сверка частот” в фазовом детекторе ФД3 происходит сравнение третьей ПЧ и частоты 128 кГц (от делителей частоты). На выход ФД3 подключается измерительный прибор. Частота колебаний его указателя будет равна абсолютной разности частот $|f_{пч3}-128\text{кГц}|$, которую называют частотой биений.

Если ОГ имеет идеальную стабильность ($\Delta f_{ог}=0$), то $f_{пч3}$ будет равна номинальному значению 128 кГц, тогда частота биений $F_6=f_{пч3}-128$ кГц=0. Если $\Delta f_{ог}=0$, то частоты всех трёх гетеродинов будут отличаться от установленных номинальных величин, и $f_{пч3}$ будет отличаться от номинала на величину $\Delta f_{пч3}$. Тогда $F_6 \approx \Delta f_{пч3}$ (знак приближенного равенства объясняется тем, что частота колебания на выходе делителя 128 кГц, тоже содержит некоторую ошибку Δf_{128} , но $|\Delta f_{128}| \ll |\Delta f_{пч3}|$), и частота биений будет характеризовать абсолютную погрешность в настройке приёмника на данной частоте.

Зная частоту эталонного сигнала $f_{эт}$ и определив частоту биений, можно рассчитать нестабильность ОГ. Если ОГ имеет относительную нестабильность $\alpha=\Delta f_{ог}/f_{ог}$, то при данной системе стабилизации частоты все гетеродины и все выходные колебания синтезатора будут иметь ту же самую относительную нестабильность частоты. Тогда их абсолютная нестабильность определяется из следующих выражений:

$$\left. \begin{aligned} \Delta f_{e1} &= \alpha \cdot f_{e1}; \\ \Delta f_{e2} &= \alpha \cdot f_{e2}; \\ \Delta f_{e3} &= \alpha \cdot f_{e3}; \\ \Delta f_{128} &= \alpha \cdot 128 \text{ кГц.} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Как следует из (1),

$$f_{\text{пч3}} = f_{\text{гет1}} - f_{\text{эт}} - f_{\text{гет2}} - f_{\text{гет3}} \quad (7)$$

Полагая $\Delta f_{\text{эт}} = 0$ и подставляя выражения (6) в уравнение (7), определим абсолютную погрешность третьей ПЧ:

$$\Delta f_{\text{пч3}} = \alpha(f_{\text{гет1}} - f_{\text{гет2}} - f_{\text{гет3}}).$$

Как видно из (7), выражение в скобках равно $f_{\text{эт}} + f_{\text{пч3}}$, поэтому можно записать

$$\Delta f_{\text{пч3}} = \alpha(f_{\text{эт}} + f_{\text{пч3}}).$$

Тогда частота биений

$$F_6 = \Delta f_{\text{пч3}} - \Delta f_{128} = \alpha(f_{\text{эт}} + f_{\text{пч3}} - 128 \text{ кГц}) \approx \alpha f_{\text{эт}}.$$

Отсюда $\alpha = F_6 / f_{\text{эт}}$, а абсолютная погрешность частоты ОГ:

$$\Delta f_{\text{ОГ}} = \alpha f_{\text{ОГ}} = F_6 (f_{\text{ОГ}} / f_{\text{эт}}).$$

Установка частоты приёмника, то есть установка частот его гетеродинов производится по командам от блока Б7-2 (смотрите рисунок 13 в альбоме схем). При этом в синтезаторе мелкой сетки изменяются коэффициенты деления двух ДДПКД в блоке Б1-2 частоты вспомогательных колебаний f_1 и f_2 и частота второго гетеродина $f_{\text{гет2}}$, а также включается один из шести управляемых генераторов.

4.4 Тракт слуховых выходов (Б4-12)

В тракте слуховых выходов обеспечивается основная избирательность, усиление и детектирование при приёме телефонных сигналов с амплитудной (АЗ) и частотной (F3) модуляцией, так слуховой контроль при приёме сигналов ЧТ (F1), ДЧТ (F6) и ОФТ (F9).

Усиление сигналов при различных видах работы составляет 113 дБ (для А1-У), 108 дБ (для А1-Ш) и 94 дБ (для АЗ и F3). Напомним, что в общем тракте приёма обеспечивается усиление всего 32–40 дБ. В блоке применяется автоматическая регулировка усиления с глубиной не менее 80 дБ, при этом выходной сигнал изменяется на 6 дБ (в два раза).

Упрощенная структурная схема блока показана на рисунке 15 в альбоме схем. Большинство каскадов являются общими для всех видов слухового приёма: усилитель третьей ПЧ, усилитель звуковой частоты (УЗЧ), схема АРУ и другие. Основная избирательность сигналов обеспечивается с помощью трёх переключаемых фильтров: фильтра с полосой пропускания 20 кГц при приёме телефонных сигналов АЗ и F3 и фильтров с полосами 1200 Гц и 300 Гц в режимах А1-Ш (широкая полоса) и А1-У (узкая полоса).

Приём сигналов АЗ производится с помощью следующих основных элементов: фильтра с полосой 20 кГц, усилителя ПЧ с регулируемым коэффициентом усиления (АРУ или РРУ), амплитудного детектора, регулируемого усилителя звуковой частоты и выходных усилителей. УЗЧ имеет два выхода: несимметричный – на головные телефоны ($R_{\text{н}} = 100 \text{ Ом}$) и симметричный – на линию с сопротивлением 600 Ом.

В приёме сигналов F3 участвуют фильтр с полосой 20 кГц, регулируемый усилитель ПЧ, ограничитель, частотный детектор и тот же тракт звуковой частоты. Применяется подавитель шума, уменьшающий напряжение шума в паузах приёма сигнала. При отсутствии принимаемого сигнала напряжение шума с выхода частотного детектора подается на усилитель подавителя шума. Составляющие шума, лежащие вне полосы речевого сигнала, усиливаются и детектируются. Выпрямленное напряжение подается на транзистор, уменьшая сопротивление его перехода сток-исток. Это приводит к значительному уменьшению коэффициента деления делителя, состоящего из резистора и транзистора (на рисунке 15 в альбоме схем он условно показан в виде переменного резистора), а уровень шума на входе УЗЧ ослабляется примерно на 40 дБ.

При наличии принимаемого сигнала напряжение шума на выходе усилителя в подавителе шума практически отсутствует, выпрямленное напряжение на выходе транзистора близко к нулю, транзистор закрыт, сопротивление его перехода сток-исток возрастает. Коэффициент деления делителя резистор-транзистор приближается к единице.

При приёме сигналов А1 включается один из фильтров: фильтр с полосой 1200 Гц в режиме А1-Ш (широкая полоса) или с полосой 300 Гц в режиме А1-У (узкая полоса). Режим А1-У рекомендуется применять при приёме сигналов АТ с высокой стабильностью частоты. Далее в приёме сигналов АТ в обоих режимах участвуют одни и те же элементы: регулируемый усилитель ПЧ, смеситель, генератор с частотой $128 \pm 1,5$ кГц и тракт УЗЧ. Усиленный сигнал АТ поступает на один из входов смесителя, на другой вход смесителя подается колебание от местного генератора, частота которого изменяется в пределах $\pm 1,5$ кГц. Напряжение звуковой частоты желаемого тона с выхода смесителя поступает на вход УЗЧ. Тракт УЗЧ не изменяется при приёме всех видов сигналов.

Схема АРУ включается в случае необходимости при приёме сигналов А3 и А1. Напряжение сигнала с выхода усилителя ПЧ подается на усилитель АРУ и детектируется. Выпрямленное напряжение после фильтра нижних частот поступает на диодные сборки, регулирующие коэффициент передачи между каскадами усилителя ПЧ. Фрагмент схемы регулирования усиления с помощью изменения коэффициента передачи одного из каскадов показан на рис 15 в альбоме схем. В цепи АРУ путем подключения различных конденсаторов в RC-фильтре устанавливаются различные постоянные времени: 0,1; 1 или 5 секунд. При включении АРУ с помощью потенциометра “Усиление А1, А3 F3” сохраняется ручная регулировка усиления тракта звуковой частоты.

В случае приёма телефонных сигналов с частотной модуляцией схема АРУ не включается (не подается питание), тракт ПЧ будет работать в режиме максимального усиления, что обеспечивает ограничение сигнала по амплитуде. Сохраняется только ручная регулировка усиления в тракте УЗЧ.

При включении режима “РРУ” схема АРУ отключается с помощью потенциометра “Усиления А1, А3, F3” обеспечивается регулированием усиления тракта ПЧ, а тракт УЗЧ переводится в режим максимального усиления.

Слуховой контроль приёма сигналов F1, F6 и F9 осуществляется при установке переключателя “Слуховой приём” в положение “F-1к” или “F-2к”. В этом случае слуховой приём сигналов F1, F6 и F9 подобен приёму сигналов А1. Все они поступают на один из входов смесителя, на другой вход смесителя подается колебание генератора с частотой $128 \pm 1,5$ кГц. Но это колебание подается через тонманипулятор (ТМ), который выполнен в виде транзисторного ключа. Он открывается при подаче на его вход напряжения +10 В (“нажатие”) и закрывается при подаче напряжения близкого к нулю (“отжатие”).

Напряжение звуковой (тональной) частоты появляется на выходе смесителя только в моменты “нажатия”, это напряжение поступает на вход тракта УЗЧ.

Работа устройства слухового контроля не зависит от вида принимаемого сигнала (F1, F6 или F9), управление тонманипулятором осуществляется посылками постоянного тока, причем при приёме сигналов F6 ТМ может быть подключен к выходу или первого, или второго телеграфного канала блока Б5-72.

4.5 Тракт приёма однополосных сигналов (Б4-2)

В частом тракте приёма ОМ сигналов—блоки Б4-25 (рисунок 16 в альбоме схем) обеспечивается основная избирательность, усиление и демодуляция различных видов ОМ сигналов: А3J, А3А, А3Н и А3В.

Коэффициент усиления блока при выходном напряжении 3В на нагрузке 600 Ом составляет 82-92 дБ, ослабление сигналов в другой боковой полосе—не менее 56 дБ. Имеется сис-

тема АРУ по спектру или по пилот-сигналу, глубина регулирования АРУ не менее 80 дБ, при изменении входного сигнала на 6 дБ (в два раза).

Блок содержит два идентичных канала приёма сигналов по верхней боковой полосе (A_1) и по нижней боковой полосе (B_1), тракт выделения пилот-сигнала для работы схемы АРУ. Структурные схемы каналов ВВ (A_1) и НВ (B_1) одинаковы, поэтому на рисунке 16 в альбоме схем показан только тракт приёма сигналов ВВ.

Канал приёма сигналов ВВ (A_1) содержит выходной согласующий усилитель, кварцевый фильтр с полосой пропускания 124,6-127,7 кГц, усилитель с регулируемым коэффициентом усиления, демодулятор и усилитель звуковой частоты. УЗЧ имеет выход на головные телефоны и симметричный выход на линию с выходным сопротивлением 600 Ом. Для демодуляции ОМ сигнала на демодулятор поступает колебание местной несущей с частотой 128 кГц. Автоматическая подстройка частоты в блоке Б4-25 не нужна, так как АПЧ при необходимости обеспечивается в блоке третьего гетеродина Б1-4.

Канал приёма сигналов НВ (B_1) отличается только полосой пропускания фильтра: 128,3-131,4 МГц. Указанные значения полос пропускания фильтров в каналах ВВ и НВ обеспечивает выделение необходимых сигналов с учетом их инверсии в общем тракте приёма.

Для работы схемы АРУ при приёме сигналов с подавленной несущей (A_3J) усиленный сигнал поступает на усилитель и детектор схемы АРУ, и выпрямленное напряжение АРУ подается на регулируемый усилитель ПЧ. Принцип регулирования усиления здесь такой же как на рисунке 15 в альбоме схем. В цепи АРУ включается РС-фильтр с постоянными времени 0,1; 1,0 или 5,0 секунд.

При приёме сигналов с ослабленной (A_3A) или полной (A_3H) несущей для АРУ используется пилот-сигнал. Он выделяется с помощью узкополосного фильтра с полосой пропускания 90 Гц, усиливается в ряде каскадов. Основное усиление обеспечивается в пятикаскадном усилителе с регулируемым коэффициентом усиления. При приёме сигналов A_3H один из каскадов усилителя исключается. Продетектированное напряжение АРУ подается на усилители в каналах ВВ или НВ, а также на регулируемый усилитель пилот-сигнала.

В режиме АРУ обеспечивается также ручная регулировка усиления в каналах ВВ и НВ по звуковой частоте.

Предусмотрена возможность работы трактов с ручной регулировкой усиления (РРУ). В режиме РРУ схема АРУ отключается, регулируемое напряжение на усилитель ПЧ в канале ВВ подается с потенциометра “Усиление A_1 ”, в канале НВ, с потенциометром “Усиление B_1 ”. Усилитель звуковой частоты при РРУ работает в режиме максимального усиления.

В режиме АРУ при двухканальной работе возможно сложение напряжений АРУ каналов ВВ и НВ. При “сложении АРУ” в обоих каналах действует большее из двух напряжений АРУ.

4.6 Тракт приёма сигналов F1, F6 и F9 (Б5-72)

Обработка телеграфных сигналов ЧТ и ДЧТ (F1 и F6), а также ОФТ (F9) осуществляется в блоке Б5-72. В этом блоке обеспечивается основная избирательность, усиление и демодуляция указанных выше сигналов.

В приёмнике Р-160П производится демодуляция телеграфных сигналов, преобразованных в импульсные последовательности. В схеме демодулятора в основном применяются цифровые интегральные элементы, поэтому такой демодулятор называют цифровым.

Применение цифрового демодулятора позволило в одном и том же устройстве произвести обработку сигналов ОФТ и сигналов ЧТ и ДЧТ с разнообразными частотными сдвигами. Если бы для приёма сигналов ЧТ и ДЧТ использовались дешифраторы, как в приёмнике Р-155П, то потребовалось бы создать комплект дешифраторов по числу номиналов частотных сдвигов.

Перед изучением структурной схемы блока Б5-72 целесообразно кратко рассмотреть принцип приёма сигналов ОФТ, ЧТ и ДЧТ, реализованный в приёмнике Р-160П.

4.6.1 Принцип приёма сигналов ОФТ

При ОФТ изменение фазы несущего колебания происходит в момент начала информационной посылки “0”, а передача информационной посылки “1” производится с той же фазой, что и фаза предыдущей посылки. Вид сигнала ОФТ показан ниже (рисунок г). В приёмнике, сравнивая фазы двух посылок—данной и предыдущей (задержанной на t_n), можно определить вид данной посылки. Первая посылка в сеансе связи информации не несёт, а даёт толчок начало отсчёта фазы.

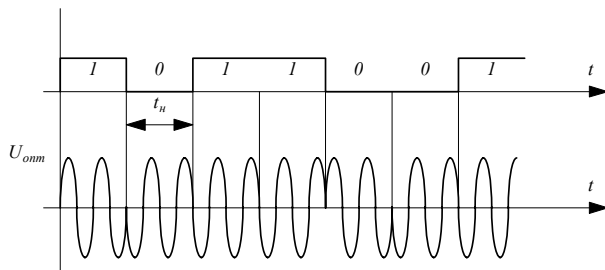


Рисунок Г. Сигнал ОФТ.

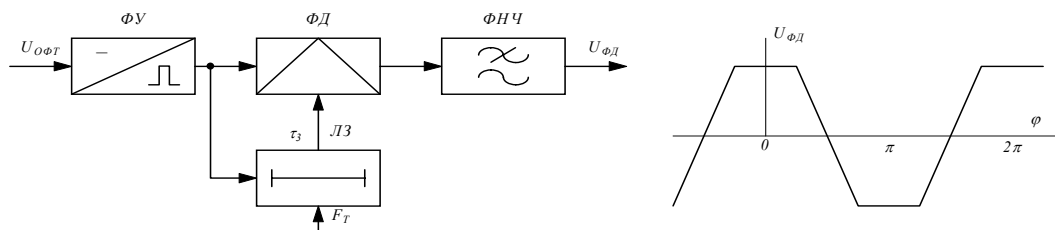


Рисунок F. Демодулятор сигналов ОФТ.

Структурная схема демодулятора сигналов ОФТ показана выше (рисунок f). На фазовый детектор (ФД) поступает принимаемый сигнал: на один вход непосредственно, а на другой—после линии задержки с запаздыванием на время t_n , где t_n —длительность элементарной посылки. Таким образом, в ФД происходит сравнение фаз данной и предшествующих посылок. Возможный вид характеристики ФД показан ниже (рисунок h), где φ —разность фаз сравниваемых колебаний. Если фазы входных сигналов одинаковы, то $U_{\text{ФД}} > 0$. Если фазы сигналов отличаются на π , то $U_{\text{ФД}} < 0$.

Линию задержки (ЛЗ) и ФД удобно выполнить на цифровых интегральных элементах, например, в виде регистра сдвига на JK-триггерах, а ФД—в виде сумматора по модулю 2 (М2). Тогда сигнал ОФТ должен быть преобразован в импульсную последовательность, для этой цели служит формирующее устройство (ФУ).

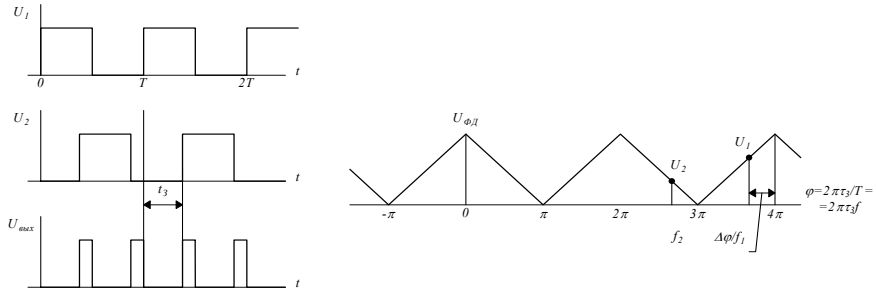


Рисунок 8. Характеристика фазового детектора.

В регистре сдвига время задержки $\tau_3 = \frac{N}{F_T}$, где N—число разрядов (триггеров) в регистре, F_T —частота тактовой импульсной последовательности. В соответствии с принципом демодуляции сигнала ОФТ должно выполняться условие: $\tau_3 = t_{\text{и}} = 1 / B$, где B- скорость телеграфирования, Бод. Следовательно, $F_T = N / t_{\text{и}} = NB$.

4.6.2 Принцип приёма сигналов ЧТ

Демодулятор, собранный по схеме приведённой выше (рисунок f), можно применить и для приёма сигналов ЧТ. Очевидно, что сигналы разных частот в одной и той же линии задержки, то есть при неизменном τ_3 , получают разное запаздывание по фазе $\varphi = \tau_3 \omega$: сигнал с частотой ω_1 $\varphi_1 = \tau_3 \omega_1$, а сигнал с частотой ω_2 $\varphi_2 = \tau_3 \omega_2$. Если выбрать τ_3 так, чтобы выполнялись условия $\varphi_1 = 2\pi$ и $\varphi_1 - \varphi_2 = \pi$, то при регистрации посылок с частотами ω_1 и ω_2 будет обеспечено их максимальное различие на выходе фазового детектора (смотрите рисунок h): для сигнала с частотой ω_1 $U_{\text{ФД}} > 0$, а для сигнала с частотой ω_2 $U_{\text{ФД}} < 0$.

Схема демодулятора. В качестве ФД в схеме (рисунок f) может быть применён компаратор, работающий в соответствии с таблицей, приведённой ниже (таблица l).

Выше (рисунок h) показана характеристика такого ФД—зависимость постоянной составляющей выходного напряжения от разности фаз сравниваемых колебаний.

U_1	1	1	0	0
U_2	1	0	1	0
$U_{\text{ВЫХ}}$	1	0	0	1

Таблица l. Функция компаратора.

На приёме сигнала ЧТ время задержки будет величиной постоянной, а задержка по фазе зависит от частоты сигнала:

$$\varphi = 2\pi f \tau_3.$$

Поэтому по оси абсцисс на характеристике ФД (рисунок h) можно откладывать и задержку по фазе и частоту колебания, так как при замене этих величин будет изменяться масштаб.

Характеристика ФД, показанная выше (рисунок h), неудобна для приёма сигналов ЧТ, поскольку отклонения фазы от оптимальных значений (2π при частоте f_1 и $(2n - 1)\pi$ при f_2) вследствие неточности времени задержки τ_3 или нестабильности частоты принимаемого сигнала приводят к тому, что U_1 и U_2 будут трудно различимы. Поэтому в Р-160П применяют балансный демодулятор, составленный из двух ФД—сумматоров по модулю два (M2), на которые задержанные сигналы поступают с постоянным сдвигом по фазе, равным $\pi/2$. Напряжения с

выходов ФД подаются на вычитающее устройство (УПТ с двумя входами: прямым и инверсным), напряжение на выходе демодулятора будет равно разности

$$U_{\text{вых}}=U_{\text{ФД1}}-U_{\text{ФД2}}.$$

Ниже (рисунок 1) показана схема демодулятора и его результирующая характеристика: зависимость $U_{\text{вых}}$ от φ или f . При такой характеристике выходные напряжения для сигналов с частотами f_1 и f_2 будут противоположны по знаку и максимальны по модулю. Ширина плоской части характеристики равна $\pi/2$, поэтому ошибка в запаздывании по фазе в пределах $\pm\pi/4$ не изменит знака у величины выходного напряжения.

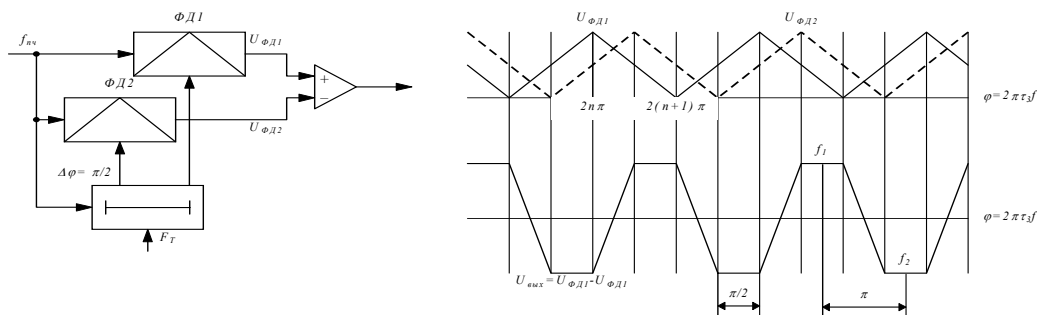


Рисунок 1. Балансный демодулятор.

Выбор тактовой (F_T) и промежуточной ($F_{ПЧ}$) частот. Из принципа работы и характеристики демодулятора очевидно, что для распознавания сигналов с частотами f_1 и f_2 необходимо, чтобы в линии задержки их запаздывания по фазе отличались на π :

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 2\pi f_1 \tau_3 - 2\pi f_2 \tau_3 = 2\pi(f_1 - f_2)\tau_3 = \pi.$$

Но $f_1 - f_2 = \Delta f_{\text{сдв}}$, где $\Delta f_{\text{сдв}}$ – частотный сдвиг при ЧТ, поэтому $2\pi\tau_3\Delta f_{\text{сдв}} = \pi$ и $\tau_3 = \frac{1}{2\Delta f_{\text{сдв}}}$.

С другой стороны, время задержки в регистре сдвига $\tau_3 = N/F_T$, следовательно, $N/F_T = \frac{1}{2\Delta f_{\text{сдв}}}$. Из последнего соотношения следует, что для обработки сигналов ЧТ с различными сдвигами необходимо изменять число разрядов N в линии задержки или тактовую частоту (F_T). Удобнее менять F_T при $N = \text{const}$. Тогда $F_T = N2\Delta f_{\text{сдв}}$, чем больше $\Delta f_{\text{сдв}}$, тем больше должна быть тактовая частота. Реально в Р-160П $N=64$, тогда при ЧТ-125 $F_T=16$ кГц.

Выбор $F_{ПЧ}$ связан с величиной F_T и частотой телеграфирования. Прежде всего, $F_{ПЧ}$ должна быть значительно больше частоты телеграфирования, равной $B/2$, или период $T_{ПЧ} \ll 2t_{и} = 2/B$. Это условие легко выполняется, так как скорость телеграфирования при ЧТ-125 не превосходит $B=50$ Бод.

В дискретной линии задержки задержка на один разряд $\tau_{31} = \frac{1}{F_T}$, и запаздывание сигнала

в одном разряде $\varphi_1 = 2\pi \bullet F_{ПЧ} \bullet \tau_{31} = 2\pi \bullet F_{ПЧ} / F_T$. Чем меньше φ_1 , тем точнее будет общее запаздывание сигнала в ЛЗ, так как возможная ошибка во времени задержки в ЛЗ, возникающая в результате несинхронного прихода импульса входного сигнала относительно импульсов тактовой последовательности, $\Delta\tau_3 = \tau_{31} = 1/F_T$, что соответствует ошибке в задержке по фазе $\Delta\varphi = \varphi_1$. Если допустить $\Delta\varphi = \varphi_1 = \pi/4$, то получим $F_{ПЧ}/F_T = 1/8$ и $F_T = 8F_{ПЧ}$. Как будет показано ниже, в Р-160П приняты дополнительные меры для уменьшения $\Delta\varphi$ путём введения дополнительного разряда в ЛЗ, что позволило уменьшить $\Delta\tau_3$ до $\pm(0.5/F_T)$ и $\Delta\varphi$ до $\pm(\pi/8)$. Увеличение F_T привело бы к дальнейшему уменьшению $\Delta\varphi$, но при этом увеличилось бы число разрядов в ЛЗ.

Вид сигнала	F_T , кГц	$F_{ПЧ}$, кГц	$\tau_s = N/F_T$, мс
ЧТ-125	16	2	4
ЧТ-250	25.6	3.2	2.5
ЧТ-500	64	8	1
ЧТ-1000	128	16	0.5

Таблица М. Параметры линии задержки при различных сдвигах сигнала ЧТ.

В Р-160П выбрано $F_T = 8 \cdot F_{ПЧ}$. Поскольку F_T зависит от частотного сдвига, то и $F_{ПЧ}$ должна быть различна при демодуляции сигналов с различными частотными сдвигами (таблица м).

4.6.3 Приём сигналов ДЧТ (F6)

Стандарт манипуляции при ДЧТ представлен ниже (таблица п).

Частота	1-ый канал	2-ой канал
f_A	-	-
f_B	-	+
f_V	+	-
f_T	+	+

Таблица N. Манипуляция при ДЧТ.

Из таблицы и характеристики демодулятора (рисунок и) видно, что рассматриваемый демодулятор пригоден для регистрации сигнала по 2-ому телеграфному каналу. Характеристика демодулятора и расположение на ней частот f_A, f_B, f_V и f_T показаны ниже (рисунок ja).

Для регистрации сигнала по 1-ому телеграфному каналу необходимо создать демодулятор, у которого при наличии сигналов с частотами f_A и f_B выходное напряжение было бы меньше нуля, а при наличии сигналов с частотами f_V и f_T – больше нуля. Это возможно, если сигналы при данном частотном сдвиге получают относительно друг друга запаздывание по фазе не π , а $\pi/2$. Для этого достаточно вдвое уменьшить время задержки, то есть вдвое уменьшить число разрядов в ЛЗ.

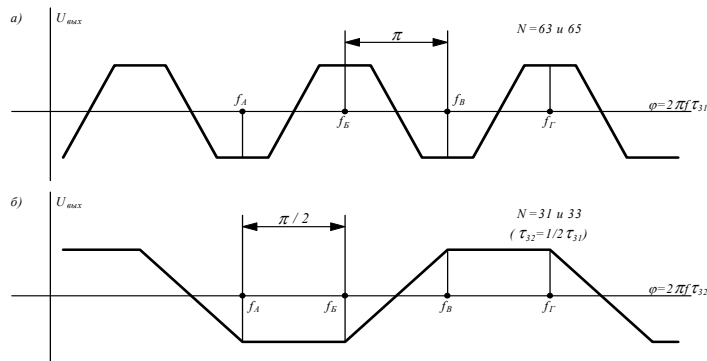


Рисунок J. Характеристика демодулятора при приёме сигналов F6.

Демодулятор 2-го телеграфного канала по-прежнему должен иметь ЛЗ с $N=64$, а демодулятор 1-го телеграфного канала – ЛЗ с $N=32$. Естественно, что это будет одна и та же ЛЗ с прежней тактовой частотой, только отводы для демодулятора 1-го канала должны быть взяты с 31-го и с 33-го разрядов, а на демодулятор 2-го канала – с 63-го и 65-го разрядов. Для отвода необходимо, чтобы задержанные последовательности на входах ФД каждого из демодуляторов имели постоянный сдвиг на фазе, равный $\pi/2$, и характеристики демодуляторов соответствова-

ли приведённым ранее (рисунок i и рисунок j). На рисунке 10б показана аналогичная характеристика демодулятора 1-го канала при приёме сигналов F6. Из сравнения характеристик демодуляторов (смотрите рисунок 10) видно, что приём сигналов по 1-ому каналу будет более критичен к случайным изменениям времени задержки и погрешностям частоты.

Структурная схема тракта приёма сигналов F1, F2 и F9. Упрощённая структурная схема показана на рисунке 17 в альбоме схем, более подробная схема—на рисунке 18 в альбоме схем.

Принимаемый сигнал со средней частотой $f_{ПЧ3}=128$ кГц проходит один из коммутируемых узкополосных фильтров. Полосы пропускания фильтров (300, 600, 1200, 2200 или 4500 Гц) выбраны примерно равными ширине спектра принимаемых сигналов. Фильтры переключаются в зависимости от вида принимаемого сигнала (смотрите рисунок 18 в альбоме схем). Демодулятор практически не обладает частотной избирательностью, так как кроме полезных ещё целый ряд колебаний, отличающихся по частоте от основного сигнала на $n \cdot f_{сдв}$, будет создавать на его выходе максимальное напряжение. Поэтому основную избирательность в тракте обеспечивают указанные полосовые фильтры.

В смесителе осуществляется преобразование частоты сигнала к необходимой ПЧ, указанной ранее (таблица м). Роль гетеродина при этом преобразовании частоты играет управляемый генератор УГ4, охваченный кольцом цифровой фазовой автоподстройки частоты. При установке необходимой частоты УГ4 изменяется коэффициент деления двух ДПКД, частоты сравнения на ИФД принимают одно из двух значений: 2 или 3,2 кГц. Значения $f_{УГ4}$, $k_{Г}$, $k_{МН}$ и частот сравнения указаны ниже (таблица о).

Вид сигнала	$f_{УГ4}$, кГц	$k_{Г}$	Частота сравнения, кГц	$k_{МН}$	$k_{Г}$
F1-125	130	65	2	64	8
F1-200, F6-200	131,2	41	3,2	40	5
F1-500, F6-500	136	68	2	64	2
F1-1000, F6-1000	144	12	2	64	1
F9-300	131,2	41	3,2	40	6
F9-500	132	66	2	64	3,87

Таблица о. Параметры УГ4.

Формирующее устройство преобразует гармоническое колебание с частотой $F_{ПЧ}$ в импульсную последовательность, которая поступает на цифровой демодулятор. Демодулятор, как уже рассмотрено выше, содержит фазовый детектор и дискретную линию задержки. Тактовая последовательность импульсов вырабатывается из опорного колебания с частотой $f_{МН}=128$ кГц с помощью ДПКДЗ. Значения его коэффициента деления $k_{Г}$ указаны также выше (таблица о). На выходе демодулятора включается активный RC-фильтр нижних частот. Всего имеется четыре фильтра с различными частотами среза, которые включаются в зависимости от вида принимаемого сигнала и предполагаемой скорости телеграфирования при данном частотном сдвиге.

На рисунке 18 в альбоме схем показана более развернутая структура демодуляторов 1-го и 2-го телеграфных каналов. Линия задержки в виде регистра сдвига содержит 71 разряд. Кроме того, на входе ЛЗ применен дополнительный разряд.

При приёме сигналов F1 на фазовые детекторы демодулятора задержанная последовательность подается с 63-го и 65-го разрядов. Демодулятор соответствует схеме, показанной ранее (рисунок i), и имеет характеристику, приведенную на рисунке 10а.

При приёме сигналов F6 создаются два демодулятора. На ФД демодулятора 2-го канала задержанная импульсная последовательность подается с 63-го и 65-го разрядов ЛЗ, а на ФД демодулятора 1-го канала—с 31-го и 33-го разрядов. Характеристика демодулятора 1-го канала соответствует рисунку 10б.

При приёме сигналов F9 работает демодулятор 1-го канала, но задержанные последовательности на его ФД подаются с 69-го и 71-го регистров при F9-300 и с 65-го и 67-го регистров при F9-500. При этом F_T устанавливается равной 21,33 или 33 кГц, что обеспечивает время задержки 3,33 мс (F9-300) и 2 мс (F9-500).

Напряжение с выхода демодулятора после RC-фильтра поступает на устройство формирования прямоугольных посылок, которые подаются на блок релейных выходов (Б5-2).

5. УПРАВЛЕНИЕ РАДИОСТАНЦИЕЙ И КОММУТАЦИЯ КАНАЛОВ.

5.1 Состав и назначение устройств управления и коммутации. Органы управления, регулировка контроля.

В состав аппаратуры управления и коммутации входят:

1. пульт начальника радиостанции;
2. пульт радиооператора;
3. пульт кабины;
4. коммутатор неоперативный;
5. блоки запоминания частот возбуждителя и приемника;
6. устройство выбора антенн;
7. аппаратура Р-016В;
8. линейный ввод;
9. специальный ввод СП-1.

Основным элементом управления является пульт начальника радиостанции. Все управление радиостанцией при автономном ее использовании ведется с этого пульта при помощи переключателей и кнопок, которые воздействуют на многочисленные реле, размещенные в различных платах. Непосредственная коммутация цепей в основном производится с помощью этих реле.

При работе радиостанции в составе радицентра управление ею частично может осуществляться с оконечных аппаратных, аппаратных дистанционного управления и приемных машин через пульт начальника радиостанции (ПНР).

5.1.1 Пульт начальника радиостанции (ПНР)

ПНР предназначен для :

- ⇒ неоперативного и оперативного подключения ТФ и ТГ цепей оконечных устройств ко входам и выходам передающего и приёмного устройств для ведения работы из аппаратной, из телефонной и телеграфной аппаратных, из приёмной аппаратной, из КШМ, из кабины водителя и с вынесенного телефонного аппарата ТА-57;
- ⇒ управления передающим и приемным устройствами из аппаратной;
- ⇒ контроля исправности аппаратуры аппаратной;
- ⇒ ведения служебной связи с кабиной водителя и внешними абонентами.

Пульт начальника радиостанции объединяет все элементы радиостанции в единый комплекс (смотрите рисунок 19 в альбоме схем) и обеспечивает:

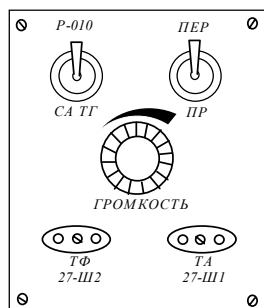
- ⇒ включение и выключение электропитания передающего устройства;
- ⇒ включение и выключение высокого напряжения передающего устройства;
- ⇒ перестройку передающего и приемного устройства на одну из заранее подготовленных волн (частот);

- ⇒ передачу и приём сигналов и информации с помощью передающего и приёмного устройства во всех видах и режимах работы, обеспечиваемых данными устройствами;
- ⇒ подключение одной из заранее подготовленных антенн к передающему и приёмному устройствам;
- ⇒ управление механизмами подъёма АЗИ;
- ⇒ настройка и запоминание на данной частоте настроек ФАП и СУ;
- ⇒ организацию служебной связи с кабиной водителя, с ТФ и ТГ оконечными аппаратами, аппаратной ДУ, с КШМ, с вынесенным телефонным аппаратом ТА-57, а также в движении по радиостанции Р-105М;
- ⇒ индикацию неисправности некоторых блоков с помощью световых табло и звуковой сигнализации;
- ⇒ контроль прохождения информации в каналах радиосвязи с помощью головных телефонов, встроенного стрелочного индикатора или прибора П-321.

5.1.2 Пульт радиооператора

Пульт радиооператора предназначен для обеспечения слуховой телеграфной связи с датчика кода Морзе Р-010 или аппаратуры ЗАС типа Т-600 (Т-225).

На передней панели пульта расположены два тумблера “Р-010-СА ТГ” и “ПЕР-ПР”, ручка потенциометра “Громкость” и две пары гнезд ТФ и ТА.



Тумблер “Р-010-СА ТГ” обеспечивает подключение к тракту передачи в качестве оконечной аппаратуры датчика Р-010 или аппаратуры ЗАС. Тумблер “ПЕР-ПР” предназначен для управления переводом радиостанции с передачи на приём при работе в симплексном режиме.

Ручка “Громкость” обеспечивает возможность регулировки уровня принимаемого сигнала в головных телефонах.

Гнёзда ТФ предназначены для подключения головных телефонов, а гнезда ТА – телефонного аппарата ТА-57, обеспечивающего служебную связь.

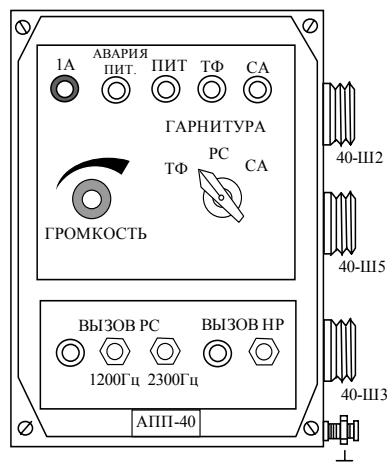
5.1.3 Пульт кабины

Пульт кабины предназначен для управления радиостанцией из кабины водителя, а также для ведения служебной связи с аппаратным отсеком.

Пульт кабины обеспечивает подключение микрофонной гарнитуры:

- ⇒ через ПНР к трактам передачи и приема в дуплексном или симплексном режимах работы радиостанции;
- ⇒ к телефонному каналу, образованному радиостанцией Р-105М;
- ⇒ для ведения служебной связи с аппаратным отсеком.

Кроме того, с пульта кабины осуществляется вызов абонента по каналу радиостанции Р-105М тональными послылками с частотами 1200 и 2300 Гц, их сигнализация и регулировка гром-



кости в телефонах.

Пульт кабины содержит органы коммутации, усилитель телефонов, органы регулировки и индикации. На переднюю панель пульта кабины выведены: предохранитель; сигнальные лампочки “Авария питания”, “Питание”, “ТФ”, “СА”; ручка потенциометра “Громкость”; переключатель “Гарнитура” с положениями “ТФ-РС-СА”; кнопки “Вызов РС 2300Гц” и “Вызов РС 1200Гц”, “Вызов НР” с двумя сигнальными лампочками.

5.1.4 Коммутатор неоперативный (КН)

Номер соединительной линии (пары)	Тип подключаемой ОА			
	ТГ ОА	ТФ ОА	АДУ	КШМ
ЛИН 1 (первая пара)	Передача информации по 1 ТГ каналу	Приём информации по верхней боковой полосе (А ₁)	Передача информации по ТГ каналу	Приём информации
ЛИН 2 (вторая пара)	Приём информации по 1 ТГ каналу	Передача информации по верхней боковой полосе (А ₁)	Для аппаратуры ТУ-ТС (резерв)	Сигнализация о включении излучения радиопередатчика
ЛИН 3 (третья пара)	Передача информации по 2 ТГ каналу	Приём информации по нижней боковой полосе (В ₁)	Передача информации по 2 ТГ каналу	Приём информации по ТФ каналу
ЛИН 4 (четвёртая пара)	Приём информации по 2 ТГ каналу	Передача информации по верхней боковой полосе (В ₁)	Передача информации по ТФ каналу	Передача информации по ТФ каналу
ЛИН 5 (пятая пара)	Для организации служебной связи на радиоцентре			

Таблица Р. Использование линий неоперативного коммутатора.

КН предназначен для осуществления коммутации соединительных линий от оконечных аппаратных и устройств с каналобразующей и вспомогательной аппаратурой радиостанции, а также аппаратуры служебной связи. Схема коммутации КН приведена на рисунке 20 в альбоме схем.

Порядок распределения соединительных линий кабеля ПТРК 5×2 при подключении к внешним разъёмам линейного ввода, то есть внешней оконечной аппаратуры к оперативным каналам связи приведён выше (таблица р), а типовая коммутация при подключении различных аппаратных—таблица q (смотрите далее).

Для работы из КШМ переключатель “Режим” на панели управления необходимо установить в положение “Симплекс 4ПР”. Работа осуществляется по внешней четырёхпроводной линии: на передачу через гнезда “ВНЕС. 2ПЕР. ТЧ.”, а приём—гнезда “ВНЕС. 2ПР ТЧ”.

5.1.5 Блоки запоминания частот возбуждителя и приемника

Блоки запоминания частот возбуждителя и приемника представляют собой коммутаторные колодки, на которых с помощью штырьков запоминаются конкретные значения по 10 заранее подготовленным частотам передачи и приёма.

Запоминающее устройство, например, для КВ диапазона представляет собой семь коммутаторных колодок: шесть колодок для запоминания шести цифр частоты (десятки и единицы

УПРАВЛЕНИЕ РАДИОСТАНЦИЕЙ И КОММУТАЦИЯ КАНАЛОВ.

мегагерц, сотни, десятки и единицы килогерц, сотни герц) на каждой из 10 фиксированных частот. Каждая колодка состоит из 10 горизонтальных шин (по числу цифр фиксированных частот) и 10 (или менее) вертикальных шин (по числу цифр каждого разряда). В колодке для десятков мегагерц—3 вертикальные шины (0, 1, 2), в остальных колодках—по десять вертикальных шин.

Тип ОА	ТЧ поле АПС-93	ТГ поле АПС-93
ТГ аппаратная	АП ТГ ЛИН 5 – СЛ 2	ВНЕШ ПЕР 1К – АП ТГ ЛИН 1 ВНЕШ ПР 1К – АП ТГ ЛИН 2 ВНЕШ ПЕР 2К – АП ТГ ЛИН 3 ВНЕШ ПР 2К – АП ТГ ЛИН 4
ТФ аппаратная	АП ТФ ЛИН 2 – ВНЕШ 1 ПЕР АП ТФ ЛИН 1 – ВНЕШ 1 ПР АП ТФ ЛИН 4 – ВНЕШ 2 ПЕР АП ТФ ЛИН 3 – ВНЕШ 2 ПР АП ТФ ЛИН 5 – СЛ 1	
АДУ (по кабелю)	АП ТГ ЛИН 5 – СЛ 2	ВНЕШ ПЕР 1К – ЛДУ ЛИН 1 ТС ИЗЛУЧ – ЛДУ ЛИН 2 ВНЕШ 2 ПЕР ПЧ – ЛДУ ЛИН 4 ВНЕШ ПЕР 2К – АП ТГ ЛИН 3
АДУ (по РРС)		ВЫХ РРС 1К – ВНЕШ 1 ПЕР ВХ РРС 1К – ТС
КШМ	АП ТГ ЛИН 5 – СЛ 2	ВНЕШ ПЕР 1К – ЛДУ ЛИН ТС ИЗЛУЧ – ЛДУ ЛИН 2 ВНЕШ 2 ПЕР ТЧ – ЛДУ ЛИН 4 ВНЕШ 2 ПР ТЧ – ЛДУ ЛИН 3
Вынесенный ТА	ДОП – ДОП ЛИН	
Ретрансляция	ВНЕШ 1 ПЕР – ВНЕШ 1 ПР ВНЕШ 2 ПЕР – ВНЕШ 2 ПР	ВНЕШ ПЕР 1К – ВНЕШ ПР 1К ВНЕШ ПЕР 2К – ВНЕШ ПР 2К

Таблица Q. Коммутация при использовании различных аппаратных.

Запоминание сводится к соединению каждой горизонтальной шины с одной из вертикальных шин с помощью замыкающих штырьков (в каждом горизонтальном ряду должен быть только один штырёк).

В схеме имеется шифратор, преобразующий десятичный код (10 проводов по системе провод–команда для каждой из фиксированных частот) в двоичный код (4 провода) и дешифратор, выполняющий обратное преобразование (двоичный код в десятичный). Наличие шифратора объясняется необходимостью работы с аппаратурой адаптации, где удобнее пользоваться двоичным кодом.

Вместе с тем, в передатчике для перестройки на 10 фиксированных частот необходима система провод–команда, то есть десятичный код. Собственно шифратор и дешифратор являются частью аппаратуры Р-016В и только территориально размещаются вне её.

Запоминающее устройство имеет сборно-литую конструкцию и размещено в столешнице.

5.1.6. Линейный ввод

Линейный ввод предназначен для подключения соединительных линий от внешних аппаратных к неоперативному коммутатору радиостанции. Ввод имеет 2 разъёма типа 2РМТ под кабель ПТРК-5×2 (АП ТФ и АП ТГ), две клеммы “Дополнительная линия”, розетку 128, лампочку “Освещение” с тумблером “Отключить” и предохранителем.

Разъём АП ТФ служит для подключения телефонной, а разъём АП ТГ—телеграфной оконечной аппаратных.

Разъём АП ТГ используется также для подключения соединительного кабеля от аппаратной дистанционного управления Р-151М (Р-161У) или КШМ.

Клеммы “Дополнительная линия” служат для подключения вынесенного телефонного аппарата кабелем П-274. Розетка 12В обеспечивает возможность подключения переносной лампы или паяльника.

5.1.7 Специальный ввод СП-1

Специальный ввод СП-1 предназначен для подключения соединительного кабеля от оконечной аппаратуры ЗАС, а также вынесенного телефонного аппарата к абонентскому коммутатору (АППС-II).

На передней панели ввода установлен аналогичный разъём с гравировкой АП ТФ для подключения кабеля ПТРК-5×2, клемма заземления и две клеммы (“Клемма 1”, “Клемма 2”) для подключения кабелем П-274 вынесенного телефонного аппарата.

6. АППАРАТУРА АДАПТАЦИИ Р-016В.

6.1 Назначение, принцип работы и основные технические характеристики.

Аппаратура Р-016В предназначена для повышения пропускной способности радиолинии (радионаправления) за счёт автоматизации процессов установления и ведения связи и частотной адаптации к помеховой обстановке и условиям распространения радиоволн.

Аппаратура Р-016В осуществляет двухступенчатую частотную адаптацию:

- ⇒ первая ступень–адаптация в “пакете” (“пачке”) по субчастотам;
- ⇒ вторая ступень–адаптация по “пакетам” (“пачкам”) частот, выделенным для связи.

На радиолинию с аппаратурой адаптации Р-016В может выделяться до 10 пар “пакетов” частот¹. Каждый “пакет” частот может включать в себя до 15 субчастот (СБЧ), расположенных симметрично относительно номинала частоты (фиксированной частоты) радиоприёмника (радиопередатчика) с интервалом 1 кГц. Восьмая СБЧ соответствует середине “пакета”–фиксированной частоте (ФЧ), номинальное значение которой указывается в радиоданных и устанавливается в запоминающем устройстве радиоприёмника Р-160П и радиопередатчика (в устройстве АППС-94 пульта начальника радиостанции). Номинальное значение СБЧ, в килогерцах на входе радиоприёмника может быть определено из выражения $f_{СБЧ} = [f_{ФЧ} + (N_{СБЧ} - 8)]$, где $N_{СБЧ}$ –номер СБЧ. Неиспользуемые в данном сеансе связи ФЧ (“пакеты” частот) и СБЧ исключаются из работы.

В адаптивной радиолинии с аппаратурой адаптации Р-016В возможна работа радиосигналами F1-125, F1-200, F1-500, F6-200, F9-300, F9-500, АЗЖ-А, АЗА-А₁, АЗН-А₁.

Аппаратура Р-016В обеспечивает работу радиолинии (радионаправления) в следующих режимах:

- ⇒ дежурный приём;
- ⇒ вхождение в связь;
- ⇒ ведение и восстановление связи;
- ⇒ передача служебных команд.

В аппаратуре Р-016В предусмотрен, кроме того, режим “Проверка” (автоматическая самопроверка)–проверка работоспособности аппаратуры с выдачей обобщенного сигнала “Исправно АА” или “Авария АА”. Данный режим начинается после включения питания аппаратуры Р-016В и занимает 60...90с. После окончания самопроверки аппаратура Р-016В переходит в дежурный приём. При необходимости оперативного установления связи самопроверку аппаратуры Р-016В можно прервать спустя 8 секунд после включения питания.

В дежурном приёме аппаратура Р-016В обеспечивает:

- ⇒ перестройку радиоприёмника Р-160П по чётным субчастотам “пакета” с временем нахождения на каждой из них 0,4 секунды и временем переключения по субчастотам не более 10 миллисекунд;
- ⇒ анализ субчастот по уровню помех; измерение уровня помех на субчастотах выделенного для связи “пакета” частот осуществляется по выходу радиоприёмника Р-160П (ПЧ–128кГц) в полосе 0,5 кГц при работе радиосигналами F1-125 и F1-200, в полосе 1,5 кГц при работе радиосигналами F1-500, F6-200, F9-300, F9-500, в полосе 3,1 кГц при работе радиосигналами АЗЖ-А₁, АЗА-А₁, АЗН-А₁; разрешающая способ-

¹ Адаптивная радиолиния- это дуплексная радиолиния, для работы которой должны выделяться пары частот- частоты приёма и частоты передатчика.

АППАРАТУРА АДАПТАЦИИ Р-016В.

ность устройства измерения уровня помех составляет 4-5 дБ при динамическом диапазоне по входу радиоприёмника не менее 54 дБ;

⇒ выбор оптимальной субчастоты (ОСБЧ) по минимальному среднеквадратичному уровню помех; данные о лучшей СБЧ обновляются через каждые 6-7 секунд;

⇒ приём от корреспондента команды “Вызов”.

В дежурном приёме радиопередатчики корреспондентов заперты.

Номер выбранного для связи “пакета” частот приёма соответствует либо программному, если включен тумблер “Автомат” на передней панели аппаратуры Р-016В (при этом осуществляется автоматическая смена ФЧ с интервалом времени 5 минут), либо положению переключателя “Волны приёма” на пульте начальника радиостанции, если тумблер “Автомат” выключен (ручная перестройка радиоприёмника Р-160П по ФЧ нажатием, например, кнопки включения волн приёма на пульте начальника радиостанции).

Программная смена “пакетов” частот (ФЧ) предполагает перестройку радиоприёмника Р-160П по ФЧ (“пакетам”) в соответствии с пятиминутными интервалами каждого часа. Порядок смены ФЧ в зависимости от выделенного их количества в течение каждого часа определяется в соответствии с таблицей, приведённой ниже (таблица г).

Пяти- минутный ин- тервал часа, мин	Номер пя- тиминутно- го интерва- ла	Порядковый номер “пакета” частот (ФЧ)									
		Количество выделенных для связи “пакетов” частот (ФЧ)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
От 00 до 05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
От 05 до 10	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
От 10 до 15	3	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3
От 15 до 20	4	1	2	1	4	4	4	4	4	4	4
От 20 до 25	5	1	1	2	1	5	5	5	5	5	5
От 25 до 30	6	1	2	3	2	1	6	6	6	6	6
От 30 до 35	7	1	1	1	3	2	1	7	7	7	7
От 35 до 40	8	1	2	2	4	3	2	1	8	8	8
От 40 до 45	9	1	1	3	1	4	3	2	1	9	9
От 45 до 50	10	1	2	1	2	5	4	3	2	1	10
От 50 до 55	11	1	1	2	3	1	5	4	3	2	1
От 55 до 60	12	1	2	3	4	2	6	5	4	3	2

Таблица R. Порядок смены фиксированных частот.

Так, если на данное радионаправление выделено для связи четыре “пакета” частот, тогда, например, на 7-ом пятиминутном интервале дежурный прием будет осуществляться на 3-ей по номеру частоте (“пакете”) из выделенных для связи, на 8-ом интервале – на 4-ой частоте, на 9-ом интервале – на 1-ой частоте и так далее.

Для определения действительного номера ФЧ (“пакета”) радиоприёмника в таблице, приведённой выше (таблица г), вместо порядковых номеров ФЧ, необходимо поставить номер ФЧ, выделенных для связи. Например, если для связи выделены четыре ФЧ с номерами 5, 6, 7 и 8, то радиоприёмник будет перестраиваться как указано ниже (таблица с).

Номер текущего пятиминутного ин- тервала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Номер ФЧ ПРМ	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8

Таблица S. Пример перестройки приёмника.

При **вхождении в связь** вызов корреспондента (корреспондента Б) осуществляется путем передачи от корреспондента А команды “Вызов” на чётных СБЧ выбранного для связи “па-

кета” частот в течение 4 секунд на каждой СБЧ, начиная с восьмой. Команда “Вызов” содержит ключевую комбинацию, признак команды, номер ФЧ и номер ОСБЧ корреспондента А (вызывающей радиостанции). Ключевая (адресная) комбинация является своеобразным позывным для адаптивных радиолиний и служит для вскрытия приемника команд управления корреспондента.

При передаче команды “Вызов” радиоприёмник вызывающей радиостанции переводится на свою ОСБЧ приема (ОСБЧ-А).

При совпадении номера СБЧ передачи корреспондента А и номера СБЧ приёма корреспондента Б (аппаратура корреспондента Б находится в дежурном приёме и его радиоприемник перестраивается по четным СБЧ, находясь на каждой из них 0,4 секунды) при благоприятной помеховой обстановке произойдет приём части команды “Вызов” и остановка радиоприёмника корреспондента Б ещё на 0,8 секунды для приёма всей команды “Вызов”. После этого аппаратура корреспондента Б передаёт команду “Ответ” на ОСБЧ-А. Команда “Ответ”, которая передаётся не более 4 секунд, содержит ключевую комбинацию, признак команды, номер ФЧ и номер ОСБЧ корреспондента Б (вызываемой радиостанции). При передаче команды “Ответ” радиоприёмник корреспондента Б переводится на свою ОСБЧ приёма (ОСБЧ-Б).

Если корреспондент А не получил команду “Ответ”, то передача команды “Вызов”, то передача информации будет продолжаться на других чётных СБЧ (10-ой, 12-ой, 14-ой, 2-ой, 4-ой и 6-ой—по времени это составит примерно 30 секунд) и после этого аппаратура корреспондента А (вызывающей радиостанции) автоматически перейдёт в дежурный приём.

Если команда “Ответ” получена корреспондентом А, то дальнейшая перестройка радиопередатчика корреспондента А по чётным СБЧ прекращается и в течение 4 секунд корреспонденту Б будет передаваться команда “Квитанция-1”.

Обмен тремя командами (“Вызов”, “Ответ”, “Квитанция-1”) между корреспондентами означает составление дуплексного радиоканала, причём радиопередатчики и радиоприемники корреспондентов будут установлены на ОСБЧ. После этого можно подключать и, если это необходимо, фазировать оконечную аппаратуру. На фазирование ОА отводится не более 2 минут.

Если корреспондент Б команду “Квитанция-1” не получит, то его аппаратура в течение 4 секунд будет передавать команду “Квитанция-2”, а затем перейдёт в дежурный приём. В дежурный приём радиолиния перейдет и в том случае, если 2-х минут будет недостаточно для фазирования ОА.

При фазировании ОА за отведённое время или непосредственно после обмена тремя командами, если не используется ОА с автоматическим запуском фазирования, радиолиния переходит в режим ведения связи.

Номер “пакета” частот, на котором осуществляется вызов корреспондента, соответствует либо программному (таблица г и таблица s), если включён тумблер “Автомат” на аппаратуре Р-016В, либо положению переключателя “Волны передачи” на пульте начальника радиостанции, если тумблер “Автомат” выключен.

Для установления связи номера выбранных “пакетов” частот у обоих корреспондентов должны совпадать. Это достигается либо программной сменой ФЧ (при автоматической смене ФЧ с интервалом времени 5 минут), либо специальным распоряжением, в котором указываются частоты для вхождения в связь (при ручной смене ФЧ). Алгоритм работы адаптивной радиолинии представлен на рисунке 22 в альбоме схем.

В ведении связи происходит обмен оперативной информацией между корреспондентами. При ухудшении качества канала приёма оперативной информации ниже допустимого смена СБЧ на новую ОСБЧ или смена “пакета” частот одного из каналов связи, то есть частотная адаптация, осуществляется либо автоматически по сигналу контрольно-решающего устройства оконечной аппаратуры (КРУ ОА), проводящего непрерывный контроль качества радиоканала, либо по решению оператора.

При необходимости сменить СБЧ или “пакет” частот корреспонденту (например, корреспонденту Б) посылается команда с номером новой ОСБЧ или с номером новой ФЧ. Радиоприёмник корреспондента А перестраивается на эти новые частоты (СБЧ или ФЧ). При приёме такой команды аппаратура корреспондента Б перестраивает его радиопередатчик на новую СБЧ или ФЧ и передаёт корреспонденту А в течение 0,9 секунды команду “Квитанция-3”, подтверждающую процесс смены СБЧ или ФЧ¹.

Перестройка на новую ФЧ произойдёт в том случае, если команда о плохом качестве канала приёма поступит дважды (счётчик СЧ-2) с интервалом не менее 20 секунд. Если и на новой ФЧ требуемое качество канала не будет обеспечено при двух перестройках по СБЧ (счётчики СЧ=2, ФЧ=2), то следующая команда о плохом качестве канала приёма (то есть шестая команда, поступающая как и прежние пять, с интервалом времени менее 20 секунд) переведёт радиолинию в дежурный приём.

Частотная адаптация в “пакете” частот может осуществляться:

- ⇒ по всем 15 субчастотам, если используются радиосигналы F1-125 и F1-200;
- ⇒ по 13 субчастотам (автоматически исключаются 1-я и 15-я субчастоты), если используются радиосигналы F1-500, F6-200, F9-300, F9-500;
- ⇒ по 12 субчастотам (автоматически исключаются 13-я, 14-я и 15-я субчастоты), если используются радиосигналы АЗЖ-А₁, АЗА-А₁, АЗН-А₁.

При ведении связи с помощью аппаратуры Р-016В можно осуществлять **обмен служебными командами между корреспондентами**. Количество служебных команд—100, вид команд—двузначное число, набираемое переключателями “Волны передачи” (десятки) и “Волны приёма” (единицы) на ПНР. Длительность передачи служебной команды—0,9 секунды. На время передачи служебной команды прекращается передача оперативной информации. Номер принятой служебной команды высвечивается на индикаторах аппаратуры Р-016В.

Каждая команда управления (“Вызов”, “Ответ”, “Квитанция”(1, 2, 3), номер СБЧ, номер ФЧ, служебная команда) передается 45-элементным двоичным кодом радиосигналом F1-200 со скоростью 150 бод. Команда управления (кодограмма) имеет следующую структуру:

Номера элементов команды			
1-й...15-й	16-й...30-й	31-й...40-й	41-й...45-й
ключевая комбинация	ключевая комбинация	информационные элементы	проверочные элементы

Вероятность выделения команды управления из шумов составляет $0,3 \cdot 10^{-10}$.

Значения информационной части команды управления в зависимости от режима работы радиолинии и типа команды приведены далее (таблица t).

Информационные элементы 31 и 32 указывают на вид передаваемой (принимаемой) команды—признак команды.

Проверочные элементы являются инвертированным остатком от деления информационных элементов на образующий полином $P(x)=x^5+x^4+x^2+1$.

При вхождении в связь команда “Вызов” передается в течение 4 секунд на каждой четной СБЧ, команда “Ответ” передается на оптимальной СБЧ в течение 4 секунд или до получения (в течение этих 4 секунд) команды “Квитанция-1”. Команды “Квитанция-1” и “Квитанция-2” передаются в течение 4 секунд. При ведении связи 45-элементная кодограмма команды управления (номер СБЧ, номер ФЧ, служебная команда) передается трижды. В аппаратуре Р-016В осуществляется простой (при приёме команд “Квитанция” (1, 2, 3) и мажоритарный (при приёме всех остальных команд) приём. За счет этого при вероятности ошибок в канале $P_{\text{ош}}=0,01$ вероятность правильного приёма команды управления составляет 0,999.

¹ При переходе на новую ФЧ происходит смена субчастоты. Новая СБЧ в общем случае не является оптимальной.

Режим работы	Номер элемента				Назначение команды
	31	32	33-36	37-40	
Вхождение	0	1	Номер ФЧ	Номер СБЧ	“Вызов”
	1	0	Номер ФЧ	Номер СБЧ	“Ответ”
	1	1	Секунды	Десятые доли секунды	“Квитанция-1” ¹ “Квитанция-2” ¹
Ведение связи	0	0	Номер служебной команды (десятки)	Номер служебной команды (единицы)	Служебная команда
	0	1	Номер ФЧ	Номер СБЧ	Смена СБЧ
	1	0	Номер ФЧ	Номер СБЧ	Смена ФЧ, СБЧ
	1	1	Секунды	Десятые доли секунды	“Квитанция-3” ¹

Таблица Т. Значение информационной части команды.

Для защиты командного канала от навязывания (имитации) ложных команд управления, прежде всего команд по перестройке радиолинии на другие частоты, в аппаратуре Р-016В предусмотрена дополнительная перекодировка ключевых комбинаций, которая начинает осуществляться автоматически после обмена командами “Ответ” и “Квитанция-1”. В повседневных условиях перекодировка команд управления должна быть выключена. Включение перекодировки осуществляется по дополнительному распоряжению.

Аппаратура Р-016В позволяет создавать два варианта построения адаптивной радиолинии.

Одноаппаратный вариант предусматривает размещение радиоприемника и радиопередатчика одного конца радиолинии в одной аппаратной. В этом случае аппаратура Р-016В содержит одну упаковку с тремя блоками: В10, В20 и питания. Команды управления радиопередатчиком и аппаратуры Р-016В поступают в ПНР, а кодограммы корреспонденту—на информационный вход возбуждителя “Лазурь” в виде посылок ± 20 В.

Двухаппаратный вариант предусматривает размещение радиоприёмника и радиопередатчика одного конца радиолинии в различных аппаратных, которые должны быть соединены между собой линией дистанционного управления (линией ТУ-ТС).

В этом случае в приёмной аппаратной устанавливается упаковка с тремя блоками: В10, В20 и питания (аппаратура Р-016В), а в передающей аппаратной—упаковка с двумя блоками: В20 и питания (аппаратура Р-016В-1). Для линии ТУ-ТС можно использовать проводные и радиорелейные (ТФ и ТГ) каналы с четырёхпроводным окончанием при допустимой потере достоверности в канале не более $5 \cdot 10^{-3}$, а также четырёхпроводные физические цепи с затуханием до 17,4 дБ. При этом канал телеуправления может быть как выделенным, так и совмещенным с информационным, а канал телесигнализации—только выделенный. Скорость передачи команд при работе по ТФ каналу—1200 бод, передаче нуля соответствует частота 2100 Гц, а передаче единицы—частота 1300 Гц. Уровень сигнала на выходе аппаратуры Р-016В (Р-016В-1) равен 442–595 мВ, порог чувствительности входной части равен 10–40 мВ. Скорость передачи команд при работе по ТГ каналу—150 бод, напряжение выходного сигнала при $R_n=1$ кОм составляет ± 20 В, рабочий ток на входе—не более 5 мА.

Аппаратура Р-016В может использоваться для дистанционного управления радиопередатчиком без автоматизации процессов установления и ведения связи и без адаптации к помеховой обстановке в радиоканале.

Электропитание аппаратуры осуществляется от однофазной сети переменного тока напряжением $220 \text{ В} \pm 15\%$, частотой 50 ± 2 Гц. Потребляемая аппаратурой Р-016В от сети мощность не превышает 130 Вт.

¹ Команды “Квитанция” (1, 2, 3) несут информацию о коде постоянно изменяющегося относительного времени.

Для сохранения программы смены ФЧ при отключении сети переменного тока предусмотрено питание аппаратуры от аккумулятора напряжением 12 В.

6.2 Структурная схема аппаратуры Р-016В

Упрощенная структурная схема аппаратуры Р-016В представлена на рисунке 21 в альбоме схем. Элементами схемы являются блоки: В10, В20 и питания. Для нормального функционирования аппаратуры Р-016В в составе адаптивной радиолинии используются также отдельные блоки и органы управления ПНР.

Блок В10 содержит программное устройство, устройство выбора оптимальной субчастоты (УВОСЧ), блок перестройки частоты приёма (БПЧ ПРМ).

Блок В20 содержит устройство передачи и приёма команд управления (УППКУ), устройство телеуправления и телесигнализации (ТУ-ТС), блок перестройки частоты передачи (БПЧ ПРД).

Кроме перечисленных устройств и блоков на схеме (рисунок 21 в альбоме схем) показаны элементы радиостанции, с которыми взаимодействует аппаратура Р-016В: радиоприемник Р-160П, возбудитель “Лазурь”, модем АБ-482, каналообразующая аппаратура линии ДУ при двухаппаратном варианте построения адаптивной радиолинии.

На рисунке 23 в альбоме схем показан вид передней панели аппаратуры Р-016В.

Программное устройство осуществляет управление работой аппаратуры Р-016В в соответствии с алгоритмом её функционирования, в том числе и проверку работоспособности. Основными элементами программного устройства являются: программное запоминающее устройство, формирователи кода программы, программных ФЧ, ФЧ и СБЧ приёма, кода команд управления, сигналов проверки, а также устройство управления и схема сопряжения с модемом АБ-482.

Устройство выбора оптимальной субчастоты (УВОСЧ) предназначено для анализа субчастот “пакета” и выбора субчастоты с минимальным среднеквадратичным уровнем помехи–оптимальной субчастоты. УВОСЧ содержит устройство селекции и устройство обработки сигнала.

Блоки перестройки частоты приёма и частоты передачи (БПЧ ПРМ и БПЧ ПРД) являются внешними гетеродинами радиоприёмника Р-160П и возбудителя “Лазурь” и осуществляют перестройку по субчастотам “пакета” частот. Частоту внешнего гетеродина в кГц можно определить из выражения:

$$f_{\text{внеш гет}} = [12672 - (N_{\text{СБЧ}} - 8)].$$

Устройство передачи и приёма команд управления (УППКУ) предназначено для формирования команд (кодограмм) управления корреспондентом и приёма команд управления от корреспондента–обнаружения команд управления среди сигналов, поступающих с выхода радиоприёмника (блока приёма командных сигналов, Б5-46) по цепи “Линия F-адаптивная”. В состав УППКУ входят устройство управления, формирователь команд управления, приёмник команд управления, устройство формирования псевдослучайных последовательностей и ключевых комбинаций.

Устройство телеуправления и телесигнализации предназначено для телеуправления (ТУ) радиопередатчиком, телесигнализации (ТС) об исполнении команд ТУ, а также для передачи команд управления корреспонденту. В одноаппаратном варианте построения адаптивной радиолинии устройство ТУ-ТС обеспечивает передачу (ретрансляцию) на радиопередатчик команд, поступающих от программного устройства и УППКУ, и их согласование с элементами системы управления радиостанции. В двухаппаратном варианте в приемной машине (отдельной приёмной машине) устройство ТУ-ТС выполняет роль диспетчерского прибора, а в передающей машине–роль исполнительного прибора аппаратуры ТУ-ТС. По структуре команд и прин-

ципу построения устройство ТУ-ТС аппаратуры Р-016В аналогично аппаратуре ТУ-ТС типа “Дистанция”. Основными элементами устройства ТУ-ТС являются передающие и приемные кодопреобразователи (шифраторы и дешифраторы), приёмники и передатчики команд, устройство синхронизации, программное устройство и устройство управления, модемы ТФ и ТГ.

Радиосигнал с выхода общего тракта радиоприёмника Р-160П ($f_{\text{ПР}}=128$ кГц) поступает на устройство селекции УВОСЧ, в котором с помощью дополнительного генератора происходит преобразование сигнала к частоте 500 кГц и фильтрация анализируемых субчастот.

Частотный диапазон сигналов промежуточной частоты на выходе радиоприёмника Р-160П ($f_{\text{ПР}}=128$ кГц) лежит в пределах 114...142 кГц. Действительно, если в данный момент осуществляется приём 1-ой СБЧ, которая на выходе радиоприёмника при соответствующей частоте внешнего гетеродина (БПЧ ПРМ) даёт 128 кГц, то 15-ой СБЧ будет соответствовать частота 114 кГц. Если осуществляется приём 15-ой СБЧ, то 1-ой СБЧ на выходе радиоприёмника будет соответствовать частота 142 кГц.

Для преобразования принятого сигнала к частоте 500 кГц дополнительный генератор должен работать в диапазоне 614...642 кГц. Частота генератора в килогерцах определяется как номером анализируемой субчастоты ($N_{\text{СБЧ Г}}$), так и номером СБЧ, на которую в данный момент настроен радиоприёмник ($N_{\text{СБЧ}}$):

$$f_{\text{Г}}=(628 + N_{\text{СБЧ}} - N_{\text{СБЧ Г}}).$$

При построении схемы генератора использован метод косвенного синтеза–импульсно-фазовая автоподстройка частоты управляемого генератора с ДПКД в тракте анализа его частоты. Опорное колебание частотой 100 кГц образуется в БПЧ ПРМ. Команды управления, которые устанавливают требуемый коэффициент деления ДПКД, являются кодом СБЧ ПРМ. Этот код (номер) поступает в УВОСЧ с программного устройства.

В зависимости от вида сигнала, для приёма которого подготовлен радиоприёмник Р-160П, в устройстве селекции используются полосовые электромеханические дисковые фильтры, полосой пропускания 0,5 кГц ($500\pm 0,25$ кГц), 1,5кГц ($500\pm 0,75$ кГц) или 3,1 кГц ($500,3-503,4$ кГц).

С выхода устройства селекции УВОСЧ сигнал после усиления в логарифмическом усилителе (для сжатия динамического диапазона анализируемых сигналов) поступает на устройство обработки сигнала. Это устройство осуществляет коммутацию СБЧ, аналого-цифровое преобразование сигнала в вычисление среднеквадратичного значения уровня помех на каждой СБЧ, определение минимального уровня помех и соответствующей ему СБЧ, вывод номера ОСБЧ в программное устройство.

Программное устройство в дежурном приеме осуществляет перестройку радиоприёмника по заданной программе смены фиксированных частот и субчастот приёма (ФЧ ПРМ, СБЧ ПРМ). Формирователь СБЧ приёма программного устройства формирует номера приёмных СБЧ и управляет перестройкой радиоприёмника по субчастотам. Код (номер) СБЧ ПРМ поступает в виде команды управления на БПЧ ПРМ–на ДПКД. При построении БПЧ ПРМ также использован метод косвенного синтеза–импульсно-фазовая автоподстройка частоты управляемого генератора с ДПКД в тракте анализа его частоты. Источником опорных колебаний в такой схеме является ОГ радиоприёмника Р-160П ($f_{\text{ОГ}}=5$ МГц)¹.

Формирователь ФЧ ПРМ программного устройства формирует код номера ФЧ ПРМ (программной или ПНР) и осуществляет перестройку радиоприёмника Р-160П по фиксированным частотам (цепи управления проходят через ПНР).

При переходе из дежурного приёма во входение (после нажатия кнопки “Вызов” на блоке В10) начинается сеанс ТУ-М (телеуправление местное). По сигналу ТУ-М формирователи номеров ФЧ и СБЧ ПРМ устанавливают радиоприёмник на программной ФЧ (или на ФЧ,

¹ По такой же схеме собран и БПЧ ПРД, однако источником опорных колебаний в нём является ОГ возбудителя “Лазурь”.

номер которой соответствует положению переключателя “Волны приёма” на ПНР) и на ОСБЧ, номер которой поступает с устройства обработки сигналов УВОСЧ. Возбудитель (радиопередатчик) устанавливается на требуемую ФЧ (программную или на ФЧ, номер которой соответствует положению переключателя “Волны передачи” на ПНР). Запускается счетчик переключения СБЧ ПРД с периодом переключения 4 секунды—осуществляется последовательное переключение возбудителя по семи чётным СБЧ и передача на каждой СБЧ команды “Вызов”, то есть начинается сеанс ТУ-К (телеуправление корреспондентом).

Команда “Вызов” формируется путём добавления признака команды к коду номеров ФЧ и СБЧ и подается в УППКУ. После формирования в УППКУ полной команды (45 элементов) управления корреспондентом (КУ-К) вырабатывается сигнал “Сеанс КУ-К”. По этому сигналу из устройства ТУ-ТС на ПНР поступает сигнал “Сеанс ТУ-К”. В ПНР срабатывает реле, которое переводит возбудитель для работы радиосигналом F1-200 и подключает на вход его первого телеграфного канала выход модулятора ТГ устройства ТУ-ТС. Кроме того, с устройства ТУ-ТС в ПНР поступает команда “ПРД открыть”. Кодограмма команды управления в виде посылок $\pm 20В$ поступает на возбудитель для передачи корреспонденту.

Команда “Ответ” от корреспондента поступает с выхода блока приёма командных сигналов радиоприёмника Р-160П на УППКУ по цепи “Линия F-адаптивная”. После декодирования код принятой команды управления поступает в программное устройство, которое через устройство ТУ-ТС переводит возбудитель (радиопередатчик) на ФЧ и СБЧ, соответствующие команде корреспондента. Корреспонденту посылается команда “Квитанция-1”. После этого сеанс ТУ-К заканчивается. На информационный вход возбудителя подключается оперативная информация.

С программного устройства через схему сопряжения с модемом АБ-482 на КРУ ОА (модем АБ-482) поступают команды “Пуск СА” и “Запрет анализа КРУ”. Начинается процесс фазирования СА. От КРУ ОА на программное устройство поступает команда “Вхождение” (нет фазы). Если за 2 минуты СА сфазировалась, то команда “Вхождение” снимается и радиолиния переходит в состояние ведения связи.

В процессе ведения связи при ухудшении приёма ниже допустимого от КРУ ОА поступает команда “Нет ПРМ”, по которой программное устройство передает корреспонденту команду управления с номером новой СБЧ (ОСБЧ) или ФЧ и СБЧ и перестраивает на них свой приёмник. От корреспондента должна прийти команда-подтверждение “Квитанция-3”. При ухудшении качества приёма у корреспондента от него приходит команда управления с номерами СБЧ и ФЧ (ОСБЧ или ФЧ и СБЧ). По принятой команде осуществляется перестройка передатчика на новые СБЧ или ФЧ ПРД, а корреспонденту посылается подтверждение—команда “Квитанция-3”.

В ведении связи кроме передачи оперативной информации возможен обмен служебными командами. Их передача и приём осуществляются так же, как и других команд управления, с той лишь разницей, что при приёме включается звуковой сигнал, а номер команды высвечивается на блоке индикации аппаратуры Р-016В.