

УДК 656.254.16:621.396.931 (075)
ББК 39.278

Г 687

Горелов Г. В., Таныгин Ю. И. Радиосвязь с подвижными объектами железнодорожного транспорта: Учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. — М.: Маршрут, 2006. — 263 с.
ISBN 5-89035-391-8

Рассмотрены вопросы организации станционной, поездной и ремонтно-оперативной радиосвязи, а также вопросы электромагнитной совместимости, помехоустойчивости, эксплуатации и ремонта радиосредств железнодорожного транспорта. Приведены технические данные аппаратуры железнодорожной радиосвязи, структурные, функциональные и принципиальные схемы радиостанций последнего поколения системы «Транспорт». Изложены принципы организации транкинговой и спутниковой систем связи.

Учебник предназначен для студентов техникумов и колледжей железнодорожного транспорта специальности «Эксплуатация средств связи» специализации «Радиосвязь на железнодорожном транспорте» и может быть полезен специалистам, занимающимся проектированием и эксплуатацией сетей железнодорожной технологической радиосвязи.

УДК 656.254.16:621.396.931 (075)
ББК 39.278

Учебник написали: введение, гл. 1, 8 — проф., д-р техн. наук *Г. В. Горелов*; гл. 2—7 — доц., канд. техн. наук *Ю. И. Таныгин*

Рецензенты: первый заместитель начальника Департамента связи и вычислительной техники ОАО «РЖД» *Ю. И. Филинов*; начальник цеха № 1 ЦСС — филиала ОАО «РЖД» *В. Н. Савонин*; преподаватель Саратовского техникума железнодорожного транспорта *Б. И. Одесский*

ISBN 5-89035-391-8

© Горелов Г. В., Таныгин Ю. И., 2006
© ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2006
© Издательство «Маршрут», 2006



Введение

Использование радиосвязи на железнодорожном транспорте имеет более чем вековую историю. Уже в 1897 г. изобретатель радио А. С. Попов делает доклад «О телеграфировании без проводов» на четвертом съезде железнодорожных электротехников и представителей службы телеграфа. Позже на Юго-Западной железной дороге предпринято использование «микрового телеграфа» для нужд железнодорожного транспорта.

В 30-е гг. прошлого столетия проводятся эксперименты по применению телевидения на железнодорожном транспорте. В 1931 г. испытывается система радиосигнализации машинисту торочного локомотива, а в 1936 г. — магистральная КВ-радиосвязь Наркомата путей сообщения с управлениями железных дорог. В 1937—1938 гг. впервые на железнодорожном транспорте была применена радиосвязь с движущимся локомотивом. В 1951 г. была разработана и внедрена первая железнодорожная радиостанция ЖР-1. Радиостанции этого типа имеют текстометровый диапазон (2МГц) и относятся к первому поколению систем радиосвязи на железнодорожном транспорте. С середины 50-х гг. прошлого столетия была освоена радиостанция ЖР-3, а в 1965 г. — станционная радиостанция ЖР-5М, которые представляют собой второе поколение радиосредств железнодорожного транспорта. В начале 70-х гг. была разработана комплект железнодорожных унифицированных радиостанций — ЖР-У, использующих метровые и дециметровые диапазоны радиоволн. Радиостанции ЖР-У-СС, ЖР-У-ЛС, ЖР-УК-СП, ЖР-УК-ЛП относятся к радиосистемам третьего поколения. В конце 80-х гг. прошлого столетия на железнодорожном транспорте появились радиосредства четвертого поколения — система «Транспорт», в основу которой положены радиосредства нового поколения с широким использованием интегральных схем и микросборок, а также средств микропроцессорной техники. Эта система позволила организовать поездную, стационарную, ремонтно-оперативную радиосвязь в диапазоне гектометровых, метровых и дециметровых радиоволн в симплексном и дуплексном режимах с групповым и индивидуальным вызовами, а также существенно увеличить число каналов метрового диапазона (132 канала) и получить шесть частотных групп в диапазоне дециметровых волн.

Поездная радиосвязь в основном работает на гектометровом диапазоне волн, что позволяет использовать направляющие свойства линий

УДК 656.254.16:621.396.931 (075)
ББК 39.278

Г 687

Горелов Г.В., Таныгин Ю.И. Радиосвязь с подвижными объектами железнодорожного транспорта: Учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. — М.: Маршрут, 2006. — 263 с.
ISBN 5-89035-391-8

Рассмотрены вопросы организации станционной, поездной и ремонтно-оперативной радиосвязи, а также вопросы электромагнитной совместимости, помехоустойчивости, эксплуатации и ремонта радиосредств железнодорожного транспорта. Приведены технические данные аппаратуры железнодорожной радиосвязи, структурные, функциональные и принципиальные схемы радиостанций последнего поколения системы «Транспорт». Изложены принципы организации транкинговой и спутниковой систем связи.

Учебник предназначен для студентов техникумов и колледжей железнодорожного транспорта специальности «Эксплуатация средств связи» специализации «Радиосвязь на железнодорожном транспорте» и может быть полезен специалистам, занимающимся проектированием и эксплуатацией сетей железнодорожной технологической радиосвязи.

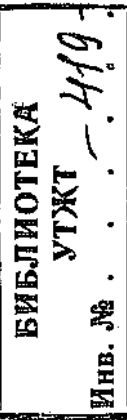
УДК 656.254.16:621.396.931 (075)
ББК 39.278

Учебник написали: введение, гл. 1, 8 — проф., д-р техн. наук *Г.В. Горелов*;
гл. 2—7 — доц., канд. техн. наук *Ю.И. Таныгин*

Рецензенты: первый заместитель начальника Департамента связи и вычислительной техники ОАО «РЖД» *Ю.И. Филитов*; начальник цеха № 1 ЦСС — филиала ОАО «РЖД» *В.Н. Савонин*; преподаватель Саратовского техникума железнодорожного транспорта *Б.И. Одесский*

ISBN 5-89035-391-8

© Горелов Г.В., Таныгин Ю.И., 2006
© ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2006
© Издательство «Маршрут», 2006



Введение

Использование радиосвязи на железнодорожном транспорте имеет более чем вековую историю. Уже в 1897 г. изобретатель радио А.С. Попов делает доклад «О телеграфировании без проводов» на четвертом съезде железнодорожных электротехников и представителей служб телеграфа. Позже на Юго-Западной железной дороге предпринято использование «искрового телеграфа» для нужд железнодорожного транспорта.

В 30-е гг. прошлого столетия проводятся эксперименты по применению телевидения на железнодорожном транспорте. В 1931 г. испытывается система радиосигнализации машинисту горючего локомотива, а в 1936 г. — магистральная КВ-радиосвязь Наркомата путей сообщения с управлениями железных дорог. В 1937—1938 гг. впервые на железнодорожном транспорте была применена радиосвязь с движущимся локомотивом. В 1951 г. была разработана и внедрена первая железнодорожная радиостанция ЖР-1. Радиостанции этого типа имеют гектометровый диапазон (2МГц) и относятся к первому поколению систем радиосвязи на железнодорожном транспорте. С середины 50-х гг. прошлого столетия была освоена радиостанция ЖР-3, а с 1965 г. — станционная радиостанция ЖР-5М, которые представляют собой второе поколение радиосредств железнодорожного транспорта. В начале 70-х гг. была разработана комплекс железнодорожных унифицированных радиостанций — ЖР-У, использующих метровые и дециметровые диапазоны радиоволн. Радиостанции ЖР-У-СС, ЖР-У-ЛС, ЖР-УК-СП, ЖР-УК-ЛП относятся к радиосистемам третьего поколения. В конце 80-х гг. прошлого столетия на железнодорожном транспорте появились радиосредства четвертого поколения — система «Транспорт», в основу которой положены радиосредства нового поколения с широким использованием интегральных схем и микросборок, а также средств микропроцессорной техники. Эта система позволила организовать поездную, станционную, ремонтно-оперативную радиосвязь в диапазоне гектометровых, метровых и дециметровых радиоволн в симплексном и дуплексном режимах с групповым и индивидуальным вызовами, а также существенно увеличить число каналов метрового диапазона (132 канала) и получить шесть частотных групп в диапазоне дециметровых волн.

Поездная радиосвязь в основном работает на гектометровом диапазоне волн, что позволяет использовать направляющие свойства линий

ОРГАНИЗАЦИЯ СВЯЗИ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

1.1. Организация управления на железнодорожном транспорте

Система управления технологическими процессами занимает особое место в сложном и многообразном комплексе работ железнодорожного транспорта. Техническая оснащенность железнодорожного транспорта с большим парком локомотивов и вагонов, высокий уровень механизации путевых работ, электрификация подвижного состава выдвигают на первый план решение проблемы эффективного использования этих технических средств на базе совершенствования систем управления. В свою очередь эффективность систем управления во многом зависит от использования средств связи — радиотехнических систем (РТС).

Главное достоинство радиотехнических систем — отсутствие жесткого проводного канала, что позволяет создавать системы связи с подвижными объектами, используя беспроводную радиолинию. Поэтому основной целью применения РТС на железнодорожном транспорте является информационный обмен с подвижными единицами. Исходя из конкретных условий работы РТС с такими объектами радиостанции классифицируются следующим образом.

Стационарная — радиостанция, не предназначенная для работы с объектом во время движения. Она устанавливается в помещениях, специальных контейнерах или на открытом воздухе. Абонентами стационарных радиостанций (обычно такие радиостанции принадлежат службам управления) являются диспетчеры, начальники, командиры, дежурные и т. д.

Подвижная — радиостанция, предназначенная для использования во время движения или остановок в неопределенных пунктах. Подвижные радиостанции делятся на мобильные, носимые и переносные.

Мобильная — радиостанция, предназначенная для установки на подвижных объектах связи, которыми являются локомотивы поездные и

электрооборудования, контактной сети, воздушных линий связи, специального «волноводного» провода, расположенных вдоль железнодорожного полотна, для canalization электромангитной энергии.

Сеть радиорелейных линий связи на железнодорожном транспорте появилась в 1956 г. Она предназначена для резервирования на некоторых определяющих направлениях железнодорожных проводных систем передачи с использованием как отечественной, так и зарубежной аппаратуры.

В середине 90-х гг. прошлого столетия было принято решение о проведении информационной реформы, направленной на внедрение информационных технологий во все сферы деятельности железнодорожного транспорта, на основе широкого применения вычислительной техники и передовых технологий телекоммуникаций.

В настоящее время решается ряд задач по программе создания цифровых сетей интегрального обслуживания (ЦИО) железнодорожного транспорта. Разрабатываются различные варианты систем спутниковой связи с целью существенного увеличения емкости сети железнодорожной связи до уровня, позволяющего создать общесетевую ЦИО. Для цифровой сети интегрального обслуживания на железнодорожном транспорте большое значение имеет создание высокоскоростного цифрового канала для связи с поездом. В настоящее время осуществляется ряд разработок сотовых и транкинговых сетей связи, управляющих подвижными объектами железнодорожного транспорта. Проведены экспериментальные исследования цифровой мобильной радиолинии СВЧ диапазона для передачи на локомотив цифрового потока 2 Мбит/с. Цифровые мобильные радиолинии СВЧ и КВЧ диапазонов являются одним из основных средств объединения стационарной ЦИО с бортовыми локальными цифровыми сетями. Перспективным является применение на железнодорожном транспорте технологии Radio-Ethernet в сочетании с излучающими триаксиальными кабелями.

В настоящее время стратегия развития технологической радиосвязи Федерального железнодорожного транспорта основывается на применении цифровых транкинговых сетей стандарта TETRA.

маневровые, специальные дорожные вагоны (ремонтные, пассажирские, рефрижераторные и др.) и механизмы, служебные автомобили, дрезины и т. д. На этих объектах радиосредства получают питание от бортовой сети.

Носимая — радиостанция имеет собственный источник питания и находится в рабочем состоянии во время транспортировки. Абонентами подвижной связи являются различные категории работников железнодорожной станции: составители поездов, рабочие по ремонту, осмотрщики вагонов, электромеханики, сигналисты, стрелки ВОХР и т. д. Все такие абоненты оснащаются носимыми радиостанциями.

Переносная — радиостанция имеет собственный источник питания и предназначена для работы во время остановок. Переносить или перевозить такую радиостанцию следует в нерабочем состоянии.

Портативная — носимая радиостанция массой до 1 кг.

Железнодорожная технологическая связь с подвижными объектами включает в себя поездную, станционную радиосвязь и радиосвязь ремонтных подразделений.

Поездная радиосвязь предназначена для переговоров машинистов поездных локомотивов с поездными диспетчерами (ДНЦ) и дежурными по станциям (ДСП), а также с велом поездного диспетчера с дежурным по депо и локомотивным диспетчером.

Станционная радиосвязь с подвижными объектами включает в себя радиосвязь машинистов маневровых и горочных локомотивов с ДСП, маневровыми диспетчерами, операторами горок, составителями и другими работниками и службами железнодорожной станции. В эту систему могут входить радиосвязь дежурных по технической конторе со списками вагонов, связь осмотрщиков вагонов, служебная связь, связь транспортными милицией и службы ВОХР.

Радиосвязь ремонтных подразделений позволяет оперативно передавать необходимую информацию, благодаря чему сокращается время выполнения этих работ, более эффективно используются в графике движения выделенные «окна», повышается безопасность движения поездов по участку работ, а также повышается безопасность персонала, работающего на путях.

Все виды железнодорожной связи можно классифицировать по различным критериям:

— *по назначению* — *станционная* (действует в пределах зоны станции); *поездная* (обеспечивает связь машинистов локомотивов со служ-

бами движения); *ремонтно-оперативная* (временная на участке железной дороги); *оповещения* (стационарная); телеметрическая (передача данных и управление);

— *по направлению передачи* — *односторонняя*; *двусторонняя*;

— *по режиму работы* — *симплексная одночастотная* (абоненты связываются на одной несущей частоте и говорят по очереди); *симплексная двухчастотная* (два абонента говорят по очереди, используя разные частоты); *дуплексная* (два абонента могут говорить одновременно на разных частотах); *полудуплексная*; *дежурная* (режим в ожидании вызова);

— *по форме передаваемого сообщения* — *аналоговая* (непрерывная, речевая); *дискретная* (в т. ч. цифровая);

— *по способу управления радиосредствами* — *с местным, распределенным и дистанционным управлением*;

— *по количеству каналов и способу их использования* — *одноканальная* (с закрепленными каналами, т. е. при наличии «адреса» радиостанция включается только при получении специального «вызова» по своему «адресу»); *многоканальная* (равнодоступная, т. е. радиостанция включается всегда, когда на частоте настройки несущей появляются любые сигналы); *многоканальная* (смешанная);

— *по способу вызова* — *с индивидуальным* (передается в начале связи вызов с «адресным сигналом»); *групповым* (вызываются все «адресные» радиостанции) и *циркулярным* вызовом.

— *по обслуживанию территории* — *линейная*; *зональная*; *локальная*;

— *по способу организации сети* — *прямая*; *радиорелейная* (с промежуточными ретрансляторами); *космическая* (с использованием искусственных спутников Земли — ИСЗ); *сетевая*; *спутниковая*.

1.2. Показатели качества радиосистем

Основными показателями качества РТС являются:

— *точность воспроизведения* (верность), которая характеризуется *разборчивостью речи* и определяется процентом правильно принятых элементов речи (звук, слогов, слов, фраз). В соответствии с ГОСТ 16600—72 «Передача речи по трактам радиотелефонной связи. Требования к разборчивости речи и методы артикуляционных измерений» усреднены следующие классы качества разборчивости речи:

— I класс, понимание без малейшего напряжения внимания (норма разборчивости звуков (*D*) больше 90%);

— 2 класс, понимание без затруднений (норма разборчивости $D = 85$ —90 %);

— 3 класс, понимание с напряжением без переспросов и повторений (норма разборчивости $D = 78$ —85 %);

— 4 класс, понимание с большим напряжением и с переспросом (норма разборчивости $D = 60$ —78%);

— 5 класс, полная неразборчивость текста (срыв связи) (норма разборчивости D до 60 %).

— *помехоустойчивость*, которая представляет собой свойство выполнять свои функции в условиях мешающих воздействий. Количественно помехоустойчивость оценивается вероятностью ошибочной передачи;

— *помехозащищенность*, которая определяет способность РТС противостоять мешающему действию определенных помех. При работе радиостанций в режиме *Прием*, когда на ее входе нет сигнала от передатчика-корреспондента, прослушиваются шумы приемника. Это особенно проявляется в радиостанциях с угловой модуляцией. Для подавления шумов приемника применяется специальное устройство — шумоподавитель.

В современных радиостанциях предусматриваются специальные схемы для повышения помехозащищенности от импульсных помех.

— *пропускная способность* РТС, которая определяет способность системы обрабатывать принимаемую информацию без накопления (без задержки) в фиксированное реальное время. Реальные условия работы железнодорожного транспорта характеризуются существенной загрузкой радиоканалов, особенно на крупных станциях при сортировочной и маневровой работе, что приводит к временным потерям в установлении связи, появляется время ожидания — $T_{ож}$. Среднечасовая нагрузка на одну радиостанцию при сортировочной работе лежит в пределах $Y = 0,05$ —0,1 Эрл (3—6 мин-занятий). В качестве эксплуатационного показателя оперативности передачи информации можно использовать суммарное в течение часа время ожидания $T_{ож}$ освобождения канала всеми абонентами.

Уменьшение пропускной способности радиоканала возможно из-за снижения разборчивости речи, которая приводит к переспросам и повторениям и в связи с этим к увеличению времени передачи сообщения. В результате учета всех мешающих факторов снижается пропускная способность радиосети, что приводит к увеличению времени ожидания связи и снижению скорости переработки вагонов на сортировочной станции;

— *электромагнитная совместимость*, которая определяет способность РТС одновременно функционировать в реальных условиях с требуемым качеством при воздействии на них непреднамеренных радиопомех и не создавать недопустимых радиопомех другим радиоэлектронным средствам — РЭС (оценивается вероятностью).

Электромагнитная совместимость, определяемая условиями эксплуатации и техническими средствами систем радиосвязи, имеет ряд своих показателей качества. Одним из таких показателей является *минимальный частотный разнос* между работающими радиостанциями. В связи с ростом числа радиостанций подвижной радиосвязи при ограниченных выделенных полосах частот стараются сократить частотный разнос между соседними каналами. Если радиостанции первого поколения имели частотный разнос 100, 150 и даже 250 кГц (ЖР-5), а радиостанции второго поколения, как правило, имели частотный разнос в 50 кГц, то в радиостанциях третьего поколения предусматривается частотный разнос в 25 кГц;

— *разрешающая способность* определяет свойство РТС независимо распознавать различные источники радионизлучения;

— *надежность* представляет способность РТС работать безотказно (с вероятностью отказа) за фиксированное время, нормы наработки на отказ определяются ГОСТом;

— *длительность работы радиостанций*, которая определяет их работу в режимах *Прием* и *Дежурный прием*. Стационарные радиостанции, используемые в качестве центральных, как правило, могут длительно работать и в режиме *Передача* (время непрерывной работы в этом режиме возимых, носимых и портативных радиостанций ограничено). Возимые радиостанции рассчитаны на длительную работу при соотношении времени работы в режиме *Прием*—*Передача* 3 : 1, при этом продолжительность непрерывной работы в режиме *Передача* составляет не менее 5 мин. Носимые и портативные радиостанции с собственным источником питания могут длительно работать, как правило, при соотношении времени работы в режимах *Дежурный прием*—*Прием*—*Передача* 8 : 1 : 1, при этом обеспечивается продолжительность непрерывной работы в режиме *Передача* не менее 5 мин. В железнодорожных стационарных и возимых радиостанциях предусматривается автоматическое ограничение времени работы на передачу до 1 мин.

Механические и климатические требования к аппаратуре РТС определяются ГОСТ 16019—86, из которого следует, что подвижные радио-

1	2	3	4
4	Декаметровые $\lambda = 10 \dots 100$ м	ВЧ — высокие частоты (HF — high frequency) 3...30 МГц	Дальняя связь (распространение за счет переотражения от ионосферы)
5	Метровые $\lambda = 1 \dots 10$ м	ОВЧ — очень высокие частоты (very high frequency) 30...300 МГц	Станционная радиосвязь ($f = 151 \dots 156$ МГц) — прямолинейное распространение
6	Дециметровые $\lambda = 0,1 \dots 1$ м	УВЧ — ультравысокие частоты (UHF — ultra high frequency) 300...3000 МГц	Станционная и полевая радиосвязь (330, 460 МГц) — прямолинейное распространение
7	Сантиметровые $\lambda = 1 \dots 10$ см	СВЧ — сверхвысокие частоты (SHF — super high frequency) 3...30 ГГц	Спутниковая радиосвязь (10...11 ГГц), радиорелейная связь 4, 6, 8 ГГц (прямолинейное распространение)
8	Миллиметровые $\lambda = 1 \dots 10$ мм	КВЧ — крайние высокие частоты (EHF — extreme high frequency) 30...300 ГГц	Радиолокация (прямолинейное распространение)

Классификация радиоизлучений. Все излучения радиосредств классифицируют по виду модуляции, модулирующего сигнала и занимаемой полосе.

Каждый вид радиоизлучения имеет определенное обозначение, состоящее из различных символов. Первые четыре символа обозначают занимаемую полосу частот, и для определения масштаба частот используют следующие символы: Н — герцы, К — килогерцы, М — мегагерцы, Г — гигагерцы, которые ставят в числовой характеристике полосы на место запятой, например: 25,4 Гц \rightarrow 25Н4; 3,4 кГц \rightarrow 3К40; 2 МГц \rightarrow 2М00; 6,5 ГГц \rightarrow 6Г50.

Следующие три символа в числовой характеристике обозначают характеристику модуляции основной несущей.

Первый символ. N — немодулированная несущая, A — амплитудная модуляция (полная) с двумя боковыми и несущей; H — одна боковая полоса ОБП с полной несущей; R — ОБП с ослабленной несущей; J — ОБП с подавленной несущей; F — частотная модуляция; G — фазовая модуляция; W — одновременная модуляция нескольких видов.

Второй символ обозначает: 0 — сигнал не модулирован; 1 — один цифровой канал без поднесущей; 2 — один цифровой канал с поднесу-

средства железнодорожной радиосвязи должны выдерживать вибронагрузки на частотах 10...70 Гц с ускорением в 0,8...3,8 g и ударные нагрузки до 4 g. Температурные воздействия на аппаратуру РТС находятся в пределах от -40 до +60 °C при влажности до 98%.

1.3. Радиочастоты и радиоизлучения

Для федерального железнодорожного транспорта выделены частоты следующих диапазонов: 1-й диапазон — 2150 и 2130 кГц (симплексная связь); 2-й диапазон — 151,725...156,000 МГц (симплексная связь); 3-й диапазон — 330 МГц (дуплексная связь: 307 МГц на передачу, 341 МГц — на прием); 4-й диапазон — 460 МГц (дуплексная связь: 457,400...458,450 МГц на передачу, 467,400...468,450 МГц на прием).

Радиоволны первого диапазона распространяются вдоль земной поверхности, поэтому для их использования применяются специальные направляющие системы, которые канализируют излучаемую энергию вдоль железнодорожного пути. Этот диапазон радиоволн (длина волны составляет примерно 140 м) используется для организации линейной полевой радиосвязи.

Радиоволны остальных диапазонов (метровый, дециметровый диапазоны волн) распространяются прямолинейно в пределах прямой видимости (с учетом рефракции и многократного переотражения) возможна на передача и вне пределов прямой видимости). Наименования радиоволн, их частоты и область применения приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Классификация радиоволн

№ л/п	Радиоволны	Частота	Применение
1	Мирнаметровые волны $\lambda = 10 \dots 100$ км	ОНЧ — очень низкая частота (VLF — very low frequency) 3...30 кГц	Дальняя связь (поверхностное распространение)
2	Километровые $\lambda = 1 \dots 10$ км	НЧ — низкие частоты (LF — low frequency) 30...300 кГц	Радионавигация (поверхностное распространение)
3	Гектометровые $\lambda = 0,1 \dots 1$ км	СЧ — средние частоты (MF — middle frequency) 0,3...3 МГц	Последняя линейная радиосвязь — 2,15 МГц (поверхностное распространение)

шей; 3 — один канал аналоговый информации; 7 — два или более каналов цифровой информации; 8 — два или более каналов аналоговой информации; 9 — канал с уплотнением любого вида; X — случаи, не указанные выше.

Третий символ представляет собой вид передаваемой информации: А — телеграфия (прием на слух); В — букво/цифропечатаение; С — факсимильная (в т. ч. фототелеграф); D — передача данных, телеметрия; Е — телефония (в т. ч. радиовещание); F — телевидение.

Например: 20K0A3E — радиовещание двухполосное с амплитудной модуляцией; 20K0F3E — радиосвязь станционная с частотной модуляцией; 6M50W8F — черно-белое телевидение с амплитудной (видео) и частотной (звук) модуляцией; 15MG9B — радиорелейный сигнал; 130MG9D — спутниковая радиосвязь.

Кроме указанных выше характеристики радиосигнала могут использоваться дополнительные характеристики, которые обозначаются четвёртым и пятым символами.

Четвёртый символ представляет собой подробные следующие сведения о сигнале: А — двухпозиционный код с посылками (равномерный или неравномерный); В — без коррекции ошибок; С — с коррекцией ошибок; D — четырехпозиционный код, в котором каждая позиция представляет собой сигнальный элемент (один бит или более); E — многопозиционный код, в котором каждая позиция представляет собой посылку сигнала (один бит и более); G — звук радиовещательного качества монофонический; H — стерео или квадро; J — звук коммерческого качества, исключая категории K и L; K — использование частотной инверсии или расщепления полосы; L — с разделёнными ЧМ сигналами для управления уровнем демодулированного сигнала; M — монохроматическое изображение; N — цветные изображения; W — комбинации вышеуказанных случаев; X — прочие случаи, не указанные выше.

Пятый символ представляет характер уплотнения (разделения) сигналов: N — уплотнение отсутствует; F — частотные уплотнения; T — временное уплотнение; C — кодовое уплотнение; W — комбинация частотного и временного уплотнений; X — прочие виды уплотнения.

В радиостанциях железнодорожной радиосвязи применяется частотная модуляция класса F3E, с учетом поправки в +6 дБ/октава на передаче и последующей коррекции на приеме в -6 дБ/октава можно считать вид модуляции фазовым (согласно ГОСТ 12252 — 86).

1.4. Электромагнитная совместимость в сетях подвижной радиосвязи

В соответствии с ГОСТ Р-50397—92 электромагнитная совместимость (ЭМС) РЭС представляет способность РЭС одновременно функционировать в реальных условиях эксплуатации с требуемым качеством при воздействии на них непреднамеренных радиопомех и не создавать недопустимых радиопомех другим РЭС. Для железнодорожного транспорта характерно весьма плотное и насыщенное оборудование радиосредствами железнодорожных станций, высокий уровень электрических помех и металлургическое окружение, приводящее к многочисленным переотражениям и рефракции радиоволн. Высокий уровень помех не позволяет в полной мере реализовать высокую чувствительность радиоприемных устройств. Спектральный состав помеховых сигналов, как известно, складывается в сторону высоких частот со скоростью примерно в 6 дБ/октава, что объясняет стремление к развитию средств связи в высокочастотных диапазонах дециметровых радиоволн. Однако близкое размещение значительного числа радиосредств в условиях железнодорожных станций выводит на первый план взаимное влияние радиостанций. Это, в основном, влияние основного и побочного излучения передатчиков на основном и побочных каналах приема радиоприемников. Из всего многообразия путей и методов влияния радиоизлучений можно выделить несколько наиболее важных и значительных проблем по обеспечению электромагнитной совместимости, существенных для железнодорожного транспорта:

1. Определение координатных расстояний (пространственный разнос) между радиостанциями, работающими на одной частоте, для обеспечения их нормальной работы.

2. Определение минимально необходимого пространственного разноса антенн радиостанций, работающих на разных частотах, но размещенных территориально близко, для предотвращения явления блокирования (частотно-пространственный разнос).

3. Применение разнонаправленных и разнополяризованных антенн (пространственно-ориентированный разнос) для уменьшения расстояний между радиостанциями.

4. Планирование сетки совместимых рабочих частот в станционной радиосвязи для предотвращения помех от интермодуляции (частотный разнос).

Планирование радиосетей на станциях должно осуществляться в соответствии с Частотным планом технологической радиосвязи железнодорожного транспорта, устанавливающим распределение частот между различными службами, и нормативными документами Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ), определяющими условия использования частотного ресурса на железных дорогах России. Целью планирования является обеспечение ЭМС на каждой станции. Планирование частот должно происходить в следующем порядке.

По частотно-территориальному плану, приведенному в Частотном плане, определяется номер частотной группы дулексной поездной радиосвязи ПРС-Д, которая должна использоваться на данном участке железной дороги. Номера частотных групп поездной симплексной и ретрансляционной радиосвязей (ПРС-С, РОРС-Л и РОРС-В) должны быть такими же, как и номер ПРС-Д.

С учетом имеющихся на станции радиосетей по расчетной таблице подбирается наиболее подходящий для данной станции комплект совместимых частот (КСЧ), включающий в себя частоты ПРС-С, РОРС-Л, РОРС-В, СРС, а также частоты радиостанций технических работников станции и станционных локомотивов.

Для выбранного КСЧ рассчитываются пространственные разности между радиосредствами, исходя из требования о недопущении блокирования их друг другом. Высота установки антенн стационарных радиостанций и мощность их передатчиков предварительно определяются в зависимости от заданной дальности связи с возимыми и носимыми радиостанциями.

При планировании частот на станции необходимо исключить возможность появления интермодуляционных влияний на каналы поездной радиосвязи дециметрового и гектометрового диапазонов волн. Поэтому не следует использовать на одной станции частоты метрового диапазона волн с разностью 2125 кГц (например, частоты 151 875 и 154 000 кГц, 151 725 и 153 850 кГц и т. д.), а также частоты, которые могут создать помеху вида $f_1 + f_2 = f_3$, совпадающую по частоте с рабочей частотой основного канала приема дулексной радиостанции РС-Д, установленной на данной станции (частоту 153 525 кГц при частоте приема $f = 307 050$ кГц и частоту 153 550 кГц при $f = 307 100$ кГц).

Расстояние между антеннами стационарных радиостанций, работающих с мощностью 12 Вт, должно быть не менее 15 м. При этом минимально частотный разнос (МНЧР) составляет примерно 0,8—0,9 МГц.

При частотном разнесе между радиосредствами, равном 1 МГц, минимально допустимое расстояние (МНЧР) между ними должно быть не менее 300 м.

Учитывая значительные уровни помех, имеющих место на станциях, а также возможные влияния со стороны других радиоэлектронных средств, порог срабатывания шумоподавителей приемников стационарных и возимых радиостанций нужно устанавливать в пределах 0,9—1,1 мкВ.

Если в одном служебном здании находятся несколько командиров, каждый из которых работает в своей радиосети, целесообразно для исключения влияния между стационарными радиостанциями использовать для каждой из них две антенны — передающую и приемную. Все передающие антенны следует располагать на крыше здания, где установлены радиостанции. Приемные антенны должны устанавливаться на специальной мачте на расстоянии, определенном расчетом, и сравнение его с допустимым $L_{\text{доп}}$. Стационарные радиостанции РС-23 в этом случае должны комплектоваться приемопередатчиками УПП-2-2, имеющими два антенных ввода.

Если расчетный минимально необходимый пространственный разнос между антеннами требует фидера большей длины, чем $L_{\text{доп}}$, целесообразно вынести из здания радиостанцию, оставив в нем пулэт командира. Радиостанцию можно разместить в специальном контейнере, в котором предусмотрен электрообогрев в зимнее время.

При решении вопроса об исключении взаимных влияний между радиосредствами может использоваться режим пониженной мощности радиостанции РС-23, а также направленные антенны. В случае необходимости уменьшения затухания в антенном фидере следует применять коаксиальный кабель с малой постоянной затухания, например, типа РК-50-17-51 или РК-50-13-51.

Проблема электромагнитной совместимости РЭС, работающих на одной железнодорожной станции, решается путем частотного, пространственного и направленного разнесов между антеннами радиостанций. Расчет минимально необходимых разнесов ведется в предположении, что радиостанции работают непрерывно; вероятность превышения мешающим сигналом допустимого уровня $P = 5\text{--}10\%$, соотношение величин сигнал/помеха на выходе радиоприемника станции, относительно которой ведется расчет, превышает 6 дБ.

Для обеспечения нормальной работы радиостанций необходимо, чтобы на входе приемника уровень сигнала от мешающей радиостанции не

превышал допустимую величину уровня для данного вида мешающего сигнала.

Значение допустимого напряжения определяется параметрами защиты приемника по конкретному виду влияний. В случае, когда антенны радиостанций находятся на небольшом расстоянии друг от друга (до 30 м), уровень мешающего сигнала определяется уровнем выходного сигнала мешающего передатчика и величиной затухания электромагнитного поля между антеннами.

Координационным расстоянием называется минимально допустимое расстояние между антеннами радиостанций, работающих на одной частоте без взаимных мешающих влияний.

Допустимый уровень мешающего сигнала, частота которого совпадает с частотой настройки приемника для УПП-2: $U_{\text{меш доп}} < -10 \text{ дБ мкВ}$ (0,3 мкВ). При таком уровне входного сигнала исключается срабатывание шумоподавителя.

Проблема электромагнитной совместимости РЭС чрезвычайно сложна и многообразна. Общих методов ее решений не существует. ЭМС оценивается применительно к каждой конкретной системе. При этом определяются рациональные параметры РЭС, обеспечивается нормальное функционирование системы при минимальных взаимных мешающих влияниях РЭС.

Рассмотрим ряд влияющих на ЭМС электрических параметров приемопередатчика и методы их измерения.

Номинальная девиация определяется (рис. 1.1) при подаче на вход передатчика *нормального испытательного сигнала*, который представляет собой сигнал частотой 1000 Гц, уровнем U_0 для данного конкретного передатчика, при котором коэффициент нелинейных искажений на выходе не превышает 10%, при этом девиация имеет номинальное значение 5 кГц. Одновременно определяется *чувствительность входа* передатчика — значение U_0 .

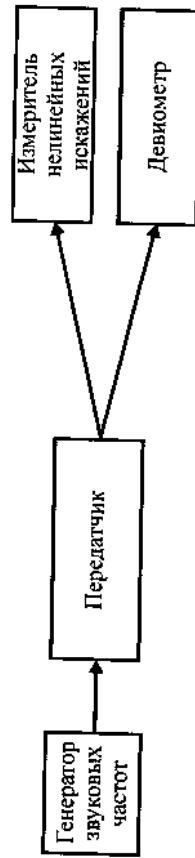


Рис. 1.1. Измерение девиации

Максимальная девиация. Уровень сигнала на входе увеличивается на 12 дБ, по сравнению с номинальной девиацией частота сигнала меняется в пределах от 300 до 3400 Гц. При одном из этих значений фиксируется максимальная величина девиации сигнала на выходе, которая не должна превышать значение максимальной девиации передатчика $D = 10 \text{ кГц}$.

Характеристика предкоррекции. Частотно-модуляционная характеристика (зависимость девиации от частоты модулирующего сигнала) должна иметь подъем с крутизной 6 дБ/октава (октава — полуса частот, верхняя граница которой превышает нижнюю в два раза). Это делается для того, чтобы повысить удельный вес высокочастотных составляющих речевого сигнала, наиболее подверженных воздействию импульсных помех, и предполагать поспеоррекцию частотной характеристики приемника с крутизной -6 дБ/октава. Измерение характеристики производится по схеме рис. 1.1. Уровень входного сигнала устанавливается таким, чтобы иметь при частоте сигнала 1000 Гц девиацию $\Delta f = 1,5 \text{ кГц}$ (1 кГц при разное каналов в 25 кГц), которую принимают за 0 дБ. На частотах 300—3400 Гц проверяют характеристику предкоррекции:

$F, \text{ Гц}$	300	500	1000	2000	3400
$\Delta f, \text{ дБ}$	-10,4	-6	0	6	10,6

Отклонения значений для реального передатчика от табличных не должны превышать +2 ... -3 дБ.

Основное излучение передатчика является излучением на частотах в пределах *необходимой полосы* B_H , которая имеет минимальную ширину полосы частот, обеспечивающую передачу с требуемыми скоростью и качеством (рис. 1.2). Для передатчика частотной модуляции с девиацией в 5 кГц: $B_H = 2D + 2F_B = 27 \text{ кГц}$ ($F_B = 3,4 \text{ кГц}$ — верхняя частота спектра модулирующего сигнала).

Неосновные излучения (см. рис. 1.2) располагаются за пределами необходимой полосы частот B_H и их можно уменьшить или исключить без ущерба для скорости и качества передачи.

Побочные излучения (рис. 1.3) — излучения, частоты и уровни которых определяются нелинейными процессами в схеме передатчика при протекании высокочастотных токов. Их возникновение не связано с процессами модуляции. **Излучения на гармониках** (частотах, кратных частоте основного излучения) возникают в каскадах передатчика, искажающих форму сигнала. Излучения на *субгармониках* (частотах, которые в

БИБЛИОТЕКА

УТЖТ - 419-

Инв. № . . .

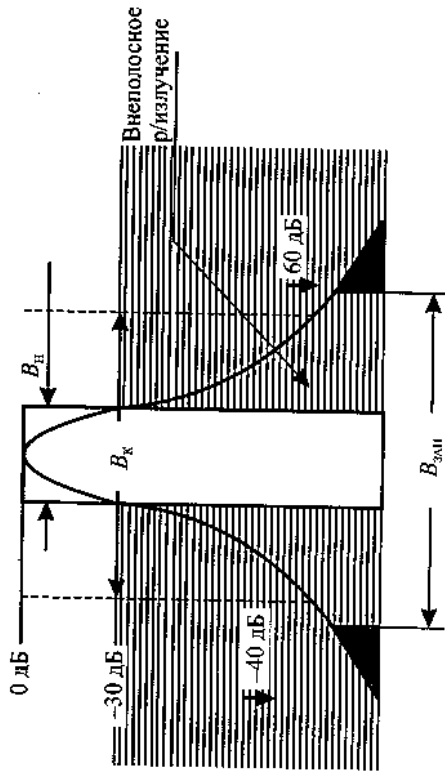


Рис. 1.2. Излучения передатчика

целое число раз меньше частоты основного излучения) характерны для передатчиков с умножением частоты. *Комбинационные* излучения возникают в передатчиках, использующих нелинейные преобразования вспомогательных колебаний при формировании сетки рабочих частот. *Паразитные* излучения не связаны с процессами формирования несущего колебания и возникают в частях схемы передатчика, в которых не преднамеренно выполняются условия самовозбуждения. Перечисленные побочные излучения связаны со схемой данного передатчика.

Для систем подвижной радиосвязи большой интерес представляют *интермодуляционные побочные излучения*, возникающие в схеме передатчика при воздействии на нее излучений других передатчиков. Такие «продукты взаимной модуляции» имеют место, когда между одновременно работающими передатчиками имеется связь (например, при работе передатчиков на одну антенну), в результате этого появляются колебания на частотах $\pm m f_1 \pm n f_2$, где $m, n = 1, 2, 3, \dots$ (f_1, f_2 — исходные частоты передатчиков, $m + n$ — порядок интермодуляции). Интермодуляция обусловлена нелинейными эффектами преобразования колеба-

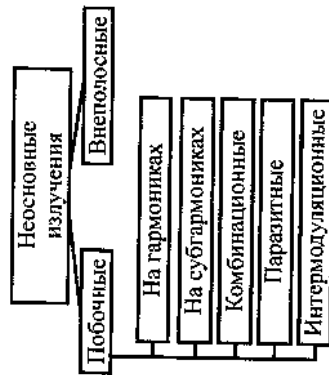


Рис. 1.3. Классификация неосновных излучений

ний двух и более помех в смесителе или в каскадах, предшествующих смесителю.

Внеполосные излучения — излучения на частотах, примыкающих к полосе частот $B_{\text{н}}$, обусловленные процессами модуляций, в том числе и паразитной.

Причинами внеполосных излучений становятся нелинейности трактов, формирующих модулированный сигнал. Средняя мощность любого побочного излучения рассматриваемого передатчика должна быть на 40 дБ ниже средней мощности основного излучения и при этом не превышать 25 мкВт. На рис. 1.4 показано соотношение основного и неосновного излучений. Из графика видно, что чем больше мощность неосновного излучения, тем более жесткие требования предъявляются к побочным излучениям. Поэтому схема передатчика усложняется и имеет больше возможностей подавления побочных излучений.

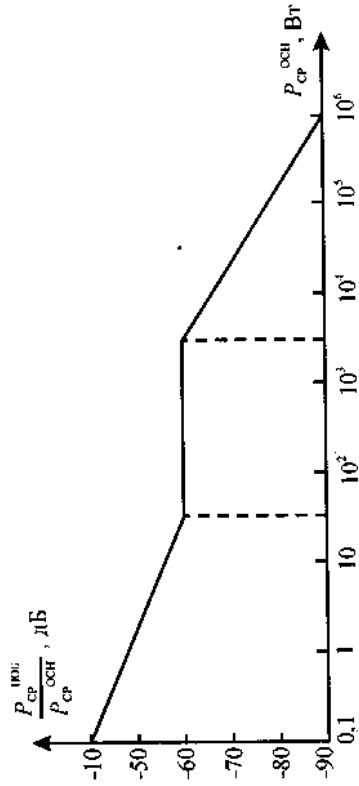


Рис. 1.4. Соотношение основного и неосновного излучений

Прием основного излучения передатчика обеспечивает основной канал приема, имеющий полосу пропускания не менее $B_{\text{н}}$ (см. рис. 1.2). Характеристикой основного канала приема является *чувствительность* приемника, представляющего собой минимальный уровень полезного сигнала на входе приемника, при котором на его выходе достигается заданная мощность. При определении *реальной чувствительности* в качестве такого эффекта выступает отношение сигнал/шум на выходе приемника.

На рис. 1.5 представлена блок-схема измерения чувствительности рассматриваемого приемника, которая содержит следующие приборы:

ГСС — генератор стандартных сигналов, ИН — измеритель напряжения на выходе приемника.



Рис. 1.5. Блок-схема измерения чувствительности приемника

На вход приемника подается *нормальный испытательный сигнал*, который является сигналом на присвоенной частоте канала, модулированный частотой 1000 Гц с девиацией, равной номинальной девиации передатчика ГСС. Уровень этого сигнала увеличивают до значения U_0 , при котором отношение сигнал/шум на выходе тракта звуковых частот приемника составит 20 дБ (напряжение шумов предварительно измеряют при отключенной модуляции в ГСС). Значение U_0 и представляет реальную чувствительность данного конкретного приемника, которая для любого рассматриваемого приемника должна быть не более 1 мкВ. Существует другой метод измерения реальной чувствительности, называемый методом СИНАД, при котором измерение отношения сигнал/шум производится измерителем нелинейных искажений.

Избирательность приемника представляет собой способность выделять полезный сигнал из всего спектра электромагнитных колебаний на его входе. Различают избирательность по амплитуде, форме, времени появления сигнала, пространственную, поляризационную и т. п. Но поскольку в состав приемных устройств, как правило, входят колебательные системы, настроенные на частоту принимаемого сигнала, то прежде всего реализуется частотная избирательность. Характеристика частотной избирательности — это зависимость уровня сигнала на входе радиоприемного устройства от частоты при заданном уровне сигнала (номинальная мощность) на выходе или при заданном отношении сигнал/шум на входе.

Односигнальная (снятая при воздействии одного гармоничного сигнала) частотная характеристика приемника приведена на рис. 1.6, на которой показаны возможные частотные каналы приема сигналов: частота F_0 соответствует настройке приемника, и полоса частот около нее представляет основной канал приема, области частот, прилегающие к частотам основного канала соответствуют частотам соседних каналов; частоты

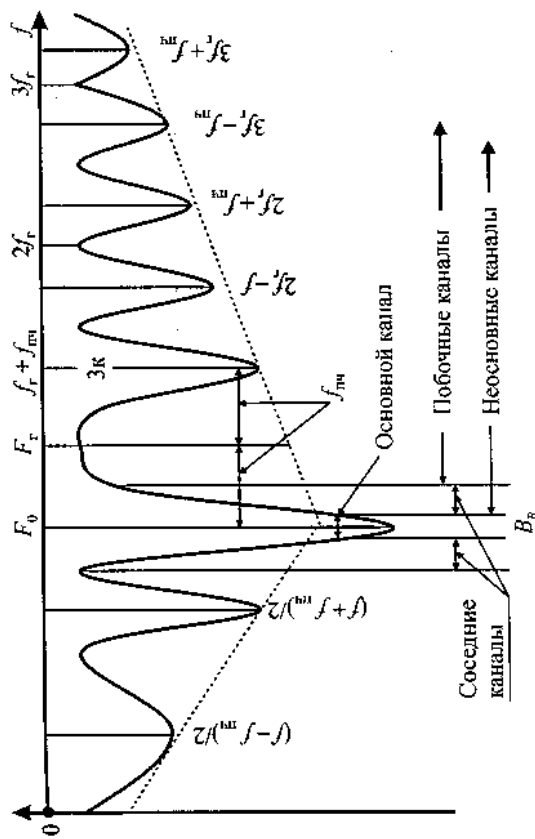


Рис. 1.6. Односигнальная частотная характеристика приема

F_r является частотой гетеродина, на частоте $f_r + f_{пч}$ образуется дополнительный канал приема, так называемый зеркальный (ложный) канал, который совместно с частотой гетеродина также образует промежуточную частоту, на которой происходит дальнейшее усиление принятого сигнала. Дополнительные ложные частотные каналы приема образуются на частотах гармоник гетеродина в сочетании с частотами промежуточной частоты: $mf_r \pm f_{пч}$ (m — произвольное целое число); эти дополнительные (ложные) каналы приема совместно с возможными каналами субгармоник вида $(f_r \pm f_{пч})/2$ создают семейство побочных каналов. Все каналы приема, за исключением основного канала, носят название неосновных каналов.

Из-за недостаточной избирательности приемника, нелинейности его смесителей и усилителей возникают неосновные каналы приема (рис. 1.7).

Побочные каналы приема являются результатом нелинейных процессов взаимодействия мешающего сигнала с колебаниями гетеродина и образуются в смесителях из-за недостаточной избирательности тракта перед смесителем.

Комбинационные каналы являются результатом взаимодействия мешающего сигнала (на частоте f_k) и его гармоник с колебаниями гетеро-

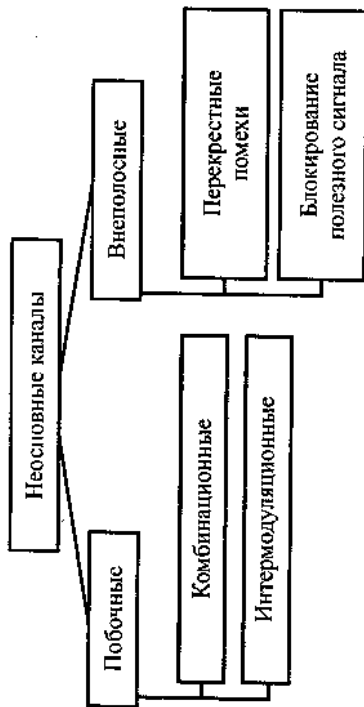


Рис. 1.7. Неосновные каналы приема

дина (на частоте f_p) и его гармоник в соответствии с классическим уравнением комбинационных частот:

$$\pm p f_k \pm q f_r = f_{пч}$$

где $p, q = 1, 2, 3, \dots$

Если при проектировании приемника для выбранных значений f_r и $f_{пч}$ это уравнение будет выполняться для частот мешающего сигнала, то он не будет отфильтрован в тракте промежуточной частоты. Наиболее часто рассматриваются «зеркальный» ($p = q = 1$) и «полузержальный» ($p = q = 2$) комбинационные каналы.

Интермодуляционные побочные каналы приема (ИМК) являются результатом взаимодействия нескольких мешающих сигналов и их гармоник с колебанием гетеродина и его гармоник в соответствии с уравнением:

$$\pm n_1 f_{k1} \pm n_2 f_{k2} \pm n_3 f_{k3} \pm \dots \pm q f_r = f_{пч}$$

Если положить $q = 0$, то ИМК будут результатом взаимодействия мешающих сигналов и их гармоник между собой. Параметром, определяющим степень восприимчивости приемника к интермодуляционному воздействию, является его интермодуляционная избирательность, которая для приемников УПП-2 равна 70 дБ, УПП-1 — 50 дБ, РН — 65 дБ. Интермодуляция второго порядка вида $2f_1 - f_2 = f_3$ определяет возможность влияния двух работающих радиостанций на третью.

Правильный выбор частот основного излучения с учетом интермодуляционных излучений особенно необходим при проектировании сетей подвижной связи, в которых РЭС могут в процессе перемещения оказываться в непосредственной близости.

Внеполосные каналы приема являются результатом нелинейных процессов взаимодействия полезного и мешающих сигналов и образуются в УРЧ и УПЧ из-за недостаточной избирательности трактов, им предшествующих; они образуются на частотах, соседних с основным каналом. **Перекрестные помехи** проявляются в приемниках АМ сигналов при одновременном присутствии на входе полезного сигнала и мешающих сигналов, значительно превышающих его по уровню. Для расчета сети приемопередатчиков ЧМ используется **блокирование (забитие)** полезного сигнала, т. е. уменьшение его уровня или полное подавление в результате уменьшения коэффициента усиления приемника на частоте полезного сигнала из-за наличия большого уровня мешающего сигнала, частота которого лежит за пределами полосы пропускания приемника. Блокирование наблюдается при одновременном воздействии на вход приемника полезного сигнала и интенсивной помехи. При отсутствии полезного сигнала приема помеха не проявляется.

Параметром, определяющим степень восприимчивости приемника по блокированию, является его избирательность по соседнему каналу, измеряемая двухсигнальным методом. Для приемников стационарных и возмых радиостанций «Гранспорт» она равна 75 дБ, для ЖРУ и носимых РН — 70 дБ.

Увеличение частотного разнеса между полезным и мешающим сигналами ведет к повышению защищенности приемника от мешающего сигнала. Увеличение полезного сигнала на входе приемника также повышает защищенность приемника от помех. При увеличении уровня полезного сигнала на входе приемника от 0 до 20 дБ/мкВ (от 1 до 10 мкВ) защищенность приемников от мешающего сигнала возрастает на такое же значение. При дальнейшем увеличении полезного сигнала защищенность растет не столь значительно. В правильно рассчитанных радиостанциях полезный сигнал на входе радиосредств должен быть не менее заданного для данного вида тяги.

При наличии мешающих сигналов большого уровня не может использоваться односигнальный метод оценки избирательности, когда измеряется затухание на частотах в полосе непрозрачности. В этом случае используется двухсигнальный метод оценки избирательности, который характеризует способность приемника выделять полезный сигнал на фоне мешающих, уровни которых настолько велики, что приводят к нелинейным процессам взаимодействия при одновременности действия полезного и мешающего сигналов.

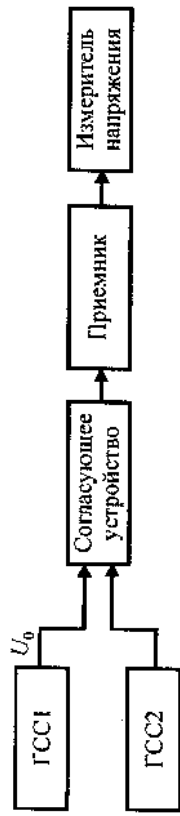


Рис. 1.8. Двухсигнальная схема измерений приемника

Двухсигнальная избирательность по соседнему каналу измеряется для рассматриваемого приемника по схеме, приведенной на рис. 1.8.

На вход приемника от генератора ГСС1 подается нормальный испытательный сигнал. Уровень его увеличивается до значения U_0 , при котором отношение сигнал/шум составит 12 дБ (напряжение шумов на выходе предварительно измеряют при отключенной модуляции в ГСС1). Затем, не снимая сигнала от ГСС1, подают сигналы от ГСС2 на частоте соседнего (± 50 кГц) канала (модулированный сигнал колебанием с частотой 400 Гц с девиацией, равной номинальной девиации передатчика). Уровень этого сигнала увеличивают до значения U_1 , при котором отношение сигнал/шум на выходе приемника снижается до значения 6 дБ (начало блокирования полезного сигнала). После этого измерения повторяют для сигнала от ГСС2 на частоте соседнего (± 50 кГц) канала, фиксируя при этом значение U_2 уровня входного сигнала, при котором начинается блокирование. Меньшее из двух отношений U_1/U_0 и U_2/U_0 , выраженное в дБ, представляет значение двухсигнальной избирательности по соседнему каналу для конкретной схемы приемника. Это значение для любого рассматриваемого приемника должно быть не менее 70 дБ.

Процедура измерения двухсигнальной избирательности моделирует воздействие мешающей радиостанции на частоте соседнего канала. Если ее передатчик создает на входе приемника уровень 3 мВ (70 дБ по отношению к 1 мкВ чувствительности), то связь на основной частоте прерывается. Оказалось, что при мощности передатчика 8 Вт нельзя работать в радиусе 300 м на соседних частотах.

Оценкой возможности приемника ослабить мешающее воздействие по интермодуляционным каналам приема является *трехсигнальная (интермодуляционная) избирательность* по соседним каналам. Схема измерения представлена на рис. 1.9. На вход приемника от ГСС1 подается нормальный испытательный сигнал. Уровень его увеличивают до значе-

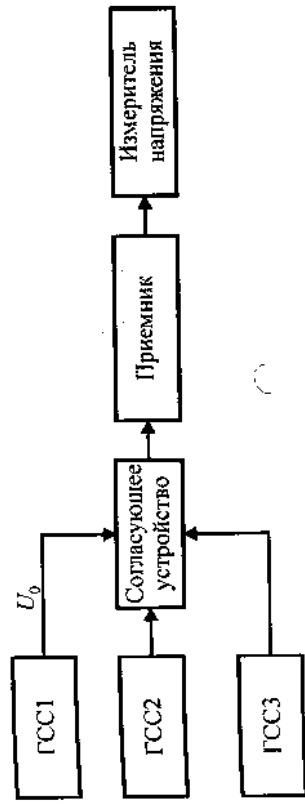


Рис. 1.9. Трехсигнальная схема измерений приемника

ния U_0 , при котором отношение сигнал/шум составит 12 дБ (напряжение шумов на выходе предварительно измеряют при отключенной модуляции в ГСС1). Затем, не снимая сигнала от ГСС1, подают сигналы от ГСС2 и ГСС3 на частотах соседних каналов (+ 50 и + 100 кГц соответственно). Сигнал от генератора ГСС2 модулирован колебанием с частотой 400 Гц с девиацией, равной номинальной девиации передатчика, а сигнал от генератора ГСС3 подается немодулированным. Поддерживая уровень сигналов от ГСС2 и ГСС3 одинаковыми, их увеличивают до значения U_1 , при котором отношение сигнал/шум на выходе приемника снижается до значения 6 дБ (начало блокирования полезного сигнала). После этого измерения повторяют для сигналов от ГСС2 и ГСС3 на частотах соседних каналов (- 50 и - 100 кГц соответственно), фиксируя при этом значение U_2 уровня входных сигналов, при котором начинается блокирование. Меньшее из двух отношений U_1/U_0 и U_2/U_0 , выраженное в дБ, представляет значение трехсигнальной избирательности по соседнему каналу для конкретной схемы приемника. Это значение для любого рассматриваемого приемника должно быть не менее 50 дБ.

Процедура измерения трехсигнальной избирательности моделирует воздействие мешающих радиостанций на частотах соседних каналов. Если три радиостанции работают на интермодуляционно несовместимых частотах, то при мощности передатчика 8 Вт нельзя одновременно работать в радиусе 2 км. Приведенные выше контрольные значения приношения сигнал/шум на выходе приемника являются пороговыми при оценке качества воспроизведения речи: 6 дБ — граница между неудовлетворительным и удовлетворительным качеством, 12 дБ — между удовлетворительным и хорошим, 20 дБ — между хорошим и отличным.

Одним из способов повышения спектральной эффективности системы подвижной связи является сужение полосы частот, занимаемой радиоканалом. Например, в радиостанциях железнодорожной технологической радиосвязи диапазона 160 МГц с угловой модуляцией разност частот между соседними каналами последовательно уменьшался с 250 до 50, а затем и до 25 кГц. При этом способе происходит ужесточение требований к электрическим параметрам приемопередатчика, а особенно к тем, которые связаны с обеспечением ЭМС. Нормы таких параметров для радиостанций с частотным разнесом 25 кГц между соседними каналами следующие:

- избирательность по соседнему каналу не менее 75 дБ;
- интермодуляционная избирательность не менее 70 дБ;
- избирательность по побочным каналам не менее 80 дБ;
- максимальная девиация не более 5 кГц.

Глава 2

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АППАРАТУРЫ РСПО НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

2.1. Приемопередатчики

Железнодорожные радиостанции содержат приемопередатчики; систему электропитания; антенно-фидерные устройства и устройства согласования с проводным каналом связи.

В отдельном выделенном блоке приемопередатчика размещаются радиопередатчик и радиоприемное устройство. Их конструктивное объединение позволяет при смене диапазона (обычно сменной блока приемопередатчика) и в случае перестройки по частоте одновременно воздействовать на приемную и передающую часть. Вместе с тем в общем корпусе приемник и передатчик разделены экранами и имеют разные системы управления. Особенно это относится к приемопередатчику дуплексных радиостанций, когда приемник и передатчик работают одновременно, в отличие от симплексных радиостанций, в которых приемник и передатчик работают поочередно.

Основные параметры радиостанции определяются техническими характеристиками сменных блоков — унифицированных приемопередатчиков (УПП), которые состоят из радиоприемного и радиопередаточного устройств со схемами контроля и управления.

Радиоприемные устройства. В настоящее время все радиоприемные устройства систем радиосвязи железнодорожного транспорта строятся по единой структурной схеме двойного преобразования частоты (рис. 2.1).

Двойное преобразование частоты явилось компромиссом между избирательностью по «зеркальному» и по соседнему каналам. Значение первой и второй промежуточных частот железнодорожных радиостанций приведены в табл. 2.1.

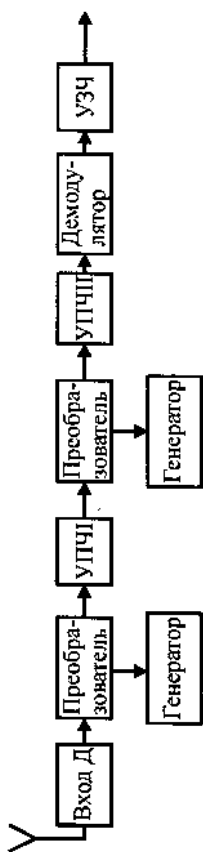


Рис. 2.1. Структурная схема радиоприемника с двойным преобразованием частоты

Таблица 2.1

Значения промежуточных частот

№ п/п	Радиостанция, УПП	Первая промежуточная частота, МГц	Вторая промежуточная частота, МГц
1	УПП-1М (КВ)	10,7	455
2	УПП-2М (МВ)	21,4	455
3	УПП-3 (ДМВ)	21,4	455
4	РС (РВ)-460Д	21,4	455
5	«Motorola» GP-300	21,4	455
6	«Радий»-301	21,4	455
7	«Гранит»	21,4	455
8	PH-12Б	10,7	100

Основная фильтрация сигналов в УПП-1М и УПП-2М осуществляется с помощью кварцевых фильтров с высокой прямоугольностью, обеспечивающих избирательность по соседнему каналу в 60...80 дБ. Первый гетеродин реализуется в синтезаторе частоты, второй — в микросхеме второго преобразователя частоты с использованием кварцевой стабилизации.

Технические параметры радиоприемных устройств представлены в табл. 2.2.

Радиопередающие устройства. Радиопередающие устройства железнодорожных радиостанций в стационарном и возимом вариантах имеют выходную мощность 8...12 Вт. При использовании дополнительного блока УМ-40 имеется возможность повысить выходную мощность до значений 35...45 Вт. Носимые радиостанции имеют выходную мощность 0,5...2 Вт. Во всех радиостанциях железнодорожной радиосвязи применяется фазовая модуляция (частотная модуляция с предкоррекцией +6 дБ/октава в передающей и послекоррекцией -6 дБ/октава в приемнике — класс излучения G3E).

Таблица 2.2

Технические параметры радиоприемных устройств

№ устройства	Радиоприемные устройства		Чувствительность по методу СИНАД, мкВ, не менее	Избирательность по соседнему и побочным каналам, дБ, не менее	Интермодуляционная избирательность, дБ, не менее	Выходная мощность, Вт	Коэффициент нелинейных искажений, %	Поперечная чувствительность, мкВ	Тепловая шумовая мощность, мкВ
	УПП-1МВ	УПП-2МВ							
1	УПП-1МВ	УПП-2МВ	5	80	60	3	4	10...12	0,5
2	УПП-1МВ	УПП-3МВ	0,5	80	70	3	5	0,5...2,0	0,5
3	УПП-1МВ	РС(РВ)-460Д	0,8	75	70	3	5	0,8...1,5	0,5
4	УПП-1МВ	PH-12Б	0,5	70	60	0,25	7	0,5	0,5
5	УПП-1МВ	«Motorola» GP-300	0,32	60	70	0,5	5	0,4	0,5
6	УПП-1МВ	«Радий» 301	0,5	70	65	0,25	7	0,5	0,5
7	УПП-1МВ	«Гранит»	0,16	70	60	0,2	7	0,5	0,3

Передатчик радиостанции содержит модулятор, синтезатор, усилитель мощности, рефлектометр.

Модулятор передатчика обеспечивает номинальную девиацию частоты, ограничивает уровень девиации, осуществляет предкоррекцию АЧХ для сжатия динамического диапазона входных сигналов, сумматор модулятора блокирует сигнал передатчика при работе на прием, ограничитель устраняет перемодуляцию сигнала, фильтр 0,3—3 кГц ограничивает полосу частот модулирующего сигнала. При модуляции с симметричного входа (НЧ) сигнал проходит корректор для повышения АЧХ в сторону верхних частот в 6 дБ/октава.

Синтезатор предназначен для получения высокостабильного сигнала возбуждения передатчика (усилитель мощности) и сигнала гетеродина приемника. Синтезатор содержит задающий генератор, схемы управления делителя частоты, согласования сопротивлений и уровней, контроля работы.

Усилитель мощности (УМ) предназначен для усиления сигналов возбуждения (синтезатора) до необходимого уровня выходной мощности, ее снижения при неисправностях антенно-фидерного устройства (АФУ), а также фильтрации высших гармонических составляющих ВЧ сигнала. Усилитель (УМ) состоит из управляемого делителя ВЧ мощности, предварительного и выходного каскадов усиления.

Предварительный усилитель с аттенуатором служит для регулирования выходной мощности и поддержания ее в заданных пределах по цепи автоматической регулировки мощности (АРМ) и защиты выхода выходного каскада передатчика от короткого замыкания или холостого хода. Напряжение возбуждения поступает от синтезатора частоты. В усилителе, как правило, выделяется первый каскад для проведения мощностных регулировок передатчика. Выходные каскады раньше строились в двухтактном режиме на лампах (приемопередатчик 57-РТМ) или транзисторах (приемопередатчик 66-РТМ), теперь применяются мощные транзисторы, позволяющие в одном каскаде реализовать мощность 10—12 Вт. Это, например, в УПП-1МВ — транзистор КА920В аА0.336.059ТУ, УПП-2МВ — микросборка М52104-2, радиостанции РВ-1.1М в КВ передатнике — транзистор КТ966А аА0.336.518ТУ, в УКВ передатнике — транзистор КТ960А аА0339.157ТУ.

Рефлектометр предназначен для формирования сигналов исправности передатчика и антенно-фидерного устройства (АФУ); напряжения управления аттенуатором передатчика и напряжения управления в схе-

ме АРМ; электронной коммутации ВЧ входа приемника и ВЧ выхода передатчика на общий ВЧ выход приемопередатчика.

Антенно-согласующее устройство (АСУ) предназначено для согласования антенны с выходным каскадом. Антенна чаще всего настраивается на активную нагрузку в 50 Ом (75 Ом), выходное сопротивление каскада составляет сотни ом, для полной отдачи мощности необходимо равенство сопротивлений источника и нагрузки. Эта проблема решается фильтровым трансформатором сопротивлений. Заодно эта система согласований сопротивлений осуществляет фильтрацию выходного напряжения удаляя в основном, старшие гармоники выходного сигнала.

Устройство управления радиопередатчиком устройством осуществляет контроль над параметрами передатчика и управляет ими. Непосредственное включение передатчика на передачу может повредить элементы передатчика вследствие появления значительных переходных напряжений мощных цепей. Поэтому стремятся уменьшить переходные процессы переключений в этих цепях и включение питания мощного усилителя производят изменением питания маломощных предварительных каскадов, изменяя их коллекторное питание (УПП-1М, УПП-3) или снятием возбуждения посредством запаривания их предварительных каскадов (УПП-2М, ППК РВ-1.1М). Управление изменением мощности (снижением) производят смещением рабочей точки первого каскада (УПП-2М, ППУ РВ-1.1М), предварительно изменяя (уменьшая) напряжение раскочки. Одновременно в этих цепях измеряется часть выходного напряжения и сравнивается с эталоном. В случае незначительного отклонения выходного напряжения часть его по цепи обратной связи изменяет напряжение раскочки в обратную сторону (отрицательная обратная связь), добиваясь значения номинала, которое сравнивается со стандартным значением, задаваемым стабилизатором по постоянному току. В случае уменьшения мощности передатчика вдвое (-3 дБ) относительно номинального режима схема контроля уровня передатчика выдает сигнал над «Авария передатчика» и отключает питание и возбуждение передатчика до устранения возможных неисправностей. Отдельная схема контролирует согласование передатчика с антенной. Эта схема основана на оценке фидерной связи источника с нагрузкой. Известно, что максимальная мощность передается фидером, оба конца которого имеют одинаковую нагрузку. С помощью фильтра передатчика такая нагрузка устанавливается в 50 Ом. Такую же нагрузку имеет и антенная система. При этом в фидере, соединяющем передатчик и антенну, устанавливается

режим «бегущей волны», когда волна напряжения совпадает по фазе с волной тока. В случае несогласования нагрузки на конце фидера часть энергии отразится от конца фидера в сторону генератора. Суммированные падающей и отраженной волны приводит к понятию стоячей волны в фидере. Соотношение между током и напряжением на любом участке фидера меняется, и его волновое сопротивление из активного становится реактивным, т. е. индуктивным или емкостным, фаза сигналов напряжения и токов не будут совпадать, что является признаком рассогласования антенны. Если измерить фазовым детектором степень рассогласования, то можно определить коэффициент стоячей волны (КСВ). При величине коэффициента КСВ > 3 образуется сигнал «Авария антенны».

Основные параметры радиостанции определяются техническими характеристиками сменных блоков унифицированных приемопередатчиков УПП, которые приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Основные параметры приемопередатчиков

№ п/п	Параметры приемопередатчиков	УПП-1М	УПП-2М
1	Рабочая частота, МГц	2,130... 2,150	151,725... 156,000
2	Разнос частот между соседними каналами, кГц	—	25
3	Мощность несущей частоты, Вт	8...14	8...15
4	Максимальная девиация частоты, кГц	2,5	5,0
5	Коэффициент нелинейных искажений приемопередатчика, %	5,0	4,0
6	Уровень побочных излучений, дБ	-46	-46

Рассмотрим устройство и работу УПП радиостанции РС-46 М в режимах приема (рис. 2.2, вкладка) и передачи сигналов (рис. 2.3, вкладка).

Работа УПП-1МВ в режиме приема. Приемопередатчик предназначен для организации радиосвязи в режиме одночастотного симплекса в составе стационарных радиостанций, используемых в линиях поездной и ремонтно-оперативной связи в диапазоне гектометровых волн на частотах 2130 и 2150 кГц. Приемопередатчик представляет собой конструктивно законченный блок, в котором размещены платы приемника

и передатчика, преобразователя и кросс-плата. Приемник выполнен по супергетеродинной схеме с двойным преобразованием частоты (см. рис. 2.2).

Высокочастотный сигнал с антенны поступает в антенно-согласующее устройство, где осуществляется согласование антенны с входным сопротивлением приемника 50 Ом (контакт 4 разъема Х1). Через антенный коммутатор, переключающий вход антенны к приемнику или к передатчику сигнал поступает на входной аттенуатор, изменяющий чувствительность приемника ступенями 0, 10, 20, 30, 40 дБ. Переключение осуществляется при помощи галетным переключателем S1. На выходе аттенуатора включен полосовой фильтр С1, С2, L1, С4, L2, С5, С6. Диоды V5, V6 предназначены для ограничения сильных сигналов. С выхода фильтра сигнал подается на усилитель, собранный на транзисторе V7, и далее, через эмиттерный повторитель V8 и фильтр ФНЧ, на смеситель D1. Фильтр ФНЧ, собранный на элементах L4, С14 служит для уменьшения проникновения в тракт ВЧ напряжения гетеродина. Напряжение гетеродина частотой 12,830 или 12,850 МГц подается на вывод 3 микросхемы D1. С вывода 10 снимается сигнал первой промежуточной частоты 10,7 МГц.

Сигнал 10,7 МГц поступает на усилитель на транзисторе V9. В стоке этого транзистора включен диод V10. Он служит для закрытия тракта по команде от подавателя импульсных помех. Усиленный сигнал подается на кварцевый фильтр Z1, обеспечивающий основную избирательность по соседнему каналу. Элементы L6, R25, С19 и L7, R27, С20, С30 служат для согласования кварцевого фильтра по входу и выходу. С выхода фильтра сигнал 10,7 МГц поступает на микросхему D2. Диоды V13, V14 служат для защиты D2 от сильных сигналов.

Микросхема D2 осуществляет преобразование сигнала 10,7 МГц во вторую промежуточную частоту 455 кГц, усиление и частотное детектирование, а также формирование постоянного напряжения, пропорционального входному сигналу по логарифмическому закону. К выводу 1 микросхемы D2 подключен кварцевый резонатор Z3, который служит для задания частоты внутреннего гетеродина. Точное значение частоты устанавливается с помощью индуктивности L8. Сигнал второй промежуточной частоты выделяется кварцевым фильтром Z2, усиливается и детектируется. Фазосдвигающий контур L9, С24 служит для установки нуля частотного дискриминатора. С вывода 9 микросхемы D2 через ФНЧ с элементами R32, С34 и ФВЧ с элементами С35, R34 поступает в тракт НЧ, собранный на микросхемах D7.1, D7.2, D8.1.

Усиленный микросхемой D7.1 сигнал поступает на активный фильтр ФНЧ, собранный на микросхеме D7.2. Элементы R83, R85, C79, C80 определяют частотные параметры фильтра ФНЧ. С выхода D7.2 сигнал идет на несимметричный выход приемника «НЧ ПРМ н/с» (контакт 22 разъема X1) и на оконечный усилитель D8.1, который выполняет также функцию частотного корректора, обеспечивая необходимую полосу рекции 6 дБ/октава. Параметры частотного корректора определяются номиналами C82, R88, R89. С выхода микросхемы D8.1 сигнал звуковой частоты через трансформатор T1 поступает на симметричный выход приемника «НЧ ПРМ с» (контакты 20, 21 разъема X1), а через цепь R91, C88 — на схему формирования сигнала исправности приемника, собранную на микросхеме D3.2.

Первый гетеродин представляет собой автогенератор на транзисторе V27 по схеме емкостной трехточки, динамической нагрузкой которого является транзистор V28. Конденсаторы C65, C66, C69, C70 являются элементами трехточки. Кварцевые резонаторы Z4, Z5 обеспечивают номинал частоты генератора и ее стабилизацию. Конденсаторы C62, C63 корректируют частоту генерации. Кварцевые резонаторы переключаются по команде «Канал 2» с контакта 25 разъема X1 при помощи коммутатора на p-i-n диодах V24, V25 и транзисторного ключа V23.

Автогенератор нагружен на усилитель, выполненный на транзисторе V29 с резонансным контуром в коллекторе L12, C72, C73. С части контура, определяемой емкостным делителем C72, C73, сигнал гетеродина подается на смеситель D1.

Подавитель импульсных помех ПИП собран на микросхемах D4, D5. Входной сигнал с тракта ВЧ поступает на вывод 1 микросхемы D4, которая работает как регулируемый усилитель, в нагрузку которого включен резонансный контур L11, C54. С контура сигнал поступает на амплитудный детектор V21, C55, R56. Пролетктированное напряжение подается на усилитель постоянного тока УПТ АРУ, собранный на микросхеме D5.2. Коэффициент усиления УПТ определяется резисторами R62, R64, R65. Порог АРУ устанавливается переменным резистором R65. Напряжение АРУ через диод V22 и ФНЧ с элементами R54, C50 подается на вывод 9 микросхемы D4.

Продетектированное напряжение подается также на одновибратор, собранный на микросхеме D5.1. При отсутствии импульсной помехи напряжение на выводе 2 этой микросхемы меньше, чем на выводе 1 и одновибратор не работает. При воздействии импульсной помехи за счет

ее сглаживания цепью R57, C56 схема АРУ не успевает сработать. Напряжение на выводе 2 микросхемы D5.1 превышает напряжение на выводе 1, и одновибратор вырабатывает импульс заданной длительности. Длительность импульса определяется резисторами R58, R61 и конденсатором C57. Импульс одновибратора открывает p-i-n диод V10, обеспечивая закрытие приемного тракта на время действия импульсной помехи.

Включение ПИП (прерывателя импульсной помехи) осуществляется путем подачи напряжения на микросхемы D4, D5 с контакта 8 разъема X1. Отключение ПИП происходит путем снятия этого напряжения. Подаватель шумов ПШ собран на микросхемах D10—D12. Шумовое напряжение, увеличивающееся при отсутствии сигнала, снимается с вывода 11 микросхемы D2. Элементы C32, R30, C33, C103, R116 образуют фильтр ФВЧ, вырезающий из суммарного низкочастотного сигнала шумовую составляющую. Напряжение шумов усиливается усилителем D10.1 и поступает на компаратор D10.2. Порог компаратора, определяемый резисторами R122, R124, R132, выбирается таким образом, чтобы при определенной интенсивности шумов на выходе компаратора формировались шумовые импульсы. Эти импульсы преобразуются в однополярные с помощью цепи V38, R125 и поступают на счетчик D11 с коэффициентом деления 32. Если за время 8,5 мс, определяемое генератором D12.2, на выход счетчика поступит 32 и более шумовых импульсов, триггер D12.1 сформирует на выходе (вывод 2) «логический 0», который через цепь R128, V16, R35, R36 поступит на вывод 12 микросхемы D2, и приемный тракт закроется. Одновременно выходной сигнал триггера D12.1 является сигналом обнаружения и поступает на контакт 11 «СО» разъема X1 («логическая 1» при наличии полезного сигнала на входе приемника).

Генератор, собранный на микросхеме D12.2, определяет время счета и опроса состояния счетчика D11. Через 8,5 мс (время счета) с генератора на счетный вход триггера D12.1 приходит импульс опроса длительностью 0,8 мс. Далее этот же импульс, задержанный цепью R127, C98, приходит на вход сброса счетчика D11. Счетчик D11 возвращается в исходное состояние, и рабочий цикл повторяется.

Работа подавателя шумов может быть прекращена подачей команды «ОТКЛ. ПШ» на контакт 6 разъема X1 в виде уровня «логическая 1». Эта команда через диод V17 проходит на контакт 12 микросхемы D2 и блокирует работу подавателя шумов. Схема на элементе D9.2 и транзи-

сторы V33 обеспечивает сброс генератора на триггере D12.2 в случае неопределенного состояния триггера.

Постоянное напряжение, пропорциональное входному сигналу по логарифмическому закону, снимается с вывода 13 микросхемы D2, проходит через эмиттерный повторитель V32 и через резистор R98 поступает на вход сумматора, собранного на микросхеме D8.2. Для уверенной работы формирователя в режиме малых сигналов на вход сумматора поступает также напряжение шумов, протектированное цепью C94, V36, V37, C96. Подстроечным резистором R93 устанавливается напряжение регистрации, соответствующее максимальному входному сигналу 5 мкВ (уровень чувствительности). Подстроечным резистором R94 устанавливается напряжение регистрации, соответствующее максимальному напряжению входного сигнала 500 мкВ. С выхода сумматора напряжение регистрации подается на контакт 10 разъема X1 «Напр. регистр».

Работа приемника в режимах дежурного приема и контроля (см. рис. 2.2). В режиме контроля на контакт 15 разъема X1 приходит команда в виде уровня «логическая 1». Эта команда открывает ключи V34, V35 и закрывает ключ D9.3, вследствие чего открывается также ключ D9.1. Напряжение питания «+13 В контр.» подается на микросхемы D3, D6. Генератор, собранный на микросхеме D6.1, начинает вырабатывать сигнал в виде меандра частотой 400 Гц. Этот меандр подается на генератор шума V2, а также на контакт 23 разъема X1 «Сигн. контр.», откуда идет на плату передатчика для проверки исправности модулятора. Шумовое напряжение генератора шума через конденсатор C3 и p-i-n диод V1 поступает в радиотракт, проходит по нему и образует на выводе 13 микросхемы D2 соответствующее его интенсивности регистрирующее напряжение, модулированное по амплитуде меандром. Для его нормирования в режиме контроля приемный тракт охватывается цепью АРУ, которая включает в себя усилитель D3.1 и элемент регулирования транзистор V9. Задержка АРУ выставляется подстроечным резистором R38.

Промодулированное регистрационное напряжение через эмиттерный повторитель V32 и ключ D9.1 поступает в тракт НЧ (на микросхему D7.1), усиливается в нем и по цепи R91, C88 поступает на пороговый выпрямитель D3.2. Этот выпрямитель при достаточном уровне сигнала формирует через триггер D6.2 сигнал исправности «Испр. ПРМ», который подается на контакт 12 разъема X1.

Работа УПП-1 МВ в режиме передачи (см. рис. 2.3). Сигнал звуковой частоты с симметричного входа (контакты 27, 28 разъема X1) поступает на первичную обмотку трансформатора Т1. Со вторичной обмотки через корректор АЧХ в +3 дБ/октава (R6, R7, C1) сигнал поступает на вход усилителя D1.1, коэффициент усиления которого определяется резисторами R10, R12. Для поддержания девиации частоты в заданных пределах при разных уровнях входного сигнала усилитель D1.1 охвачен цепью АРУ на полевом транзисторе V3. Порог срабатывания АРУ задается на базе транзистора V5 делителем R17, R18 от источника напряжения 12 В. Напряжение на эмиттере транзистора V5 стабилизировано делителем R15, V4.

При сигналах, меньших порога срабатывания АРУ, конденсатор C2 заряжается через делитель R13, R14, определяющий время восстановления АРУ и задающий уровень напряжения на затворе транзистора V3. При этом сопротивление сток-исток транзистора V3 увеличивается, и сигнал без ослабления поступает на вход усилителя D1.1. При превышении сигналом порога срабатывания АРУ транзистор V5 открывается и разряжает конденсатор C2, уменьшая напряжение на затворе транзистора V3, вследствие этого уменьшается сопротивление перехода сток-исток и сигнал с делителя R8, R11, сток-исток транзистора V3 поступает на вход усилителя D1.1 ослабленным. Резисторы R9, R11 определяют максимальный и минимальный коэффициенты деления сигнала на входе усилителя D1.1. При подаче команды «Блокир. модул.» сигнал «логический 0» с контакта 19 разъема X1 поступает на затвор транзистора V2, сопротивление сток-исток уменьшается, шунтируя сигнал на входе усилителя D1.1.

С выхода усилителя D1.1 сигнал через фильтр ВЧ с элементами C3, R20 поступает на суммирующий усилитель D1.2. На этот же усилитель через резистор R16 поступает сигнал с входа «НЧ ПРД н/с» (контакт 20 разъема X1) и через резистор R21 сигнал «Вход ПГ» (контакт 21 разъема X1).

Для ограничения пиков модуляции на уровне максимальной девиации частоты в схеме предусмотрен двухсторонний ограничитель V6, V7. Резисторы R23, R24, R26 задают рабочий режим ограничителя, конденсатор C4 является разделительным. С выхода усилителя сигнал поступает на активный полосовой фильтр D2.1, частотную характеристику которого задают элементы C6, R27, C9, R28. Далее сигнал поступает на активный фильтр ФНЧ D2.2, частотная характеристика которого опре-

деляется элементами R29, R30, R31, R32, C10, C11. С выхода ФНЧ через разделительный конденсатор C12 и переменный резистор R33 сигнал поступает на вход синтезатора. Одновременно с этим с контакта 23 разьема X1 через диод V1 и резистор R1 сигнал контроля поступает на симметричный вход модулятора. С выхода модулятора сигнал контроля через резистор R34 подается на вход компаратора D3, порог срабатывания которого задается резисторами R35, R37. При нормальной работе модулятора сигнал на входе компаратора превышает заданный порог, и на выходе формируется уровень 9—14 В. Цель с элементами R38, C15 фильтрует переменную составляющую на выходе. Резисторы R34, R36 задают гистерезис переключения компаратора. Диод V8 отсекает отрицательную составляющую на выходе.

Синтезатор формирует сигнал с частотой 2130 кГц — первый канал и 2150 кГц — второй канал. Синтезатор состоит из генератора, управляемого напряжением (ГУН), синтезатора частоты БИС D7, опорного генератора на кварцевом резонаторе Z1 с элементами настройки C23—C25, делителя частоты на 64, резонансного выходного усилителя V17, периферийного интерфейсного контроллера D6, ключа питания V15, стабилизатора напряжения D4, D5.

ГУН собран на биполярном транзисторе V11 по схеме емкостной трехточки. Транзистор включен по схеме с общей базой. Колебательная система генератора в виде параллельного колебательного контура состоит из катушки индуктивности L1, конденсаторов C33—C35 и варикапной матрицы V10. С целью увеличения добротности колебательной системы использовано неполное включение варикапов в контур. Выходной сигнал генератора через разделительный конденсатор C37 поступает на буферный усилитель, который собран на транзисторе V12 по схеме с общим эмиттером. Сигнал с выхода буферного усилителя через конденсатор C45 поступает на вход микросхемы D8 делителя частоты на 64, а через конденсатор C22 на вход микросхемы D7 БИС синтезатора частоты. В состав БИС D7 входят входной усилитель — ограничитель, высокочастотный делитель с переключаемым коэффициентом деления 31/32, делитель частоты с переменным коэффициентом деления (ДПКД), генератор опорной частоты, синхронизированный кварцевым резонатором Z1, делитель частоты опорного генератора, частотно-фазовый детектор и приемный буферный регистр для записи кодов коэффициентов деления. Входной высокочастотный сигнал ГУНа, поделенный по частоте делителем 31/32 и ДПКД, поступает на один из входов фазового детек-

тора. На второй его вход поступает высокостабильный сигнал кварцевого генератора, частота которого поделена делителем опорной частоты. Сигнал рассогласования, отфильтрованный резисторами R48, R49, R52, R53 и конденсаторами C28—C30, поступает на вход управления частотой ГУНа и поддерживает ее равной установленной.

При открывании транзистора V15 включаются делитель на 64 на микросхеме D8 и выходной резонансный усилитель V17. Элементы R74—R77, C48, V16 служат для задания рабочей точки транзистора V17 и приближения формы входного сигнала к синусоидальной. Колебательный контур C51, L3 служит для выделения сигналов рабочей частоты и ослабления гармонических составляющих. Управление режимами синтезатора, перестройка рабочей частоты и контроль синхронизаций производятся периферийным контроллером D6. При включении питания и после изменения рабочего канала контроллер в последовательном коде формирует и записывает в БИС синтезатора соответствующие коды настройки. При отсутствии синхронизации в кольце ФАПЧ синтезатора контроллер формирует сигнал отказа синтезатора и запрещает включение выходного делителя и усилителя синтезатора в режиме передачи. Одновременно контроллер пытается повторно настроить синтезатор на рабочую частоту. Микросхемы D4, D5 являются стабилизаторами напряжения, от которых питаются схемы синтезатора.

Усилитель мощности (УМ) состоит из управляемого делителя V4 мощности, предварительного и выходного каскадов усиления.

Далее входной сигнал подается на управляемый делитель усилителя мощности элементами R79, R80, C53, V18, на который через резисторы R81, R82 подается напряжение управления -12 В при исправном АФУ или +12 В при неисправном АФУ. Это напряжение запирает или открывает диод V18, изменяя при этом коэффициент деления делителя от 1 до величины, определяемой соотношением сопротивлений резисторов R79, R80. Конденсатор C55 является фильтрующим, а C53, C54 — разделительными.

С делителя сигнал поступает на вход предварительного каскада, выполненного на транзисторе V19, а через резисторы R83, R84 осуществляется начальное смещение на каскад. Питание V19 осуществляется через фильтрующую цепь L4, C57, R86.

Через разделительный конденсатор C58 и согласующий трансформатор T2 сигнал подается на выходной каскад усилителя мощности, собранный на транзисторе V21. Для повышения устойчивости работы вы-

ходного каскада на рассогласованную нагрузку и устранения паразитных генераций в транзисторе V21 применена отрицательная обратная связь по входному току через резистор R87. Питание каскада осуществляется через элементы С61, С62, L6. Через согласующий трансформатор T3 транзистор V21 нагружен на фильтр, выполненный на элементах С64—С78, L7—L9, который осуществляет фильтрацию гармоник. Для стабилизации уровня выходной мощности при изменении питания или коэффициента КСВ применена схема автоматической регулировки мощности (АРМ), собранная на элементах V20, D10.2, V28. Диод V20 включен последовательно с первичной обмоткой трансформатора T2. Сопротивление диода V20 определяется током, протекающим через него. Изменение тока по цели автоматического регулирования стабилизирует уровень выходной мощности усилителя. Уровень выходной мощности контролирует рефлектометр.

Рефлектометр выполнен на трансформаторе T4, который дает информацию о токе, протекающем в линии передачи. Информации о напряжении в линии передачи снимается через конденсаторы С79, С80 и подается в среднюю точку нагрузочных резисторов R88, R89.

Суммарная информация о токе и напряжении в линии передачи (падающая волна) детектируется диодом V25 и подается на вход компаратора D10.1. На другой вход подается опорное напряжение, формируемое элементами V27, R100, R97 из питающего напряжения 13 В. При достижении выходной мощности $P_{\text{вых}} = 5$ Вт напряжение падающей волны будет равно опорному напряжению, при котором работает компаратор D10.1, и на его выходе (TK8) установится напряжение -12 В, что будет означать исправность передатчика.

Информация о токе и напряжении в линии передачи (отраженная волна) детектируется диодом V24 и поступает на вход компаратора D9. На другие входы компаратора подается напряжение падающей волны, поделенное делителем R92, R95.

При исправности АФУ величина напряжения отраженной волны меньше поделенного напряжения падающей волны и на выходе компаратора D9 присутствует напряжение -12 В, что соответствует исправности АФУ. Одновременно это напряжение поступает на входной аттенуатор передатчика, диод V18 заперт, и все напряжение возбуждения подается на первый каскад передатчика.

В случае рассогласования АФУ (КСВ ≥ 3) величина напряжения отраженной волны превышает поделенное напряжение падающей волны,

и на выходе D9 управляющее напряжение меняет полярность с минуса на плюс. Диод V18 аттенуатора передатчика открывается и шунтирует напряжение раскочки, в результате чего устраняется опасность выхода из строя транзистора V21 выходного каскада при обрыве или коротком замыкании в АФУ.

Для стабилизации уровня выходной мощности при изменении напряжения питания или коэффициента КСВ применена схема автоматической регулировки мощности, собранная на элементах D10.2, V28.

На операционном усилителе D10.2 выполнен компаратор, на один вход которого подается напряжение падающей волны, а на другой — опорное напряжение с резистора R98. Усилитель собран на транзисторе V28 постоянного тока. При увеличении выходной мощности ток транзистора V28 падает и снижает уровень выходной мощности, при уменьшении — увеличивает.

Работа антенного коммутатора происходит следующим образом. При приеме ВЧ сигнал через конденсатор С82, открытый диод V26, конденсатор С86 подается на вход приемника. Усилитель мощности, подключенный к ВЧ выходу приемопередатчика, через диоды V22, V23 оказывается отключенным от входа приемника, поскольку при малых сигналах диоды представляют большое сопротивление.

Диод V26 открыт током, протекающим через резисторы R91, R119, транзистор V37, дроссель L11. Транзистор V37 открыт сигналом «логический 0» с элемента D12.5. Кроме того, уровень «логическая 1» на выходе элемента D12.3 запирает транзистор V35, через который подается смещение на первый каскад усилителя мощности.

В режиме передачи элемент D12.5 переключается в противоположное состояние, транзистор V37 запирается. При этом напряжение -60 В через резисторы R118, R119, R91 оказывается приложенным к аноду диода V26, который остается запертым даже при наличии на нем сигнала передатчика.

На выходе элемента D12.4 также появляется сигнал с уровнем «логическая 1», который через диод V31 включает синтезатор и, проинвертированный элементом D12.3, открывает транзистор V35. Диоды V22, V23 при больших уровнях сигналов представляют малое сопротивление, и ВЧ мощность проходит в антенну.

Элементы V32, R114, С91 осуществляют задержку включения синтезатора УМ, необходимую для записи диода V26. Аналогично элементы V33, R115, С92 задерживают переключение диода V26 на

время спадаания уровня выходной мощности при переходе с передачи на прием.

Переход в режим передачи может осуществляться при подаче напряжения высокого уровня на контакт 26 разьема X1; напряжения низкого уровня на ВЧ выход приемопередатчика (контакт 6 разьема X1). При переходе в передачу при подаче управляющего напряжения на контакт 26, напряжение подается на вход 8 элемента D11.4. На другой его вход 9 поступает управляющий сигнал с инвертора D12.1 при включении передатчика по антенной цепи. С выхода D11.4 команда поступает через инверторы D11.3, D12.3 на схему задержки и коммутации, описанную выше.

На элементах V29, V30, D11.1 выполнена схема формирования сигнала исправности передатчика, который появляется на выходе D11.1 при наличии сигнала исправности усилителя (сигнал поступает с выхода D9 через V29). Кроме того, сигнал исправности АФУ через делитель R106, R107 отдельно поступает на общий разъем (контакт 10 разьема X1).

Питающее напряжение поступает через входной фильтр (конденсаторы C2, C3, C7, C9 и дроссель L2) на силовую часть преобразователя, которая включает в себя транзисторы V6, V7, диоды V3—V5, дроссель L1, резистор R4 и трансформатор T1. Силовая часть запускается генератором импульсов, состоящим из транзистора V1, зарядной цепи R1, C1 ограничительных резисторов R2, R3 и разделительного диода V2. Рабочая частота преобразователя составляет 12—17,5 кГц. Выходное напряжение 5 В формирует линейный стабилизатор напряжения, выполненный на микросхеме D1. Напряжение -12 В формирует линейный стабилизатор напряжения, выполненный на микросхеме D2. Выпрямитель входного напряжения для микросхемы D2 выполнен на диодах V8—V11. Конденсаторы C4, C8, C10 являются фильтрующими. Цепь питания -60 В содержит выпрямительный мост на диодах V12—V15, нагрузочный резистор R5 и выходной П-образный фильтр на элементах C5, R6, C6.

Устройство и работа УПП-2 МВ (рис. 2.4, вкладка). Приемопередатчик УПП-2 МВ предназначен для организации радиосвязи в режиме одно и двухчастотного симплекса в составе стационарных радиостанций, используемых в линиях поездной и ремонтно-оперативной связи на железнодорожном транспорте.

Примечание. Он выполнен по супергетеродинной схеме с двойным преобразованием частоты сигнала. Высокочастотный сигнал с антенны через антенный коммутатор поступает на усилитель высокой частоты (УВЧ). УВЧ выполнен по двухкаскадной схеме с тремя двухконтурными

фильтрами, обеспечивающими избирательность по зеркальному и другим комбинационным каналам приема.

Усиленный высокочастотный сигнал поступает на вход смесителя, на другой вход которого с платы синтезатора приходит напряжение гетеродина. В смесителе сигнал преобразуется в первую промежуточную частоту 21,4 МГц. С выхода смесителя сигнал поступает на усилитель первой промежуточной частоты (УПЧ). На входе и выходе УПЧ включены полосовые фильтры. Они обеспечивают увеличение избирательности по соседнему каналу, а также задержку сигнала, необходимую для его обработки в подавителе импульсных помех (ПИП). Далее сигнал проходит через кварцевый фильтр, обеспечивающий основную избирательность по соседнему каналу.

Прохождение сигнала через УПЧ может быть прервано под воздействием блокирующего импульса, поступающего от ПИП. Усиленный в УПЧ сигнал поступает на вход многофункциональной схемы, где он преобразуется во вторую промежуточную частоту 455 кГц, усиливается и детектируется. Далее низкочастотный сигнал идет в тракт НЧ. В нем он усиливается и проходит через активный фильтр нижних частот, который формирует необходимую рабочую полосу частот 300...3400 Гц. С выхода ФНЧ сигнал поступает на несимметричный вход приемника, а также на корректор АЧХ, обеспечивающий поскоррекцию сигнала (завал в сторону верхних частот 6 дБ/октава), и далее через симметрирующий трансформатор — на симметричный НЧ выход приемника. С выхода корректора сигнал НЧ идет также на схему сравнения, которая в режиме контроля формирует сигнал исправности приемника. Для устранения щелчков и прерываний в условиях воздействия импульсных помех в приемнике имеется устройство для их подавления. Оно представляет собой самостоятельный канал обработки сигнала, включающий усилитель, преобразователь частоты сигнала с детектором и услителем АРУ. Выделение импульсной помехи основано на инерционности работы АРУ. При быстром (скачкообразном) увеличении уровня сигнала АРУ не успевает отреагировать на это изменение, и импульс проходит на выход преобразователя, детектируется и после формирования по амплитуде и длительности поступает в основной приемный тракт, заширая его на время действия импульсной помехи.

Подавитель шума предназначен для защиты оператора от прослушивания шумов в канале связи при отсутствии несущей полезного сигнала. В схеме подавателя шума предусмотрен ряд мер, защищающих его

от ложных срабатываний при воздействии помех или при малом отношении сигнал/шум. Работа подавителя шума основана на подсчете количества импульсов, пропорционально интенсивности шумов, возрастающих при пропадании несущей.

Спектр шумов, используемых для анализа, ограничен снизу частотой, лежащей выше верхней частоты звукового тракта (3400 Гц).

Приемник содержит также тракт формирования напряжения регистрации, пропорционального величине входного сигнала по линейному закону. Этот тракт включает в себя дополнительный усилитель второй промежуточной частоты 455 кГц, активный детектор и сумматор.

На передней панели приемопередатчика размещены органы управления приемником: 1) тумблер включения подавителя шумов ПШ; тумблер включения импульсных помех ПИП; регулятор порога срабатывания ПШ.

Синтезатор. Формирование рабочих частот приемопередатчика осуществляют два синтезатора: синтезатор-гетеродин в режиме приема; синтезатор-возбудитель в режиме передачи. Синтезаторы выполнены по одинаковой схеме на основе кольца ФАПЧ с трактом деления в цепи обратной связи. Генератор ГУН синтезатора-гетеродина вырабатывает синусоидальный сигнал в диапазоне 173,125—177,4 МГц. ГУН синтезатора-возбудителя вырабатывает сигнал в диапазоне частот 151,725—156 МГц. Перестройка ГУН в диапазоне осуществляется изменением управляющего напряжения. Сигнал с выхода ГУН через буферный усилитель поступает на фильтр нижних частот и на вход делителя с переменным коэффициентом деления (ДПКД). Сигнал с тракта деления приходит на один из входов частотно-фазового детектора (ЧФД), на второй вход которого поступает высокостабильный сигнал с делителя опорной частоты (ДОЧ). ЧФД формирует сигнал ошибки, пропорциональный разности фаз входных сигналов. Это напряжение ошибки по цепи ФАПЧ через ФНЧ поступает на управляющий вход ГУН, что приводит к изменению его частоты до требуемого значения, определяемого коэффициентом ДПКД. ЧФД имеет выход сигнала, уровень которого позволяет судить о наличии захвата в цепи ФАПЧ. Этот уровень подается на схему контроля исправности синтезатора. Стабильность частоты синтезаторов определяется стабильностью опорной частоты опорного генератора.

Информация о частоте поступает в регистры синтезаторов по цепям «Данные», «Синхронизация», «Запись». Сигнал «Данные» приходит на оба синтезатора и содержит информацию о частоте в виде 32-разрядно-

го управляющего слова. Управляющее слово адресуется конкретному синтезатору подачей сигнала «Запись 1» или «Запись 2». Проведение сигнала «Данные» в регистре осуществляется сигналом «Синхронизация», при этом последовательный код преобразуется в параллельный. Функции ДОЧ, ЧФД, ДПКД и регистра выполняет многофункциональная микросхема. В качестве опорного генератора используется для обоих синтезаторов высокостабильный генератор «ТОПА3» частотой 10 МГц. В состав синтезатора входит модулятор (МОД), который формирует низкочастотный модулирующий сигнал с заданными параметрами из НЧ звуковых сигналов, поступающих на вход приемопередатчика. В состав модулятора входят: согласующее устройство для симметричного входа НЧС, корректор АЧХ с наклоном 6 дБ/октава, компрессор, производящий сжатие динамического диапазона входных сигналов, сумматор, на который подаются сигналы с компрессора, входа НЧН (несимметричного) или входа ТГ; амплитудный ограничитель, устраняющий перемодуляцию передатчика; фильтр низкой частоты, обеспечивающий полосу спектра 0,3—3,4 кГц, и формирователи сигнала исправности модулятора. Частота среза кольца ФАПЧ синтезатора-возбудителя выбирается ниже самой низкой частоты спектра модулирующего НЧ сигнала (ниже 300 Гц), при этом ФАПЧ не будет реагировать на изменение частоты ГУН под воздействием модулирующего сигнала. Это позволяет использовать ГУН одновременно для формирования рабочих частот и осуществления частотной модуляции.

Усилитель мощности. Высокочастотный ВЧ сигнал с синтезатора-возбудителя поступает на предварительный усилитель мощности, где он усиливается и подается на выходной усилитель мощности. Усиленный ВЧ сигнал проходит через фильтр нижних частот, где происходит подавление высших гармоник сигнала, и далее через ответвитель в коммутатор. В ответвителе-рефлектометре выделяются напряжения, пропорциональные уровням падающей и отраженной волн ВЧ сигнала. Пролетированные напряжения в виде постоянных уровней подаются в формирователь Ф. С выхода формирователя снимается управляющий сигнал, который через фильтр нижних частот и усилитель постоянного тока поступает на предварительный усилитель. В результате работы кольца осуществляется автоматическая регулировка мощности (АРМ) сигнала передатчика. АРМ обеспечивает стабилизацию уровня выходной мощности при изменении КСВ антенно-фидерного тракта или напряжения питания. В формирователе производится сравнение уровней падающей

и отраженной волн, и по результатам сравнения формирования формируются команды исправности или отката антенно-фидерного устройства (АФУ) и передатчика (ПРД). При подаче в формирователь команды «Пониж. мощн.» изменяется потенциал в цепи АРМ, что приводит к дополнительному запариванию предварительного усилителя и, следовательно, к понижению мощности передатчика.

2.2. Устройство низкочастотной части радиостанций

В каждой железнодорожной радиостанции имеется низкочастотная часть, в которой сосредоточены все элементы связи радиостанции с проводным каналом диспетчерского управления и взаимодействия проводного канала и радиоканала. Кроме того, у возмых радиостанций низкочастотные устройства формируют и принимают вызывные сигналы, коммутируют цепи управления и осуществляют усиление низкочастотных сигналов.

Рассмотрим работу соответствующих узлов радиостанции РС-46М (адаптеров связи с двухпроводным каналом АПК-2, четырехпроводным каналом АПК-4, а также адаптера периферийных устройств АПУ).

Адаптер АПК-2. Адаптер АПК-2 (адаптер двухпроводного канала) служит для:

- согласованного или высокоомного подключения параллельно к двухпроводным физическим цепям, которые могут быть кабельными непупинизированными, кабельными пупинизированными или воздушными стальными линиями связи; выбор режима подключения осуществляется оперативно;
- согласования по уровням и сопротивлениям с двухпроводными физическими цепями;
- компенсации затухания и коррекции (выравнивания) амплитудно-частотных искажений двухпроводных физических цепей.

Функциональная схема адаптера АПК-2 приведена на рис. 2.5 (вкладка).

АПК-2 включает в себя тракт передачи ПРД и тракт приема ПРМ двухпроводной линии связи. Тракт передачи в двухпроводную линию состоит из коммутатора D1, регулятора передатчика ПРД, корректора D2, D3, усилителя D9, ключа D8, D11, схемы согласования с линией (ССЛ). Коммутатор D1 выбирает из магистралей аналоговых сигналов (L0, L1, L2, L3, L5, L6, L7, LK) тот сигнал, который необходимо передать в

двухпроводную линию передачи. Выбранный сигнал после коммутатора направляется на регулятор ПРД (R1 «ПРД»), выведенный на лицевую панель адаптера АПК-2. С помощью этого регулятора устанавливается номинальный выходной уровень передачи в двухпроводной линии. Корректор передачи D2, D3 вносит частотную предкоррекцию в частотную характеристику двухпроводной линии. Частотная характеристика корректора имеет линейный наклон в логарифмическом диапазоне частот от 300 до 3400 Гц. С помощью переключателей ПРД, выведенных на лицевую панель адаптера АПК-2, можно изменить наклон частотной характеристики от -3 до +4 дБ/октава через 1 дБ/октава. Частотная характеристика поворачивается относительно частоты 800 Гц. Ключ включает или отключает передающий тракт. Усилитель собран по схеме генератора тока и обладает высоким выходным сопротивлением, обеспечиваемым за счет отрицательной обратной связи по току, сигнал которой снимается с резистора R14. Резистор R15 устраняет самовозбуждение в полосе речевых частот в режиме холостого хода вследствие большого усиления. Ключ D11 подключает (в режиме передачи) или отключает (в режиме приема) схему ССЛ от усилителя. Выходной усилитель в режиме передачи работает на двухпроводную линию через развязывающий высокоомный трансформатор П1. В зависимости от требуемой величины выходного сопротивления для согласования с сопротивлением линии параллельно линейным обмоткам трансформатора подключаются РС, согласующие цепи. Подключение элементов этих цепей осуществляется с помощью переключателей «470», «600», «1400», находящихся на лицевой панели адаптера. В режиме высокоомного подключения к двухпроводной линии эти переключатели находятся в отжатом положении; если при этом подключаются кабельные непупинизированные линии, то переключатель «600» находится в положении «КЛС-отжато». Если же подключаются кабельные пупинизированные и воздушные стальные линии, то этот переключатель находится в положении «ВЛС».

Цель компенсации частот команд «ПРИЕМ» (2227—2295 Гц), передаваемых в двухпроводную линию в режиме передачи, состоит из фазовращателя, усилителя, сумматора. Сигнал со входа усилителя (D9) поступает на усилитель D17, а с выхода D9 через ключ на фазовращатель D18, и в противофазе эти сигналы складываются в сумматоре D19. Полная компенсация на выходе на частоте 2227 Гц достигается точной подстройкой регуляторов «ФАЗА» и «АМПЛ», расположенных на лицевой

вой панели АПК-2. Таким образом, частота на вход приемника тональных сигналов ПТС устройства ПГС не приходит.

Тракт приема из двухпроводной линии состоит из схемы ССЛ, фазовращателя D18, сумматора D19, фильтра ФВЧ D20, D21, корректора D24, D27, регулятора приема ПРМ, усилителя с АРУ D29, D30, полосового фильтра D31, делителя частоты D33, ключа D32. В режиме приема со схемы ССЛ сигнал с двухпроводной линии поступает на фазовращатель D18, не подвергаясь частотным и амплитудным изменениям (изменение фазы сигнала значения не имеет). Затем сигнал проходит через сумматор D19 с коэффициентом, равным единице. В фильтре ФВЧ D20, D21 сигнал очищается от помех с частотами ниже 300 Гц. ФВЧ построен по схеме фильтра высоких частот четвертого порядка. Корректор D24, D27 вносит частотную поспекооррекцию в частотную характеристику двухпроводной линии. Частотная характеристика корректора имеет линейный наклон в логарифмическом диапазоне частот от 300 до 3400 Гц. С помощью переключателей ПРМ, введенных налицевую панель адаптера АПК-2, можно изменить наклон частотной характеристики от -3 до $+4$ дБ/октава через 1 дБ/октава. Частотная характеристика поворачивается относительно частоты 800 Гц. Далее сигнал поступает на регулятор ПРМ (R64 ПРМ), введенный налицевую панель адаптера АПК-2.

С помощью регулятора ПРМ устанавливается номинальный входной уровень приема с двухпроводной линии. С движка регулятора ПРМ сигнал поступает на ключ D28, который подключает или отключает вход АРУ от приемного тракта, т. е. переводит приемный тракт в режим «ВКЛ» или «ВЫКЛ». АРУ D29, D30 состоит из усилителя на микросхеме D29 и схемы АРУ, собранной на микросхеме D30. Схема АРУ состоит из управляемого делителя напряжения, одно плечо которого образует канал сток-исток полевого транзистора, другое — резистор R65. Сопротивление канала транзистора в исходном состоянии велико и уменьшается с увеличением отрицательного потенциала на затворе. Сигнал регулирования поступает с выхода усилителя D29, выпрямляется. Выпрямленное напряжение усиливается транзистором и управляет сопротивлением канала полевого транзистора. Выпрямитель образует детектор со сглаживанием пульсаций, который имеет постоянную времени, сравнимую с самым коротким звуком речи и не оказывает влияния на работу АРУ при поступлении на его вход короткой импульсной помехи (время восстановления АРУ остается малым). При длительности сигнала на

выходе АРУ больше указанной задержки на выходе инвертора D30.2 появляется сигнал «логическая 1» (0 В), в результате чего на входе инвертора D30.2 появится сигнал «логическая 1» (0 В) или «логический 0» (-12 В). В результате время восстановления АРУ увеличивается. В момент окончания действия входного сигнала напряжение на выходе инвертора D30.2 практически мгновенно изменяется на «логический 0» (-12 В). Состояние выходов инвертора D30.2 остается неизменным до тех пор, пока конденсатор С не разрядится до соответствующего порогового уровня микросхемы D30. После этого на выходе инвертора D30.2 напряжение изменяется на «логическую 1» (0 В), уменьшающее время восстановления АРУ. С усилителя АРУ сигнал поступает на полосовой фильтр D31, пропускающий частоты от 300 Гц до 3,4 кГц. Фильтр вынужден на микросхеме D31, реализованной на коммутируемых емкостях с частотой коммутации 288 кГц. Частота коммутации образуется после делителя частоты D33 путем деления частоты 2304 кГц на восемь. Частота 2304 кГц вырабатывается устройством МПК. На элементах D34, D35 реализован стабилизатор, получающий стабильные напряжения ± 5 В, с малым уровнем шума из источников питания с напряжениями ± 12 В. Ключ D32 подключает или отключает линию L4 от приемного тракта, т. е. переводит приемный тракт в режим «ВКЛ» или «ВЫКЛ».

С помощью схемы управления (D12—D15) на коммутатор (плата АПК2.1 D1) устройство МПК посылает цифровой код, управляющий аппаратной частью адаптера АПК-2. Биты D2—D4 задают номер сигнала аналоговой магистрали (L0, L1, L2, L3, L5, L6, L7, LK), который необходимо передать в двухпроводную линию передачи:

D2	D3	D4	Линия L
0	0	0	L7
0	0	1	L5
0	1	0	L3
0	1	1	L2
1	0	0	L0
1	0	1	LK
1	1	0	L6
1	1	1	L1

Бит D0 определяет включение или выключение канала передачи: 0 — включен, 1 — отключен. При этом сигнал бита D0 с регистра D12 управляет включением и выключением ключей KA.

Бит D1 определяет включение или выключение канала приема: 0 — включен, 1 — отключен. При этом сигнал бита D1 с регистра D12 управляет включением и выключением ключей D28, D32).

Бит D6 выбирает линию L7 или выход корректора в тракте приема для подачи его на вход приемника ПТС устройства ПГС: 0 — L7, 1 — выход корректора тракта ПРМ. При этом сигнал бита D6 с регистра D12 управляет переключением коммутатора К (элемент D10). Адрес устройства АПК2:

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
x	x	x	1	x	1	x	x

Обозначение x означает любое состояние адаптера. Запись данных осуществляется в регистр D12 по отрицательному перепаду сигнала LOW устройства МПК.

Конденсаторы С8, С52, С12, С38 и С63 в схеме АПК-2 необходимы для предотвращения высокочастотных возбуждений в каналах передачи и приема. Устройство АПК-2 имеет семь контрольных точек, выведенных на лицевую панель:

ВХОД ПРД — вход передающего тракта;
ВХОД — выход коммутатора аналоговой магистрали (тракт передачи);
ЛИНИЯ — сигнал на внутренней обмотке высокоомного трансформатора;

ВЫХОД ПРМ — выход приемного тракта;

ВЫХОД — выход для настройки цепи компенсации (тракт приема);

ПТС — выход на ПТС (тракт приема).

Адаптер АПК-4. Он обеспечивает согласование по уровням и сопротивлением с четырехпроводными каналами ТЧ. Функциональная схема адаптера АПК-4 приведена на рис. 2.6.

Устройство АПК-4 включает в себя тракт передачи ПРД и тракт приема ПРМ четырехпроводной линии связи. Тракт передачи состоит из аналогового коммутатора D1, регулируемого усилителя D5 и согласующего трансформатора T2. Трансформатор T2 обеспечивает развязку выхода схемы и линии ПРД, а также трансформирует выходное сопротивление канала передачи в сторону линии с коэффициентом трансформации, равным единице.

Тракт приема состоит из трансформатора T1, регулируемого усилителя D7, ключа D9. Трансформатор T1 обеспечивает развязку линии ПРМ

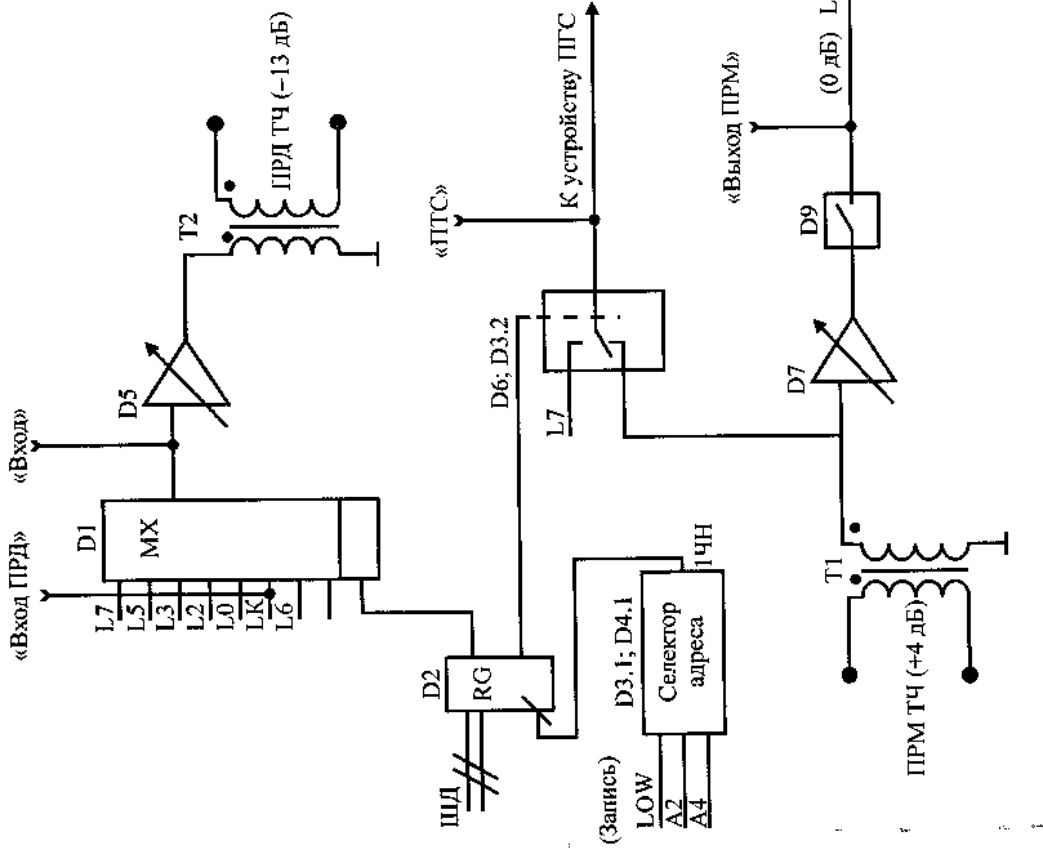


Рис. 2.6. Функциональная схема адаптера АПК-4 РС-46М

и входа схемы, а также трансформирует входное сопротивление канала приема с коэффициентом трансформации, равным единице. Ключ D9 коммутирует линию L4 от приемного тракта. Управление коммутатором D1 производится через регистр D2 (разряды D2—D4). Селектор адреса регистра (ЛЧН) выполнен на элементах D3.1, D4.1. Значения разрядов

или «1», но обязательно в сумме с «1» информационной части они должны дать четное число. В противном случае информационная часть считается принятой с ошибкой и игнорируется. Введение проверки кода на четность существенно повышает достоверность принимаемых команд. Для разделения информационных байтов друг от друга в конце каждого из них передается два стоп-бита, т. е. пауза. Таким образом, передача всей кодовой группы длиной 12 бит занимает 120 мс, что соответствует скорости передачи 100 бит/с или 100 бод.

Усилитель и формирователь частотных предискажений собран на микросхемах (D8 и D14) для ПУС1 и на микросхемах (D9 и D15) для ПУС2. Пройдя через усилитель и формирователь частотных предискажений, НЧ сигнал через аналоговый ключ (D17.1, контакты 3 и 2 для ПУС1 и D17.2, контакты 14 и 15 для ПУС2) и согласующий трансформатор (T1 для ПУС1 и T2 для ПУС2) поступает в линию.

Усиление и вывод речевых сигналов с линии на внутреннюю магистраль станции осуществляется на микросхемах D20, D23 и D22.2 для пульта ПУС1 и на микросхемах D24, D25 и D22.2 для пульта ПУС2. Вывод речевых сигналов с внутренних магистралей радиостанции на трубку МТТ осуществляется с помощью микросхем D18 и D21. Вывод речевых сигналов с внутренних магистралей радиостанции на магнитофон осуществляется с помощью микросхемы (D10). Управление от МПК (коммутация аналоговых ключей) и прием команд с внешней магистральной по линии связи с пультами осуществляется с помощью регистров D11—D13.

Тракт передачи на пульт ПУС2 аналоговых сигналов с линий L1—L7 построен аналогично тракту передачи на пульт ПУС1. Он включает в себя следующие основные элементы: операционный усилитель D9, D15, коммутатор D17.2 и симметрирующий трансформатор T2.

Аналоговый сигнал с линии связи от пульта ПУС1 поступает через трансформатор T1 и коммутатор D17.2 на фильтр НЧ (для подавления помех от преобразователя напряжения), собранный на микросхеме D20. Далее аналоговый сигнал поступает на усилитель с регулируемой обратной связью ОС (D23). С помощью подстроечного резистора обеспечивается уровень аналогового сигнала 0 дБ (0,774 В) на аналоговой магистральной (линия L2). На линию L2 сигнал поступает с усилителя D23 через коммутатор D22.21 и разделительный конденсатор.

Тракт приема с линии от пульта ПУС2 построен аналогично тракту приема от пульта ПУС1. Он включает в себя следующие элементы: транс-

форматор T2, фильтр D24, усилитель D25, переменный резистор и коммутатор D22.2. Далее аналоговый сигнал через разделительный конденсатор поступает на асимметричный выход для подключения магнитофона.

Аналоговые сигналы для передачи на телефон трубки МТТ с линий L0—L4, L6, L7 поступают на суммирующей ОУ (D18.A1). Номинальный уровень НЧ сигнала на телефоне трубки МТТ—0,3 В. При нажатии тангенты трубки МТТ на входе D0 регистра D11 появляется «логический 0». Устройство МПК воспринимает эту команду и переводит радиостанцию в режим «ПЕРЕДАЧА». Одновременно устройство МПК формирует цепь модуляции. Для этого устройство МПК в разряд D5 регистра D12 записывает «логический 0», который поступает на микросхему D22.1, канал 3-2 которой открывается, и модулирующий сигнал с микророна трубки МТТ через контакт 3 разъемов МТТ, микросхему D19 выходы 3 и 2 подается по линии L5 в устройство АПП, где поступает на модулятор приемопередатчика УПП. Номинальный уровень сигнала с микророна трубки МТТ равен 50 мВ.

Питание на линию связи для передачи кодовых посылок подается с преобразователя напряжения, который обеспечивает гальваническую развязку линии и целей устройства РПО.

Передача команд в линию связи с пультом ПУС1 осуществляется токовыми посылками, которые формирует источник тока (V25, V23 и V22.1). Линия разряжается с помощью замыкателя шлейфа V35 и V29. Диод V33 защищает транзистор V35 и транзистор оптрона V29 от импульсов напряжения обратной полярности.

Передача команд в линию связи с пульта ПУС2 осуществляется токовыми посылками, которые формирует источник тока (V26, V24 и V22.2). Линия разряжается с помощью замыкателя шлейфа (V36 и V30). Диод V34 защищает транзистор V36 и транзистор оптрона V30 от напряжения обратной полярности. Управление указанными выше источниками тока и замыкателя шлейфа осуществляется через транзисторные ключи (V27, V28, V31 и V32) управляющими сигналами с порта вывода D13.

Прием токовых посылок с линий связи с пультами осуществляется с помощью оптронов V39.1 и V39.2 (для пультов ПУС1 и ПУС2 соответственно), информация считывается через порт ввода D11. Для индикации наличия токовых посылок в линии АПУ—ПУС1 служат светодиоды V3 ПРД1, V5 ПРМ1, в линии АПУ—ПУС2 V4 ПРД2 и V6 ПРМ2. Номинальная величина НЧ сигналов на внутренней аналоговой шине (L0—L7) составляет 0,775 В (0 дБ) в диапазоне частот 300—3400 Гц. Номи-

нальный уровень сигнала на входе пульта ПУС составляет 0,245 В (-10 дБ).

При подключении трубки МТ (при проведении регламентных работ и ведении переговоров с оператором пульта ПУС в симплексном режиме) к розетке МТГ, расположенной на лицевой панели устройства, можно прослушивать принимаемые и передаваемые сообщения. При подключении трубки МТ к устройству контакт 2 этого разъема замыкается на корпус (через перемычку вилки шнура трубки), таким образом при подключении трубки вместо «логической 1» на входе D4 микросхемы D11 появляется «логический 0». Устройство МПК переходит к программе анализа независимо от того, нажата ли тангента трубки МТГ или нет. При нажатии тангенты трубки МТГ радиостанция переходит в режим «ПЕРЕДАЧА», и с трубки МТГ можно вести переговоры по радиоканалу при вхождении в соответствующий режим с технологического пульта ПУТ.

Пульты радиостанций. Управление радиостанцией, организация связи с проводным каналом, ведение переговоров — все это является функциями пультов. Приведем общие сведения о пультах современных радиостанций РС-46М и РС-46МЦ.

Пульт радиостанции РС-46М является стационарным (ПУС). Он представляет собой оконечное устройство ввода-вывода речевой информации радиостанции. Пульт ПУС предназначен для управления работой радиостанции, отображения ее состояния с помощью светодиодных индикаторов и ведение переговоров с помощью микрофонной трубки МТ, микрофона, педали и встроенного громкоговорителя.

ПУС работает при взаимодействии с радиостанцией. При воздействии на органы управления (кнопки, педаль, тангента, клавиша положения микрофонной трубки) в сторону радиостанции посылаются команды, в ответ приходит команда на изменение состояния пульта (зажигание светодиодов, коммутация разговорного тракта).

Технические характеристики пульта ПУС

Электропитание устройства осуществляется от сети постоянного тока напряжением, В	..... -24 (+3,6, -2,4)
Ток потребления пульта ПУС по цепи 24 В, А, не более	..... 0,35
Скорость обмена по ИРПС, бод	..... 100
Напряжение холостого хода токовой петли, В	..... (40:1:5)
Ток короткого замыкания токовой петли, мА	..... (25:1:3)
Номинальный уровень входного сигнала с линии В	..... 0,245

Глубина регулировки выходного уровня сигнала, передаваемого в линию, дБ, не менее	..... 10
Глубина регулировки высокочастотных предскажений сигнала на частоте 3400 Гц, дБ, не менее	..... 10
Уровень сигнала на выходе для подключения телефона микрофонной трубки, В, не менее	..... 0,245
Номинальная выходная мощность на встроенном громкоговорителе, Вт	..... 0,5
Глубина регулировки регулятора громкости, Вт	..... 0,04...0,5
Нелинейные искажения сигнала в трактах приема-передачи, %, не более	..... 3

Состав пульта: плата контроля пульта управления (КПУ), устройство приемопередаточной информации (ППИ), блок питания УВП.

Плата КПУ представляет собой микропроцессорный контроллер и выполняет следующие функции:

- контроль и управление всеми устройствами пульта;
- обмен командами по интерфейсу ИРПС;
- формирование тонального сигнала для вывода на динамик.

Ядро контроллера составляет однокристалльная микроЭВМ типа КР1816ВЕ39 (DD3). Структурная схема платы КПУ радиостанции РС-46М приведена на рис. 2.8.

Таблица 2.4

Элементы платы КПУ

Обозначение	Наименование элементов	Назначение
ОМЭВМ	Однокристалльная микро-ЭВМ	Контроль и управление всеми устройствами изделия
СИ	Схема индикации	Световая индикация состояния пульта и станции
КЛ	Клавиатура	Клавиатура пульта
РХА	Регистр хранения адреса	Хранение текущего адреса на время выборки
ПЗУ	Постоянное запоминающее устройство	Хранение управляющей программы

Устройство ППИ выполняет такие функции, как:

- усиление и формирование необходимых частотных предскажений речевого сигнала на передачу в линию;
- усиление и вывод речевых сигналов с линии через динамик и телефон микрофонной трубки;

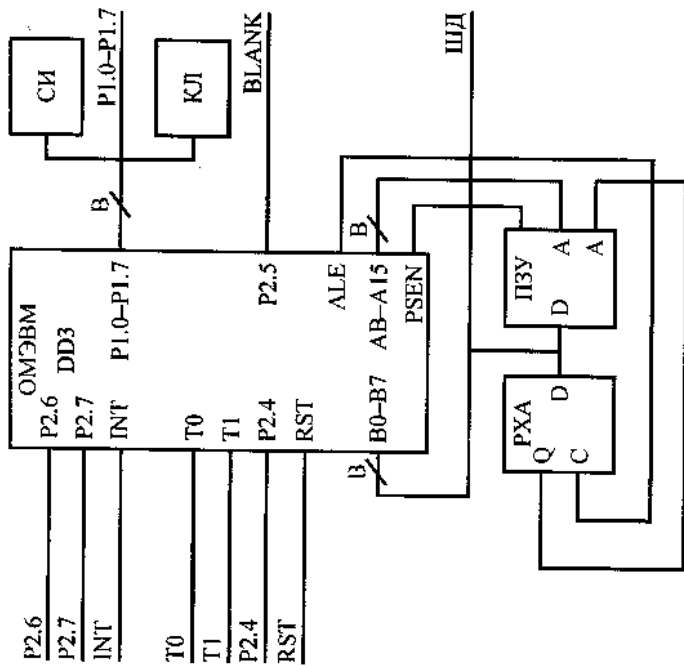


Рис. 2.8. Структурная схема платы КПУ РС-46М

- согласование по уровням с каналом ИРПС;
- бланкирование сигналов обмена по ИРПС тональными сигналами на время прием/передача;
- трансляция диагностической информации внешним устройствам через разъем «КОНТРОЛЬ».

Функциональная схема устройства стационарного пульта управления (ПУС) радиостанции РС-46М представлена на рис. 2.9 (вкладка). Аналоговый речевой сигнал с разъема подключения микрофона (контакты IN1 MKF, IN2 MKF) поступает на усилитель с симметричным входом. Усилитель собран на микросхеме DA1. С усилителя сигнал поступает на коммутатор DA2. Коммутатор позволяет переключать речевой сигнал с трех входов: микрофона, микрофона и тестового входа TR (контакт 20 разъема «КОНТРОЛЬ»). С коммутатора аналоговый сигнал поступает на усилитель, собранный на микросхеме DA3. Далее аналоговый сигнал поступает на усилитель, собранный на микросхеме DA4. В об-

ратную связь усилителя включена корректирующая цепь из переменного резистора R14, резисторов R12, R15 и конденсаторов C11, C12. Это позволяет вносить регулируемые высокочастотные предискажения в передаваемый сигнал для коррекции искажений, вносимых линией. Усилитель собран на микросхеме DA5. Переменный резистор R19, включенный в цепь обратной связи данного усилителя, позволяет регулировать уровень сигнала, передаваемого в линию. С усилителя передается аналоговый сигнал через коммутатор DA6 поступающий на симметрирующий трансформатор Т1 и в линию связи.

Аналоговый сигнал с линии поступает через трансформатор Т1, коммутатор DA6 на фильтр, собранный на операционном усилителе DA7. Фильтр ФНЧ предназначен для подавления низкочастотных сигналов, возникающих при передаче команд по линии связи с пультами. С ФНЧ сигнал поступает на суммирующий усилитель DA9, а с него на усилитель УНЧ, собранный на микросхеме DA10. Усиленный по мощности сигнал с УНЧ через контакты 1, 2 разъема X4 выводится на динамик В1. С усилителя УНЧ, собранного на микросхеме DA8, аналоговый сигнал выводится на телефон МТТ. Сигнал с тонального генератора (DD2) с управляемым выходом через суммирующий усилитель DA9 выводится на динамик. Уровень громкости тонального генератора регулируется резистором R46. Генератор управляется с помощью сигнала P2.5. Микросхема D1 выполняет функции порта вывода, с ее помощью осуществляется управление коммутацией разговорных трактов на устройстве ППИ и формирование сигнала звуковой индикации.

Передача команд в линию связи осуществляется токовыми посылками, которые формирует источник тока, собранный на оптроне DV1.2, стабилизаторе VD3 и транзисторе VT2. Линия разряжается с помощью замыкателя шлейфа, собранного на оптроне DV2, транзисторе VT4. Управление источниками тока и замыкателями шлейфа осуществляется через транзисторные ключи (VT1, T3), управляемыми сигналами с КПУ (P2.6, P2.7).

Прием токовых посылок с линии связи пультами осуществляется с помощью оптрона DV1. Открывание оптрона вызывает прерывание работы процессора на плате КПУ.

Пульт радиостанции РС-46МЦ является стационарным и представляет собой оконечное устройство ввода и вывода речевой информации. Пульт предназначен для управления работой радиостанции, отображения ее состояния с помощью светодиодных индикаторов и ведения пе-

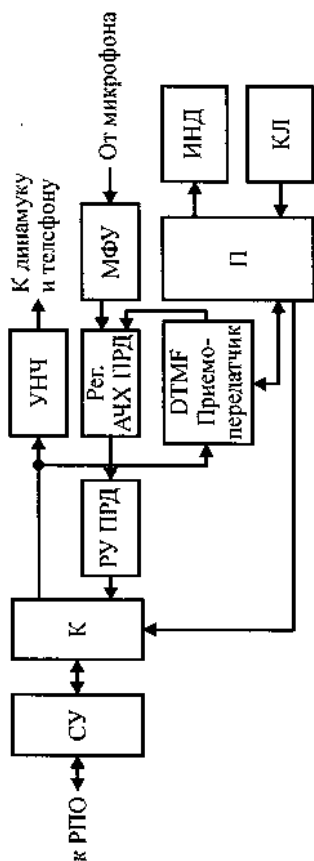


Рис. 2.10. Структурная схема пульта радиостанции РС-46МЦ

реговоров с помощью микрофонной трубки ММТ, микрофона, встроенного громкоговорителя и педали.

Структурная схема ПУС представлена на рис. 2.10. В режиме «ПЕРЕДАЧА» аналоговый речевой сигнал от микрофона поступает на микрофонный усилитель МФУ и далее на регулятор АЧХ передачи, вносящий регулируемые предискажения в передаваемый сигнал для коррекции искажений, вносимых линией. Далее на регуляторе усиления передачи (РУ ПРД) происходит его усиление речевого сигнала и при поступлении соответствующей команды с процессора (П) на коммутатор (К), затем на согласующее устройство и через линию связи передача осуществляется на РПО.

В режиме «ПРИЕМ» сигнал из линии связи через согласующее устройство и коммутатор поступает на усилитель низких частот (УНЧ). С усилителя УНЧ аналоговый сигнал выводится на динамик и телефон МП.

Служебные сигналы передаются и принимаются приемопередатчиком DTMF, который управляется процессором. Процессор отображает состояние радиостанции с помощью светодиодных индикаторов (ИНД). Управление процессором П радиостанции производится с помощью клавиатуры (КЛ).

2.3. Системы электропитания радиостанций

Электропитание железнодорожных радиостанций зависит от разновидности применяемой аппаратуры.

Носимые и переносные радиостанции питаются от аккумуляторных источников с периодической дозарядкой от зарядных устройств, представляющих сложные выпрямительные приборы с невысокими требованиями по стабильности и пульсации.

Мобильные радиостанции питаются от бортовой сети постоянного тока, которая может иметь различные номиналы напряжения.

Стационарные радиостанции, как правило, питаются от источников вторичного питания, которые потребляют энергию от промышленной сети 220 В.

Рассмотрим некоторые источники электропитания для стационарных и подвижных локомотивных радиостанций. Электропитание стационарной радиостанции РС-46М осуществляется с применением нескольких собственных преобразователей. Основное энергопитание реализуется на двух преобразователях: преобразователь сетевого напряжения ПСН и преобразователь постоянного напряжения ППН. Рассмотрим их работу по функциональным схемам.

Преобразователь ПСН предназначен для получения из напряжения сети переменного тока 220 В постоянного стабилизированного напряжения +13 В и напряжения -27 В для питания основной аппаратуры радиостанции. Технические характеристики ПСН радиостанции РС-46М приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5
Характеристики преобразователя ПСН

Наименование параметра	Единица измерения	Значение
Питающее напряжение — однофазная сеть переменного тока частотой 50 Гц	В	220 ⁺²² ₋₃₃
Выходное напряжение при воздействии всех дестабилизирующих факторов по цепи с напряжением +13 В	В	13 ± 0,4
напряжением -24 В	В	27 ± 1,5
Ток нагрузки по цепи с напряжением +13 В	А	0,4...4,0
напряжением -24 В	А	2
Пульсации выходного напряжения по цепи с напряжением +13 В	мВ _{эфф}	Не более 50
напряжением -24 В	мВ _{эфф}	Не более 100
Ток срабатывания защиты при номинальном напряжении сети по цепи с напряжением +13 В	А	5,5 ± 1

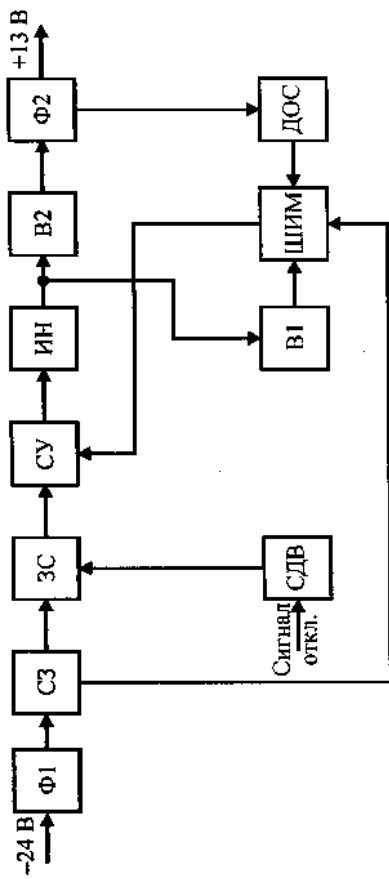


Рис. 2.12. Преобразователь постоянного напряжения ППН

Блок питания УВП элементов пульта. Блок питания составных элементов ПУС (устройство УВП) радиостанции РС-46 М представляет собой высокочастотный преобразователь напряжения, собранный на микросхеме П1А94ПН.

Устройство УВП предназначено для обеспечения питания: составных частей ПУС стабилизированными напряжениями 5 В и 12 В; передатчиков ИРПС гальванически развязанным напряжением питания 40 В. Технические характеристики приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Характеристики устройства УВП

Характеристика	Единица измерения	Значение
Выходное напряжение по цепи +5 В	В	$5 \pm 0,25$
Ток нагрузки	А	$0,15 \dots 0,3$
Пульсации выходного напряжения	мВ _{эфф}	Не более 50
Выходное напряжение по цепи +12 В	В	$12 \pm 1,0$
Ток нагрузки	А	$0,1 \dots 0,2$
Пульсации выходного напряжения	мВ _{эфф}	Не более 30
Выходное напряжение по цепи +40 В	В	40 ± 10
Ток нагрузки	А	0,02
Пульсации выходного напряжения	мВ _{эфф}	Не более 500

С увеличением выходного напряжения по каналам +5 В и +12 В увеличивается и напряжение с резистивного делителя R32—R35 (рис. 2.13, вкладка), поступающее на микросхему D3, которая выполняет роль регулируемого стабилизатора. При достижении значения 2,5 В открывается выходной транзистор микросхемы D3, и через светодиод оптрона V1.2 начинает протекать ток.

Входное напряжение с разьема X1 (см. рис. 2.13) поступает через входной фильтр на стабилизатор напряжения питания широтно-импульсного модулятора, после включения которого на затворах транзисторов V6, V7 появляются открывающие их импульсы. Входное напряжение инвертора трансформируется во вторичные цепи, где оно выпрямляется и фильтруется. Поскольку микросхема ШИМ-контроллера D1 находится на первичной стороне устройства, для развязки входных и выходных цепей сигнал обратной связи подается на нее через оптрон V1. Это приводит к открытию оптотранзистора V1 и ограничению ширины импульсов на затворах транзисторов V6, V7 ШИМ-контроллером D1. Таким образом достигается стабилизация выходных напряжений.

Выходное напряжение регулируется резистором R33. При коротком замыкании в выходных цепях происходит увеличение тока транзисторов инвертора, пропорционально которому увеличивается напряжение на датчике тока. Когда это напряжение сравняется с опорным, токовый компаратор микросхемы D1 резко уменьшит ширину импульсов на затворах транзисторов V6, V7, при этом выходные напряжения уменьшатся и выйдут за пределы допусков, а при снятии короткого замыкания восстановятся.

Блок питания пульта управления БППУ предназначен для бесперебойного питания пульта управления от промышленной сети или аккумуляторов, а также для защиты цепей длинных линий при переключениях.

Электропитание устройства осуществляется от сети переменного тока напряжением 187—242 В, частотой 50 Гц или от аккумуляторных батарей напряжением 24 В. Подача напряжений может быть одновременной. Номинальный ток нагрузки составляет не более 0,5 А. Отклонения выходного напряжения находятся в пределах 20—33 В. Величина переменной составляющей (эффективной) равняется не более 350 мВ. Ток потребляемый блоком при входном напряжении 220 В и токе нагрузки 0,5 А, составляет не более 0,15 А. Блок обеспечивает защиту от короткого замыкания на выходе и от переплюсовки аккумуляторной батареи.

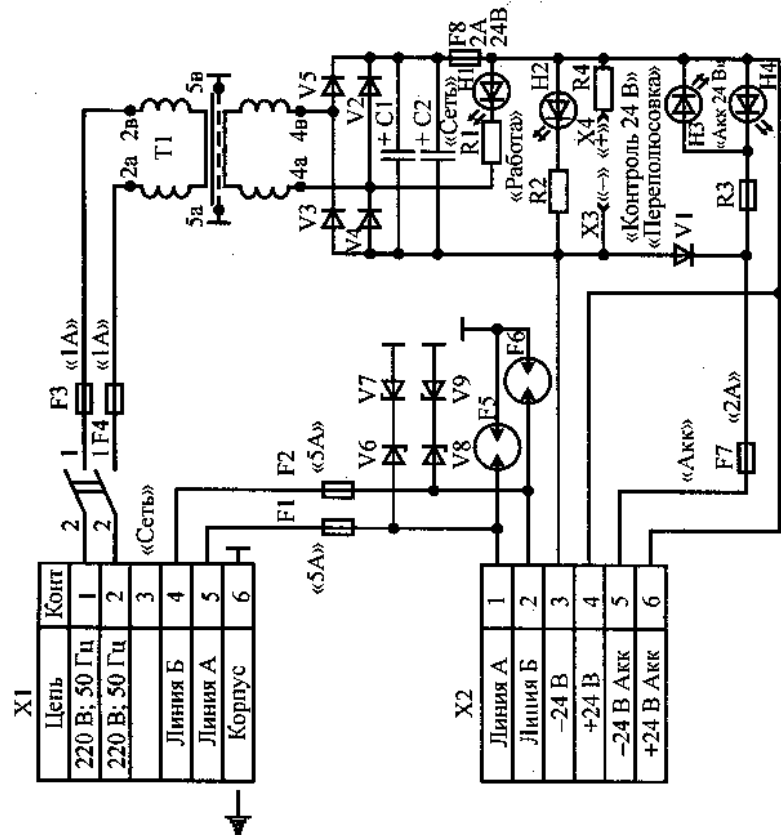


Рис. 2.14. Блок питания пультов управления РС-46М

При включении тумблера S1 «СЕТЬ» сетевое напряжение (рис. 2.14) поступает на трансформатор, со вторичной обмотки которого понижено, выпрямленное сглаженное напряжение поступает на выходной разъем. К выходной цепи через развязывающий диод подается и напряжение от аккумулятора.

Если напряжение сети выше напряжения аккумулятора, развязывающий диод заперт. При этом аккумуляторы отключены. При отключении сетевого напряжения питание выходных цепей осуществляется от аккумулятора через развязывающий диод.

Напряжение величиной 220 В частотой 50 Гц через выключатель S1, предохранитель F3, F4 поступает на первичную обмотку трансформатора T1. Со вторичной обмотки напряжение выпрямляется диодами V2—

V5, сглаживается конденсаторами C1, C2 и через предохранитель F8 поступает на выходной разъем X2, контакты 3, 4. На разъем X2, контакты 5, 6 подается напряжение с аккумулятора, которое через предохранитель F7, диод V1 также подключено к контактам 3, 4 выходной цепи разъема X2. При аварийной переплюсовке диод V1 запирается, а светодиод H3 «ПЕРЕПОЛЮСОВКА» включается, указывая на неправильное включение цепей аккумулятора.

При наличии напряжения в цепи 220 В, 50 Гц и исправных предохранителей F3, F4, F8 включен светодиод H1 «СЕТЬ». При правильном подключении аккумулятора включен светодиод H4 «Акк.24 В». При наличии выходного напряжения включен светодиод «РАБОТА». Контроль выходного напряжения осуществляется через контрольные гнезда X3, X4 «КОНТРОЛЬ 24 В».

Локомотивные источники питания обеспечивают питание радиостанций, установленных на подвижных средствах транспорта (локомотивах, дрезинах, автомобилях и др.), потребляют энергию от бортовой сети постоянного тока с напряжением 110, 75 и 50 В. В качестве примера рассмотрим работу блока питания радиостанций типа РВ1—РВ4.

Основным первичным источником являются бортовые аккумуляторы с буферным подзарядом от локомотивной или вагонной электросети. Блок обеспечивает работу при питании радиостанции от сети постоянного тока с напряжением 110, 75 и 50 В с отклонением значения $\pm 20\%$ и коэффициентом пульсации до 5% с частотой 100 Гц. Блок не выходит из строя при провалах напряжения первичной сети до $0,7U_{ном}$, длительностью до 0,5 с и выбросах напряжения до $1,3U_{ном}$, длительностью до 0,5 с. Блок предназначен для эксплуатации при температуре окружающей среды от -50 до $+60^\circ\text{C}$, относительной влажности до 93% при температуре 40°C .

Блок питания выдает выходное напряжение $(12 \pm 0,2)$ В со стабильностью $\pm 5\%$ при токе нагрузки 0,05 А (режим 1) и 5 А (режим 2) с пульсацией не более 30 мВ. Минус выходного напряжения заземлен.

Блок питания обеспечивает круглосуточную работу со скажностью 1:3 (отношение времени работы в режиме 2 ко времени работы в режиме 1). При токе нагрузки в 5 А длительность непрерывной работы составляет не более 15 мин.

Максимальный ток, потребляемый от первичного источника напряжением 50 В, составляет не более 2,8 А, напряжением 75 В — не более 2 А, напряжением 110 В — не более 1,3 А. Блок имеет габариты 205x250x85 мм и массу (без соединительных кабелей) в 3,8 кг.

Блок питания включает: силовую часть; устройство управления, запуска; схемы защиты от перенапряжения по входу и от коротких замыканий в нагрузке. В состав силовой части входят: емкостный высокочастотный LC-фильтр; сглаживающий LC-фильтр; регулируемый высокочастотный инвертор; высокочастотные выпрямители со сглаживающими LC-фильтрами.

Принципиальная схема локомотивного блока питания радиостанций типа РВ приведена на рис. 2.15, вкладка.

Первичное напряжение сети локомотива подается на разъем Х1 и далее через предохранитель F на вход сетевого высокочастотного радиодетального фильтра С1, С2, С3, который ослабляет уровень радиопомех, излучаемых в первичную сеть. Далее напряжение поступает на выпрямительный мост VD1—VD4, который служит средством защиты от переполосовки входного напряжения. Далее напряжение сглаживается LC-фильтром (L1, С7—С18). Конденсаторы С4—С6 выполняют роль дополнительного фильтра радиопомех. Затем напряжение подается на регулируемый инвертор, выполненный по мостовой схеме на транзисторах VT4—VT11 и трансформаторе Т. В зависимости от номинального значения входного напряжения в схему инвертора включается та или иная часть первичной обмотки трансформатора. Необходимое значение тока базы транзисторов инвертора определяется резисторами R12, R13, R15, R16, R21, R22 и R24. R23 вместе с соответствующими конденсаторами С19, С20, С25 и С26, которые являются цепями автосмещения, обеспечивают форсированное запаривание транзисторов инвертора. Дiodы VD10—VD13 обеспечивают рекуперацию в источник питания реактивной энергии, накопленной в индуктивности нагрузки. Конденсаторы С21—С24 препятствуют самовозбуждению транзисторов инвертора.

С выхода сглаживающего фильтра напряжение подается также на устройство запуска — параметрический стабилизатор, собранный на транзисторах VT2, VT3 (регулирующий элемент) и стабилитроне VD8. С его выхода стабильное напряжение около 27 В через контакт 4 разъем Х2 поступает на пульт управления радиостанцией и через контакт 3 разъем Х2 на вход линейного стабилизатора устройства управления А (контакты 1 и 2). Замыканием и размыканием этой цепи на пульте управления осуществляется дистанционное включение и отключение блока питания. Дроссели L4 и L5 уменьшают бросок тока через коммутирующее устройство пульта управления при включении блока питания. 17

При наличии напряжения на входе устройства управления на его выходе (контакты 6-7, 8-9, 10-12, 11-13) появляются двухполярные широтно-модулированные импульсы, которые подаются на транзисторы VT4—VT11 инвертора, он начинает работать, и на выходе трансформатора Т появляется напряжение. Оно поступает с выводов 8-10 трансформатора на выпрямитель VD17, VD18 и сглаживающий LC-фильтр, состоящий из элементов L2, С28, С29. Полученное постоянное вспомогательное напряжение подается на контакты 1 и 2 устройства управления. При этом цепь запуска автоматически отключается (запирается вспомогательным напряжением) и питание устройства управления осуществляется от выпрямителей VD17, VD18.

С выводов 5-7 трансформатора Т напряжение подается на выпрямитель VD15, VD16, сглаживающий фильтр-накопитель L3, С30 — С32 и через разъем Х2 в нагрузку. Это же напряжение как напряжение обратной связи поступает в схему устройства управления (контакты 14 и 15). Благодаря этому осуществляется управление шириной импульсов на выходе устройства управления, а значит, и временем включения инвертора. В результате осуществляется стабилизация выходного напряжения, и на разъем Х2 поступает стабильное напряжение 12 В. Конденсатор С35 обеспечивает дополнительное сглаживание выпрямленного напряжения, а конденсаторы С33, С34 уменьшают уровень высокочастотной составляющей в выходном напряжении. Резистор R26 обеспечивает стабилизацию напряжения при минимальном токе нагрузки. Резистор R27 является датчиком схемы защиты от короткого замыкания. Конденсатор С27 уменьшает всплески напряжения на обмотках трансформатора Т.

Схема устройства управления (см. рис. 2.15) состоит из следующих узлов:

- линейного стабилизатора на микросхеме D2 (VT5, VT6, С4, С5, С11, С13, С15—С17, R5—R8, R10). Резистором R5 выставляется напряжение питания задающего генератора;
- задающего генератора, состоящего из двухтактного преобразователя постоянного напряжения (VT1—VT4, R1—R4, VD1, С1—С3);
- выпрямителя и фильтра для питания широтно-импульсного модулятора (выводы 7-9 трансформатора Т1, VD8, VD9, С6, С7);
- циркулярно-импульсного модулятора, который состоит из ждущего мультивибратора с элементами VD10, VD11, VT7, VT8, VD4, С8, С9, С12, С14, R9, R11—R15;

- генератора пилообразного напряжения (VT9, R16—R20, C18, C19);
- усилителя обратной связи (VT10, C20, C21, R21—R23, R25, R26) с источником опорного напряжения (VD5, R24) и цепью задержки C22. Резистором R22 выставляется необходимое выходное напряжение 12 В;
- инвертирующего каскада (VT11, R27, R28);
- электронного ключа (VT12—VT15, C23, C24, R29—R34) с формирователем широтно-импульсных импульсов (выводы 10-12 трансформатора T1, VD2, VD3, C10, выводы 1-3 трансформатора T2);
- выходного трансформатора T2 со схемой гашения напряжения на нем (VT16, VT17, VD6, VD7, R35, выводы 4-6 трансформатора T2).

Принцип работы схемы широтно-импульсной модуляции (ШИМ) заключается в следующем. С выводов 7-9 трансформатора T1 на вход модулятора подается прямоугольное напряжение синхронизации частотой около 6 кГц. Оно дифференцируется RC-цепочками (C8, R9 и C9, R11), и через диоды VD10, VD11 остроконечные импульсы положительной полярности удвоенной частоты поступают на вход мультивибратора. С выхода мультивибратора прямоугольные импульсы поступают на вход генератора пилообразного напряжения, с выхода которого уже треугольные импульсы приходят на вход усилителя обратной связи (УОС). Одновременно на вход УОС поступает напряжение обратной связи, снимаемое с делителя R21—R23. Усилитель УОС работает в режиме усиления сигнала рассогласования между опорным напряжением, поданным на эмиттер транзистора VT10, и результирующим напряжением, поданным на базу транзистора VT10 (вход УОС). Падение напряжения на резисторах R25 и R26 изменяется пропорционально величине коллекторного тока транзистора VT10. Напряжение, снимаемое с R25 поступает на базу инвертирующего транзистора VT11. В зависимости от соотношения напряжения обратной связи и опорного напряжения транзистор VT11 будет открыт или закрыт. Сигнал, снимаемый с резистора R2, управляет работой электронного ключа, собранного на транзисторах VT12—VT15. Средняя точка обмотки 10-12 трансформатора T1 и средняя точка обмотки 1-3 трансформатора T2 соединены между собой через переход коллектор—эмиттер соединенных параллельно транзисторов VT14 и VT15, работающих как ключ с частотой около 12 кГц. В результате взаимодействия сигналов с частотой 6 и 12 кГц на обмотке 1-3 трансформатора T2 формируются прямоугольные импульсы, модулированные по длительности. Они трансформируются трансформатором T2 и по четырем каналам (выводы 7-8, 9-10, 11-12, 13-14) используются для управления силовыми транзисторами инвертора.

База транзистора VT13 (вход электронного ключа) выведена на контакт 3 устройства управления. При дистанционном отключении блока эта точка замыкается на заземленную часть, что предотвращает возникновение выбросов (кратковременных увеличений) выходного напряжения.

Для гашения напряжения на трансформаторе T2 в момент паузы используется схема на транзисторах VT16, VT17 и диодах VD6, VD7.

Зарядная станция типа ЗС-М. Эта станция предназначена для зарядки источника питания (ИП) радиостанции «Радий-301», внешний вид которой показан на рис. 2.16. ИП содержит никель-металлгидридную аккумуляторную батарею с номинальным напряжением 7,2 В и номинальной емкостью ($C_{н.п.}$) 1600 мА·ч, которая входит в состав носимой радиостанции «Радий-301» в выключенном состоянии, а также может использоваться отдельно.

Зарядная станция (ЗС) обеспечивает работу в следующих режимах. Режим «Самоконтроль» осуществляет проверку исправности и функционирования разрядных и зарядных цепей и ключей при подключении питания (без ИП). При этом светодиод «РЕЖ» (индикатор режима работы) кратковременно светится красным цветом, через 2 с звучит короткий звуковой сигнал, светодиод поочередно светится красным, зеленым, желтым цветом (три цикла).

Режим «Ожидание» наступает после режима самоконтроля до установки ИП, а также после снятия ИП. В этом режиме светодиод светится желтым цветом.

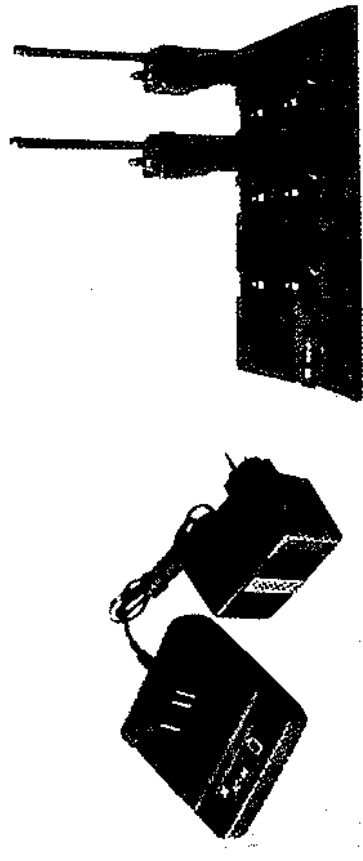


Рис. 2.16. Зарядные устройства радиостанций «Радий»

Далее осуществляется режим «Тестирование». После установки ИП звучит короткий звуковой сигнал, включается разряд током величиной $0,6 C_n$ в течение 20 с, светодиод светится красным цветом. В конце тестирования осуществляется определение степени заряженности ИП и автоматический выбор режима работы ЗС в зависимости от напряжения ИП следующим образом:

— если напряжение достигнет конечного напряжения разряда ранее 20 с, то выключается разряд током $0,6 C_n$ мА и включается режим «Заряд», светодиод светится зеленым цветом, индикаторы «БАТ» не светятся;

— если напряжение соответствует менее 25 % емкости ИП, то звучит короткий звуковой сигнал и включается режим «Разряд», светодиод светится красным цветом;

— если напряжение соответствует емкости ИП не менее 25—75 %, то включается режим «Заряд», светодиод светится зеленым цветом, количество светящихся индикаторов «БАТ» соответствует степени заряженности; — если напряжение соответствует емкости ИП около 100 %, то звучит прерывистый звуковой сигнал, светодиод светится прерывистым зеленым цветом, светятся все четыре индикатора «БАТ»;

Режим «Разряд» наступает, если емкость ИП менее 25 %, включается разряд током $0,2 C_n$ мА до конечного напряжения разряда, светодиод светится красным цветом.

Режим «Заряд» является ускоренным зарядом током $0,2 C_n$ мА при напряжении ИП от $6 \pm 0,2$ В до $8,8 \pm 0,2$ В, затем включается заряд током $0,1 C_n$ мА, индикация и продолжительность заряда осуществляются в зависимости от степени заряженности.

Индикация неисправности ИП появляется, если при заряде в течение 2 мин напряжение менее 6 В или после 30 мин заряда — менее 7,7 В. В этом случае выключается заряд, включается индикация, чередующаяся горением светодиодов красного и желтого цвета и сопровождаемая прерывистым звуковым сигналом до отключения неисправного ИП.

Индикация недозаряда ИП включается, если при заряде напряжение достигло значения конечного напряжения заряда ранее установленного времени заряда. В этом случае звучит прерывистый звуковой сигнал, светодиод светится прерывистым зеленым цветом, светятся менее четырех индикаторов «БАТ».

Зарядная станция ЗС-М может работать в режиме аварийного отключения и включения напряжения питания при заряде ИП, если при заря-

де ИП произойдет отключение, а затем включение напряжения питания. В течение 30 с светится светодиод прерывистым красным цветом. При этом данная индикация сопровождается звуковым сигналом, а затем включается режим аварийного ожидания в течение 1 ч, индикация меняется на прерывистую желтого цвета. После часа ожидания включается режим тестирования и заряда. Зарядно-разрядные параметры зарядной станции ЗС-М приведены в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Технические характеристики зарядной станции ЗС-М

№ п/п	Наименование параметра	Нормативные значения	
1	Ток разряда, мА, при напряжении ИП:		
	$7,2 \pm 0,1$ В	960 ± 60	
2	Ток заряда, мА, при напряжении ИП:		
		от $6,0 \pm 0,2$ В до $8,8 \pm 0,2$ В	320 ± 20
		выше $8,8 \pm 0,2$ В	160 ± 10
3	Конечное напряжение разряда, В	$6,0 \pm 0,2$	
4	Напряжение переключения на заряд током $0,1 C_n$ мА, В	$8,8 \pm 0,2$	
5	Конечное напряжение заряда, В	$9,3 \pm 0,2$	

Электропитание ЗС осуществляется от сети переменного тока частотой (50 ± 2) Гц, напряжением от 130 до 260 В с использованием стабилизированного блока питания БПС 12В-2 с выходным напряжением от 12,0 до 12,4 В и током нагрузки до 1 А. ЗС сохраняет работоспособность и обеспечивает параметры при коммутационных перенапряжениях в сети переменного тока, достигающих $300 V_{эфф}$, при продолжительности выбросов до 40 мс. Ток погрешления от сети 220 В, 50 Гц составляет не более 0,15 А; по цепи 12 В — не более 0,5 А.

СТАНЦИОННАЯ РАДИОСВЯЗЬ

3.1. Сети станционной радиосвязи

Любая железнодорожная станция, на которой выполняется маневровая работа или имеется необходимая мобильная связь, имеет станционную радиосвязь. В зависимости от типа станций, их мощности, организуется несколько раздельных радиосетей.

Радиосети станционной радиосвязи организуются по радиальному принципу в полосах частот 151,700...154,000 МГц и 155,000...156,000 МГц с использованием одной несущей частоты. Связь осуществляется в симплексном режиме.

Все станционные радиосети классифицируются по степени важности, уровню надежности и времени ожидания установления связи.

Сети маневровой и горочной станционной радиосвязи (СРС-МГ) имеют допустимое время ожидания передачи информации 1—3 с. *Маневровая радиосвязь* предназначена для связи маневрового (ДСЦ) и станционного (ДСЦ) диспетчеров, старшего помощника начальника станции (ДСПС) и дежурных по паркам приема (ДСПП), формирования (ДСПФ) и отправления (ДСПО) с машинистами маневровых, хозяйственных и вывозных локомотивов, а также машинистов с составителями поездов. При этом количество маневровых радиосетей определяется классом станции и составляет 1—2 на промежуточных станциях, 1—3 — на участковых, 2—5 на сортировочных станциях. Количество станционных радиостанций определяется числом радиосетей (1—5), возимых радиостанций — числом локомотивов (2—15), носимых — количеством работников, обеспечивающих технологические процессы в маневровой работе. Как правило, дальность действия в маневровой сети радиостанций РС-РВ составляет 4—6 км, РВ-РН — 1—1,5 км.

Горочная радиосвязь предназначена для оперативного управления горочным технологическим процессом и обеспечивает связь между дежурным по горке (ДСПГ) и машинистами горочных локомотивов, горочными составителями, регулировщиками скорости отцепов. Количе-

ство радиосетей определяется количеством горок на сортировочной станции. В каждой радиосети может работать 1—2 станционные станции, 2—4 возимых на горочных локомотивах и 2—7 носимых для рабочих, обеспечивающих этот технологический процесс. Дальность радиосвязи ограничена зоной работы горки и составляет: для радиостанций РС-РВ — 2,8 км, РС-РН — 1,5 км, РВ-РН — 1,0 км. Горочная сеть строится по принципу групповой связи.

Сети технологических абонентов. Эти абоненты не связаны непосредственно с маневровой работой, но обеспечивают обработку составов и вагонов, а также обслуживание устройств автоматики, телемеханики и связи (СРС-Т) с допустимым временем ожидания связи до 10—20 с.

Радиосеть ПТО (пунктов технического обслуживания вагонов и тормозов) организуется в парках приема и отправления поездов и в парках обработки транзитных поездов. Состав радиосетей определяется объемом технической работы и может включать: 1—2 радиосети на участковых и грузовых станциях, 2—5 радиосетей на крупных станциях. Радиосети ПТО состоят из 1—5 станционных и 4—20 носимых радиостанций. Дальность действия радиосетей ПТО должна составлять не менее: для радиостанций РС-РН 1,5—2,5 км, РВ-РН 0,8—1,2 км.

Радиосеть ПКО (пунктов коммерческого осмотра) предназначена для связи оператора ПКО с коммерческимисмотрщиками вагонов и работниками по устранению брака. Обычно это одна радиосеть на сортировочных станциях (содержит 2—12 носимых радиостанций). Дальность действия между станционной и носимой РС составляет 2—3 км, между носимыми радиостанциями 0,8—1 км.

Радиосеть ОТК (объединенной технической конторы) предназначена для оператора ОТК и спсичиков вагонов. Используются на участковых и сортировочных станциях, одна сеть содержит 1 станционную радиостанцию и 2—3 носимых для спсичиков при дальности действия 3—4 км.

Радиосеть ВОХР (вооруженной охраны) предназначена для связи начальника караула со стрелками охраны, имеет одну радиосеть, включает одну 1 станционную радиостанцию, 3—5 носимых радиостанций, действует на расстоянии 2—4 км.

Радиосеть ЦСБ и связи предназначена для связи старшего электромеханика и дежурных постов электрической централизации, а также начальников радиопостов с мобильными работниками связи. На станциях с постоянным дежурством электромехаников используются 1—2 радиосети.

Сети управления крупных железнодорожных станций и узлов (СРС-У). Основными абонентами этих сетей являются диспетчеры линейных подразделений, руководящие подвижными ремонтными бригадами по обслуживанию и ремонту технических средств. Сети управления допускают ожидания передачи сообщений до 40...60 с. К этим сетям относятся радиосети ШЧ, ПЧ, ЭЧ, ТЧ, ВЧД. Все эти сети характеризуются наличием средств подвижной связи: возимых и носимых радиостанций с повышенной дальностью связи до 5—10 км для РС-РВ и 1,5 км для РВ-РН. Таких сетей может быть от 3—5 в небольших узлах и до 6—9 на крупных станциях.

Стационарная радиосвязь предназначена для организации служебных переговоров командиров станций с машинистами маневровых и горочных локомотивов, а также с другими работниками, участвующими в технологических процессах на железнодорожной станции.

Принципы организации кругов маневровой, горочной радиосвязи и радиосвязи списочков вагонов с использованием трехканальных радиостанций иллюстрируются табл. 3.1, 3.2 и 3.3, в которых приняты следующие обозначения: СР — стационарные, ЛР — локомотивные, НР — носимые радиостанции.

Таблица 3.1
Организация маневровой радиосвязи

Участник связи	Несущие частоты связи	f_1	f_2	f_3
Маневровый диспетчер		F_1	F_1	СР
Машинист 1-го маневрового локомотива		ЛР	F_1	F_2, F_3, F_4
1-й составитель		НР	F_1	
Машинист 2-го маневрового локомотива		F_1	ЛР	F_2, F_3, F_4
2-й составитель			НР	F_1

Таблица 3.2

Организация горочной радиосвязи

Участник связи	Несущие частоты связи	f_3	f_4	f_5 (резерв)
Оператор сортировочной горки			F_2, F_3, F_4 СР	
Машинист 1-го горочного локомотива		F_2, F_3, F_4	ЛР	F_1
Машинист 2-го горочного локомотива		F_2, F_3, F_4	ЛР	F_1
Машинист 3-го горочного локомотива		F_2, F_3, F_4	ЛР	F_1
Маневровый диспетчер	СР			

Таблица 3.3

Организация радиосвязи списочков вагонов

Участник связи	Несущие частоты связи	f_6	f_7	f_8 (резерв)
Дежурный технической конторы		F_1	СР	
1-й списочник вагонов		НР	F_1	
2-й списочник вагонов		F_1	НР	
Дежурный технической конторы			НР	F_1
1-й списочник вагонов			НР	F_1
2-й списочник вагонов			НР	F_1

Строки этих таблиц характеризуют местоположение радиостанций. Стационарные радиостанции (СР) располагаются в служебных помещениях маневрового диспетчера, оператора сортировочной горки и дежурных технических контор. Локомотивные радиостанции (ЛР) устанавливаются в кабинах маневровых и горочных локомотивов. Составители поездов и списочки вагонов получают в свое распоряжение носимые радиостанции (НР). Столбцы таблиц соответствуют несущим частотам (для рассматриваемого примера $f_1 \dots f_8$), на которых могут работать радиостанции. Условное изображение радиостанций помещается в столбце, соответствующем несущей частоте, на которой данная радиостанция работает в режиме дежурного приема (приема). В системе используются вызывные частоты тонального избирательного вызова $F_1 = 1000$ Гц, $F_2 = 700$ Гц, $F_3 = 1400$ Гц, $F_4 = 2100$ Гц.

Смысл графических изображений на примере первой строки табл. 3.1 состоит в следующем. Стационарная радиостанция, установленная в помещении маневрового диспетчера, находится в режиме дежурного приема на несущей частоте f_3 , маневровый диспетчер может вызвать первую (вторую) пару «машинист локомотива—составитель» посылкой вызывного сигнала частотой F_1 на несущей частоте f_1 (f_2).

Кроме того, абонентам двух кругов маневровой радиосвязи (см. табл. 3.1) предоставлены следующие возможности:

- машинисты локомотива могут подключать к стационарной радиостанции диспетчера первый, второй пульта управления или аппаратуру громкоговорящей парковой связи СДПС посылкой на несущей частоте f_1 вызывных сигналов частотами соответственно F_2, F_3, F_4 ;
- машинист первого (второго) локомотива путем посылки вызывного сигнала частотой F_1 может вызвать первого (второго) составителя на несущей частоте f_1 (f_2);
- первый (второй) составитель может вызвать машиниста первого (второго) локомотивов посылкой на частоте f_1 (f_2) вызывного сигнала частотой F_1 .

Специфика работы на сортировочной горке, требующая минимального времени соединения оператора с машинистом локомотива, осуществляется путем наведения состава на горку, обуславливая необходимость выделения группового радиоканала между оператором и всеми машинистами горочных локомотивов на общей несущей частоте (см. табл. 3.2, частота f_4). Оператор вызывает машинистов, и последние друг друга — посылкой вызывного сигнала частотой F_1 . Машинисты горочных локомотивов подключают к стационарной радиостанции оператора

ра горки (маневрового диспетчера) первый и второй пульта управления и аппаратуру СДПС посылкой вызывного сигнала частотами соответственно F_2, F_3, F_4 на несущей частоте f_4 (f_3).

Радиосвязь дежурных технических контор со списочками вагонов (см. табл. 3.3) осуществляется на общей частоте (f_6, f_7) для каждого парка прибытия. Взаимный вызов осуществляется посылкой вызывного сигнала частотой F_1 . Выбор носимых радиостанций производится в зависимости от предполагаемой дальности радиосвязи, помеховой обстановки и других факторов.

На крупных станциях и в узлах организуется радиосеть с равнодопустимыми каналами СРС-У, обеспечивающая возможность совместной работы диспетчеров различных служб с подвижными абонентами. В радиосети могут работать девять диспетчеров и до 99 мобильных абонентов. Радиосеть СРС-У работает в симплексном режиме с использованием трех несущих частот.

3.2. Аппаратура стационарной радиосвязи

Для организации радиосетей стационарной радиосвязи применяются стационарные радиостанции РС-23М, РС-5М, носимые радиостанции РВ-2, РВ-3, носимые радиостанции РН типа «Радий», «Гранит» и носимые приемники ПРН — Н.

Радиостанция РС-23М. Эта радиостанция (рис. 3.1) выпускается Владимирским заводом «Электроприбор» и предназначена для обеспе-



Рис. 3.1. Общий вид радиостанции РС-23М

чения беспроводной беспроводной радиосвязи в диапазоне 151,725... 156,000 МГц с модуляцией G3E, F3E в режимах «одночастотный симплекс» и «двухчастотный симплекс» с аппаратурой радиосвязи системы «Транспорт» в радиальных сетях поездной, стационарной и ремонтно-оперативной связи с групповым вызовом абонентов, а также работы с речевым информатором (РИ-1М).

Радиостанция обеспечивает круглосуточную работу при соотношении передачи/прием 1:3, непрерывное время передачи — 60 с. Управление осуществляется с двух ПУС. Радиостанция работает на одном из шести каналов, переключаемых оперативно с пульта ПУС при предварительной неоперативной настройке с пульта управления технологического (ПУТ).

Основные технические характеристики РС-23М представлены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Параметры РС-23М

Параметры	Значения
Мощность несущей частоты, Вт	8 ⁺⁵ -2
в режиме пониженной мощности	0,2...0,5
Чувствительность приемника, не более, мкВ	0,5
Коэффициент нелинейных искажений приемника и передатчика, %	5
Уровень фона приемного тракта, не более дБ	-40
Уровень паразитной частотной модуляции, дБ	-40
Мощность НЧ на громкоговорителе, Вт	-0,5
Максимальная потребляемая мощность, Вт	65
Избирательность по соседнему каналу, дБ	75

По основным электрическим параметрам радиостанция соответствует требованиям ГОСТ 12252—86 для радиостанции с угловой модуляцией сухолуфтной подвижной службы.

Электропитание радиостанции осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В (+10; -15) % с частотой 50 Гц или источника питания постоянного тока напряжением -24 В. При отключении основной сети переменного тока обеспечивается автоматическое переключение на резервный источник питания напряжением -24 В (+15; -10) %.

Общие эксплуатационно-технические характеристики

Диапазоны рабочих частот:

172 номера в полосе 151,725...156,000 МГц с разносом 25 кГц между соседними номерами, в том числе:

номера 1—92 — частоты с 151,725 по 154,000 МГц;

номера 93—132 — частоты с 155,000 по 155,975 МГц;

номера 133—171 — частоты с 154,025 по 154,975 МГц;

номер 172 — частота 156,000 МГц.

Все операции, выполняемые в условиях эксплуатации по выбору, ус тановке и индикации рабочих частот, производятся по присвоенным им порядковым номерам. Радиостанция работает на одном из 6 каналов, переключаемых оперативно. Номера частот соответствующих каналов ус танавливаются не оперативно. Предусмотрена возможность работы радиостанции совместно с усилителем мощности высокой частоты УМ-40.

При управлении приемопередатчиком предусмотрены следующие возможности: снятия ограничения времени на передачу; выключения шумоподавителя и подавителя импульсных помех; включения передатчика на пониженную мощность.

При управлении радиостанцией от пультов ПУС осуществляется: ведение переговоров; передача и прием команд; индикация состояния.

При ведении переговоров обеспечивается: работа с микрофонной трубкой с тангентой или громкоговорителем, выносным микрофоном и педалью; плавная регулировка громкости; прослушивание принятого по радиоканалу сигнала «ВЫЗОВ» в громкоговорителе; прослушивание передаваемых по радиоканалу сигналов «ВЫЗОВ ДЕЖ» и «ВЫЗОВ ЛОК» в громкоговорителе пульта ПУС с громкостью, определяемой положением регулятора громкости; параллельная работа двух пультов с возможностью неоперативного введения блокировки одного из пультов при ведении переговоров с другого (аварийный режим); работа на основном канале при положенной трубке.

При управлении с пульта передаются команды: на посылку в радиоканал сигнала «ВЫЗОВ ЛОК» и «ВЫЗОВ ДЕЖ» со звуковым контролем в громкоговорителе и трубке; на оперативное переключение шести рабочих каналов.

При работе с пультом обеспечиваются режимы «ДЕЖ. ПРИЕМ», «ПРИЕМ», «ПЕРЕДАЧА», а также световая индикация включения радиостанции и пульта; номера рабочего канала; режима «Занято» при переговорах по радиоканалу с другого пульта ПУС.

Мощность низкой частоты, подводимая к громкоговорителю пульта составляет: номинальная — не менее 0,5 Вт; минимальная при плавной регулировке — не более 50 мВт.

Электропитание пультов осуществляется: от блока приемопередающих устройств (ППУ) — при расстоянии до 100 м; от встроенного в ПУС блока питания — при расстоянии от 100 м до 1 км.

В радиостанции для записи ведущихся через нее переговоров предусмотрена возможность подключения магнитофона. Записи подлежат речевые сигналы приемника и передатчика. В радиостанции в режиме «ПЕРЕДАЧА» ведется постоянный контроль тракта передачи, предусмотрено проведение контроля работоспособности с пульта ПУТ, с пультов ПУС (ближних и дальних).

В состав радиостанции входят следующие функциональные блоки и устройства (рис. 3.2):

- 1) блок ППУ;
- 2) блок управления УПР;
- 3) пульт ПУС2301/ПУС2302;
- 4) педаль;
- 5) микрофон;
- 6) акустическое устройство УА2301;
- 7) устройство микрофонное МГТ 2301;
- 8) контрольное устройство УК2301;
- 9) пульт ПУТ2301.

Пульт ПУС с микрофоном и педалью устанавливаются на рабочем месте оператора. Соединение между пультом ПУС и микрофоном с педалью осуществляется с помощью кабеля. Оператор может вызвать нужный ему локомотив с помощью пульта ПУС, если радиоканал не занят другим пультом, подключенным к тому же блоку ППУ (в случае занятости радиоканала светится индикатор «ЗАНЯТО» на передней панели пульта). Для этого необходимо нажать кнопку «ВЫЗОВ ЛОК» на ПУС; предварительно сняв МТ с трубки держателя или нажав кнопку «ОТКР. КАНАЛ» на ПУС.

Ведение радиотелефонных переговоров осуществляется с помощью МТ или микрофона, педали и громкоговорителя. Управление режимами работы радиостанции «ПРИЕМ» и «ПЕРЕДАЧА» осуществляется посылкой в линию связи соответствующих команд с пульта ПУС. При необходимости перевода радиостанции на другой радиоканал оператор нажимает кнопку «КАНАЛЫ 1—6» на передней панели пульта ПУС.

В этом случае пульт ПУС формирует и посылает соответствующую команду в линию связи с блоком ППУ. Блок ППУ посылает в линию связи на пульт ПУС команду — подтверждение перевода радиостанции на нужный радиоканал. Индикация выбранного канала осуществляется с помощью цифрового индикатора на передней панели пульта ПУС.

В экстренной ситуации оператор может взять управление радиостанцией на себя даже в том случае, если у него на ПУС горит индикатор ЗАНЯТО. Аварийный режим включается следующим образом: диспетчер снимает трубку и прослушивает занятый радиоканал, при экстренной необходимости разрушает его с захватом управления на себя путем кратковременного нажатия и отпускания на своем ПУС кнопки «ВЫЗОВ ЛОК» при нажатой кнопке «КАНАЛ 1». После этого управление радиостанцией осуществляется по вышеописанной схеме.

Все переговоры диспетчера должны заканчиваться установкой МТ в держатель либо нажатием кнопки «ОТКР. КАНАЛ» при положенной трубке. Контроль исправности радиостанции с пульта ПУС производится посылкой соответствующей команды в линию связи с блоком ППУ. Для этого необходимо при нажатой кнопке «КАНАЛ 1» нажать и отпустить кнопку «ВЫЗОВ ДЕЖ» на передней панели пульта ПУС при закрытом канале. Если радиостанция неисправна, то ответная команда с блока ППУ приведет к появлению соответствующей буквы на цифровом индикаторе пульта ПУС. Просмотр неисправностей (если их несколько) проводится аналогично формированию команды контроля.

Основными режимами работы радиостанции являются: «ДЕЖУРНЫЙ ПРИЕМ»; «ПРИЕМ»; «ПЕРЕДАЧА».

Режим «ДЕЖУРНЫЙ ПРИЕМ» соответствует состоянию, когда МТ установлена в трубкидержатель пульта ПУС.

Радиостанция переводится в режим «ПРИЕМ», если получен с возимой или носимой радиостанции сигнал тонального вызова частотой 700 или 1400 Гц в зависимости от параметров конфигуратора (индикатор «ОТКР. КАН» на пульте ПУС светится на протяжении 15 с). По истечении этого времени радиостанция переводится в состояние, предшествующее вызову (открытый либо закрытый канал).

Радиостанция переводится в режим «ПЕРЕДАЧА» в одном из случаев:

1. МТ снят с трубкидержателя пульта ПУС и нажата тангента (индикатор «ПЕРЕДАЧА» на пульте ПУС светится постоянно).
2. Нажата кнопка «ОТКР. КАНАЛ» на пульте ПУС и нажата педаль (индикатор «ПЕРЕДАЧА» на пульте ПУС светится постоянно).

3. При формировании сигнала подтверждения частотой 900 Гц при приеме вызывного сигнала.

4. При нажатии тангенты или одной из кнопок вызова на микрофонном устройстве МТТ 2301.

5. При поступлении сигнала от речевого информатора.

Управление радиостанцией возможно также с микрофонного устройства МТТ 2301.

При снятой с подставки трубке возможна работа на несновном канале. Формирование вызывных частот производится при нажатии на соответствующую кнопку микрофонного устройства МТТ 2301. Режим служебной связи (МТТ-ПУС) возможен при подаче соответствующей команды с пульта ПУТ.

Рассмотрим работу радиостанции по функциональной схеме (рис. 3.2, вкладка).

Высокочастотный сигнал с антенны поступает на антенный коммутатор и далее на усилитель высокой частоты (УВЧ) тракта приемника ПРМ. Усиленный высокочастотный сигнал поступает на вход первого смесителя (СМ), где происходит преобразование в первую промежуточную частоту 21,4 МГц.

Частота настройки на выбранный рабочий канал определяется гетеродином (ГЕТ) первой промежуточной частоты ПЧ. Гетеродин представляет собой синтезатор частоты с сеткой 25 кГц. В качестве опорного генератора ОГ используется термостабирированный кварцевый генератор на частоту 10 МГц. Сигнал первой ПЧ поступает на схему ПЧ НЧ, где происходит преобразование во вторую ПЧ, основное усиление сигнала второй ПЧ и его частотное детектирование. В схему ПРМ входят элементы подавателя импульсных помех ПИП и подавателя шумов (ПШ). С выхода ПРМ поступают сигналы ПРМ С (речевого тракта), ПРМ НС (тракт тонального сигнала), СО (сигнал обнаружения).

Сигнал ПРМ НС с тракта ПРМ поступает на полосовой фильтр ПФ и далее на компаратор (АЦ). При этом компаратор преобразовывает гармонический сигнал в последовательность прямоугольных импульсов типа «меандр». Прямоугольные импульсы с периодом вызывной частоты анализируются центральным микроконтроллером (ЦМК) АТ89С8252-24J, далее центральный МК, в зависимости от вызывной частоты, формирует соответствующую команду на управление радиостанцией.

Сигнал ПРМ С с тракта ПРМ поступает на коммутатор в плате КАС (коммутатор аналоговых сигналов), где осуществляется коммутация входных и выходных аналоговых сигналов речевого тракта. Пройдя коммутацию, сигнал ПРМ С поступает на соответствующие сумматоры платы КАС, где происходит привязка по уровню и входному (выходному) сопротивлению. После обработки аналоговый сигнал ПРМ С в зависимости от конфигурации поступает на следующие внешние устройства:

– пульты ПУС (пульт управления станционным);

– устройство УА (устройство акустическое);

– устройство микрофонное МТТ;

– внешний магнитофон.

Для управления перестройкой частоты тракта ПРМ центральный МК формирует специальные сигналы «СИНХР», «ДААНЬЕ», «ЗАП 1».

Для проверки приемопередающего тракта центральный МК формирует специальный сигнал «КОНТРОЛЬ». По данному сигналу одновременно начинают работать оба тракта как приемника, так и передатчика, причем тракт ПРМ с пониженной чувствительностью. МК анализирует сигнал СО тракта ПРМ, а также сигналы «ИСПР АФУ», «ИСПР ПРД», «ИСПР СИНТ» тракта ПРД. При наличии отказа информация выводится или на индикатор «КАНАЛ» на передней панели радиостанции или на дисплей технологического пульта (ПУТ), если он подключен к радиостанции или пультам ПУС.

Обмен командами с пультами ПУС по цифровому интерфейсу осуществляется второй микроконтроллер (МК) АТ89С2051-24PI, расположенный на плате устройства КУС (контроллер управления и сопряжения). Данный микроконтроллер связан с центральным МК по последовательному каналу связи. По этому каналу осуществляется обмен кодами между двумя микроконтроллерами. Второй микроконтроллер по полученным кодам формирует соответствующие команды обмена с пультами ПУС. Сформированные команды через цифровой интерфейс сопряжения с линией связи (для каждого пульта ПУС свой отдельный интерфейс связи) поступают на соответствующий пульт ПУС (или, наоборот, с пульта ПУС) для последующей обработки и анализа.

В пультах ПУС установлен аналоговый микроконтроллер (АТ89С2051-24PI). Это позволило оптимально организовать обмен по цифровому каналу связи. Кроме этого, введение микроконтроллера в пульт избавило центральный МК от множества лишних операций (сканирование клавиатуры, опрос состояния датчиков, управление индикаторами).

щей, управление режимами работы). Все эти операции возложены на штатный микроконтроллер пульта ПУС.

Для речевого обмена аналоговыми сигналами с пультами ПУС используется симметричная линия связи с гальванической трансформаторной развязкой. Направление передачи аналогового сигнала определяется состоянием коммутаторов как в пульте ПУС, так и в устройстве КУС схемы управления. Направление передачи задается программно в зависимости от конфигурации радиостанции и ее режима работы (прием/передача). В сторону пульта ПУС кроме сигнала ПРМ С тракта ПРМ могут поступать сигналы от:

- генератора вызывных частот;
- речевого информатора;
- микрофона микротелефонного устройства (МТТ);
- другого пульта ПУС (при наличии двух пультов ПУС в конфигурации).

Со стороны пульта ПУС поступают сигналы от:

- микрофона микротелефона пульта ПУС;
- внешнего выносного микрофона.

Сигналы от пультов ПУС через сумматоры платы КАС поступают на устройство УА, магнитофон, телефон устройства микротелефонного МТТ и симметричный вход модулятора (МОДС) тракта ПРД.

Генератор вызывных частот работает программно с помощью аппаратной логики центрального МК. Цифровой сигнал вызывной частоты, пройдя через схему ЦАП и активный ФНЧ второго порядка, преобразуется в детерминированный гармонический (ГЕН). Этот сигнал и сигнал с РИ (речевого информатор) поступают на устройство УА, телефон устройства микротелефонного МТТ и магнитофон для оперативного контроля, а также на несимметричный вход модулятора (МОДНС) тракта ПРД для передачи сигнала вызова в эфир.

В тракте ПРД сигнал модулирующей частоты, прошедший обработку в модуляторе МОД, поступает в возбуждатель. Частота несущей возбуждателя определяется синтезатором частоты, аналогичным синтезатору в тракте ПРМ. Управление трактом ПРД осуществляет центральный МК с помощью сигналов:

- блокировка модулятора (БЛК МОД);
- пониженная мощность (ПОН МОЩ);
- передача ПРД 1;
- передача ПРД 2;

- синхронизация СИНХ;
- данные ДАННЫЕ;
- запись ЗАП 2.

Промодулированный сигнал с выхода возбуждателя поступает на усилитель мощности УМ тракта ПРД и далее через антенный коммутатор в антенну.

Питание всех устройств и блоков осуществляется от штатного блока УПР радиостанции РС-23М.

Радиостанция РВ-2. Радиостанция РВ-2 с модификациями РВ-3, РВ-5 предназначена для организации симплексной беспроводной автоматической двусторонней радиотелефонной связи в сети с групповым вызовом системы «Транспорт» в диапазоне рабочих частот от 151,700 до 156,000 МГц. Эти радиостанции обеспечивают работу на одном из шести каналов 40 частотных групп в режиме одночастотного и двухчастотного симплекса, выбираемых оперативно на блоке БАУ (блок автоматики и управления).

Радиостанция устанавливается на подвижных объектах железнодорожного транспорта и предназначена для круглосуточной работы в режиме дежурного приема и в режиме переговоров при соотношении времени режимов «Передача» — «Прием» 1:3 и времени непрерывной работы на передачу не более 60 с (время передачи ограничивается автоматически).

Автоматика радиостанций обеспечивает:

- перевод радиостанции из режима «дежурный» в режим «приема» при приеме сигнала вызова частотами 700, 1000 или 1000, 2100 Гц;
 - обобщенный контроль основных параметров приемопередатчика; набранного канала, обобщенного контроля;
 - переключение каналов и групп частот;
 - работу радиостанции РВ-3 с аппаратурой ТУ - ТС;
 - работу радиостанции РВ-5 с устройством УГО.
- Основные технические характеристики приведены в табл. 3.5.
- Структурная схема радиостанции РВ-2 (РВ-3, РВ-5) показана на рис. 3.3.

Управление радиостанцией осуществляется с пульта ПУ-ЛВ или с пульта ДПУ-Л (для радиостанции РВ-3).

ПОЕЗДНАЯ РАДИОСВЯЗЬ

4.1. Общие сведения

Поездная радиосвязь предназначена для служебных переговоров поездного (ДНЦ), локомотивного (ТНЦ) диспетчеров, энергодиспетчеров (ЭЦ) и дежурных по станциям (ДСП) с машинистами локомотивов (ТЧМ). Кроме того, следует обеспечить связь машинистов со службами станций, охраной, депо, с внутрипоездными абонентами. В зависимости от территориального размещения абонентов связи относительно подвижного локомотива поездная радиосвязь подразделяется на два вида: линейная и зонная, которые могут организовываться в симплексном и дуплексном режимах.

В зависимости от технической оснащенности и размеров движения диспетчерские участки оборудуются системой ПРС, организованной в диапазонах волн: гектометровом (2, 130 МГц), метровом (160 МГц) и дециметровом (330 МГц). Радиосети, организованные в гектометровом и метровом диапазонах волн, работают в симплексном режиме, в дециметровом — в дуплексном режиме.

При оснащении диспетчерских участков радиостанциями трех диапазонов дециметровый и гектометровый диапазоны волн используются для организации линейных радиосетей, причем дециметровый диапазон служит для организации основного канала связи, а гектометровый — резервного. Гектометровый диапазон используется в линейных и зонных радиосетях для радиосвязи с локомотивами, не оборудованными радиостанциями дециметрового диапазона. Метровый диапазон предназначен для организации зонных радиосетей. При оснащении диспетчерских участков двухдиапазонными радиостанциями, работающими в гектометровом и метровом диапазонах волн, дециметровый диапазон используется для организации линейных радиосетей, гектометровый — линейных и линейно-зонных, метровый — зонных.

При оснащении диспетчерских участков однодиапазонными радиостанциями гектометрового диапазона волн линейные и зонные радиосети организуются в одном диапазоне.

Таблица 3.5

Технические характеристики РВ-2

№ п/п	Параметры	Значения
1	Мощность несущей, Вт	12 (+3, -4)
2	Чувствительность модуляционного входа, мВ	50 ± 15
3	Максимальная девиация, кГц	5
4	Чувствительность приемника (СИНАД), мкВ	1,2
5	Кoeffициент нелинейных искажений передатчика, %	7
6	Кoeffициент нелинейных искажений приемника, %	7
7	Избирательность по соседнему каналу, дБ	75
8	Защитенность от импульсных помех, дБ	50
9	Питание от бортовой сети, В	50, 75, 110

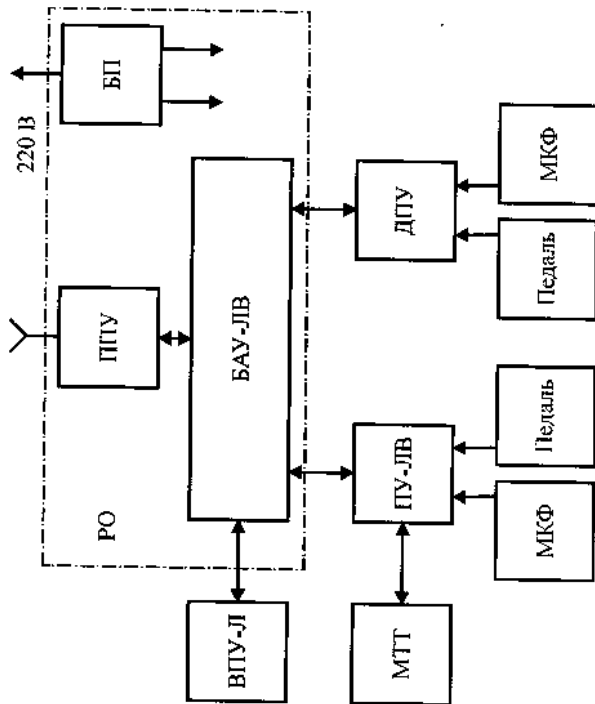


Рис. 3.3. Структурная схема радиостанции РВ-2:

ППУ — приемопередатчик УКВ (метрового диапазона); БАУ-ЛВ — блок автоматики универсальный; БП — блок питания; ВПУ-Л — вспомогательный пункт управления; ПУ-ЛВ — основной пульт управления; ДПУ — дополнительный пункт управления; МКФ — микрофон; РО — шкаф радиоборудования

4.2. Линейная поездная радиосвязь

Поездная симплексная радиосвязь (ПРС-С) с машинистом локомотива на перегоне осуществляется в диапазоне I на частотах 2,13 МГц — для связи с поездным диспетчером и дежурными по станциям и 2,15 МГц — для связи с дежурными по депо и электромеханиками контрольных пунктов на станциях с основными и оборотными депо. Используются стационарные радиостанции РС-6, РС-46, возимые радиостанции РВ-1, РВ-1.1М, РК-1В, распорядительные станции СР-234 (СР-34).

Линейные радиосети ПРС-С строятся по радиопроводному принципу с установкой стационарных радиостанций на всех промежуточных пунктах, где имеется постоянное дежурство работников службы движения. Стационарные радиостанции подключаются к специально выделенному проводному каналу связи.

В симплексной ПРС используется групповой взаимно-избирательный вызов, при котором поездной диспетчер или дежурный по станции после послышки вызова должен дополнительно голосом назвать номер вызываемого поезда (локомотива), так как вызывной сигнал принимается всеми радиостанциями, находящимися в пределах действия стационарной радиостанции.

При организации линейных сетей ПРС должны быть выполнены требования ПТЭ: поездная радиосвязь должна обеспечивать непрерывную надежную двустороннюю связь машинистов поездных локомотивов с поездным диспетчером — в пределах диспетчерского участка; с дежурными по станциям в пределах смежных перегонов; с машинистами других локомотивов, находящимися на одном перегоне. Поэтому расчет высокочастотной части канала линейных сетей ПРС гектометрового диапазона ведется из условия:

$$r_1 + r_2 \geq l_{\text{п}} + 3 \text{ км},$$

где r_1 и r_2 — дальности уверенной радиосвязи между возимой радиостанцией (РВ) и стационарными радиостанциями (РС), ограничивающими перегон;

$l_{\text{п}}$ — длина перегона или расстояние между соседними радиостанциями, км.

Таким образом, машинист может связаться надежно (с перекрытием в 3 км) с необходимыми абонентами через одну из радиостанций, ограничивающих перегон.

Если перегон имеет значительную протяженность, превышающую дальность связи подвижной радиостанции машиниста, устанавливаются

дополнительные радиостанции на перегоне, имеющие ретрансляционную связь или четырехпроводную связь с ближайшими стационарными радиостанциями.

Поездной диспетчер через распорядительную станцию по проводным каналам связи соединяется с одной из радиостанций диспетчерского круга для переговоров с машинистом движущегося состава. Для линейных радиосетей ПРС-С предусматриваются специально выделенные проводные каналы. При отсутствии такой возможности допускается совмещение проводного канала ПРС-С с каналом ПДС (поездной диспетчерской связи). В качестве выделенного канала связи для ПРС-С могут применяться групповые каналы НЧ или групповые каналы ГЧ, прямые каналы ГЧ для подтягивания и различные их сочетания, построенные на принципах оперативно-технологической связи. Для диспетчерских пунктов используются распорядительные станции СР-34 следующих вариантов и используются: СР-34-1, СР-34-6, СР-34-19, СР-34-20 (варианты различаются количеством управляемых стационарных радиостанций, количеством и назначением пультов управления и требованиями по обеспечению дистанционного контроля работоспособности стационарных радиостанций).

В последнее время введена в эксплуатацию распорядительная станция СР-234.

Требования к проводному каналу радиосети ПРС-С включаются в сети требования к аппаратуре линейного канала связи и требования к параметрам линейного тракта. В состав аппаратуры входят: распорядительная станция СР, устройство сопряжения УС-2/4, блоки управления постоянным током — БУП, устройство обхода дуплексных усилителей ОУ-ДУ, вводно-защитные устройства ВЗУ и сами радиостанции.

Аппаратура ПРС-С должна обеспечивать заданное входное сопротивление (не менее 200 кОм для каналов, НЧ пультизированных линий и не менее 10 кОм для непультизированных), 600 Ом для каналов ГЧ), затухание асимметрии входа и выхода (не менее 74 дБ относительно земли для каналов НЧ и не менее 57 дБ для каналов ГЧ), регулировку уровней не менее 19 дБ, среднее значение психометрических шумов не более 0,1 мВ для стационарных радиостанций.

Управление для пультизированных линий НЧ осуществляется по постоянному току, для непультизированных линий НЧ — кодовое управление, для каналов ГЧ — тональное управление. Избирательное управление осуществляется с помощью двух тональных (кодовых) посылок, взятых из набора шести частот:

Условный номер частоты 2 6 7 14 19 20
 Частота, Гц 1071 1207 1241 1479 1649 1683

Перечень кодовых комбинаций для вызова:

2-7	6-7	7-2	14-2	19-2	20-2
2-14	6-14	7-6	14-6	19-6	20-6
2-19	6-19	7-14	14-7	19-7	20-7
2-20	6-20	7-19	14-19	19-14	20-14
		7-20	14-20	19-20	20-19

Эти частоты можно использовать при работе аппаратуры как по отдельному каналу, так и по совмещенному с ПДС каналу связи.

Для передачи сигналов команд управления и контроля должны использоваться выделенные кодовые комбинации, представленные в табл. 4.1

Таблица 4.1

Кодовые комбинации

Команда	Кодовая комбинация	
	Номера частот	Частоты, Гц
Передача	36-38	2227...2295
Прием	38-36	2295...2227
Отбой	2-6	1071...1207
Контроль	6-2	1207...1071
Блокировка	---	1343

При организации проводного канала радиосети ПРС-С должны использоваться те же принципы построения каналов связи, что и для ОТС. При этом могут использоваться различные сочетания каналов НЧ и ТЧ. Схема организации проводного канала связи ПРС-С приведена на рис. 4.1.

При использовании канала ПДС станция распорядительная РС-234 (РС-34) должна подключаться параллельно РСДТ диспетчерской связи. При подключении стационарных радиостанций РС-6 (РС-46) к каналам НЧ, организованным по пулинизированным двухпроводным КЛС и ВЛС, управление ими должно осуществляться постоянным током с использованием БУП, подключенным к СР или устройству сопряжения УС-2/4, как показано на рис. 4.2. При использовании пулинизированных КЛС должно применяться кодовое управление радиостанциями. При этом блоки БУП не применяются, как показано на рис. 4.3.

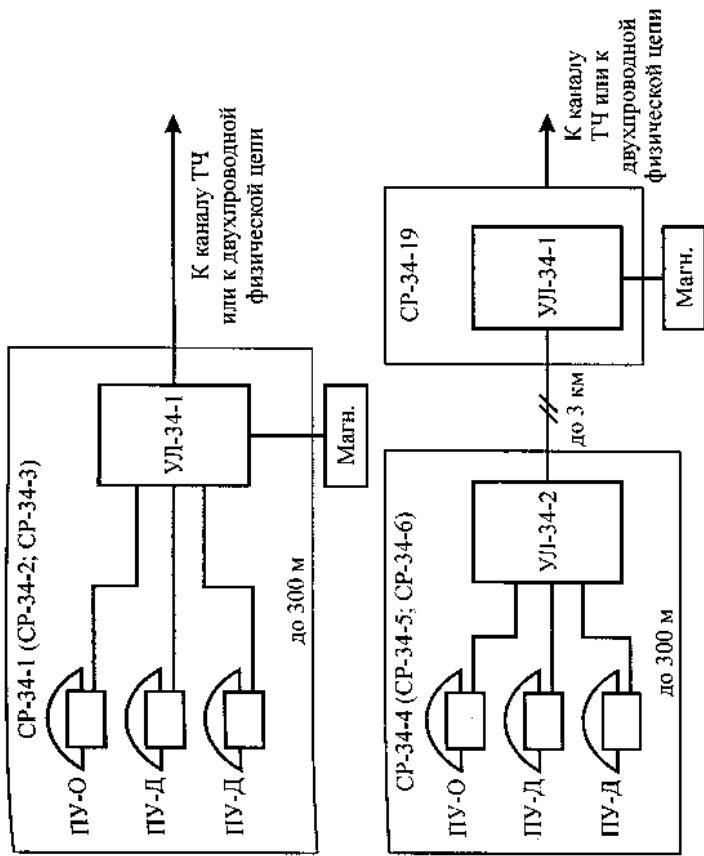


Рис. 4.1. Схема оборудования диспетчерского пункта

Проводной канал дуплексной связи радиосети ПРС-Д должен организовываться в соответствии с типовыми структурными схемами, приведенными на рис. 4.4.

Первый вариант (см. рис. 4.4) применяется при четырехпроводных каналах кабельной связи на всем протяжении диспетчерского участка. При невозможности обеспечить проводной канал на диспетчерском участке следует использовать структурные схемы второго и третьего вариантов.

В настоящее время в связи с развитием цифровых сетей с участием системы ДХ-500 используются цифровые каналы передачи сигналов управления.

4.3. Направляющие линии в гектометровом диапазоне

Радиоволновой участок ПРС-С между стационарными радиостанциями, устанавливаемыми на железнодорожных станциях и, если необходимо на перегонах, и локомотивными (возимыми) радиостанция-

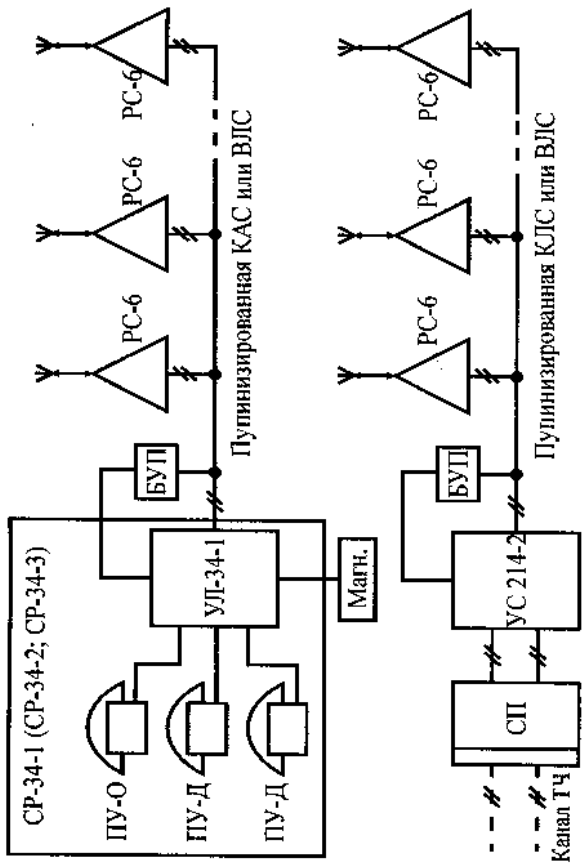


Рис. 4.2. Структурная схема проводного канала связи на пулпизированной КЛС или ВЛС

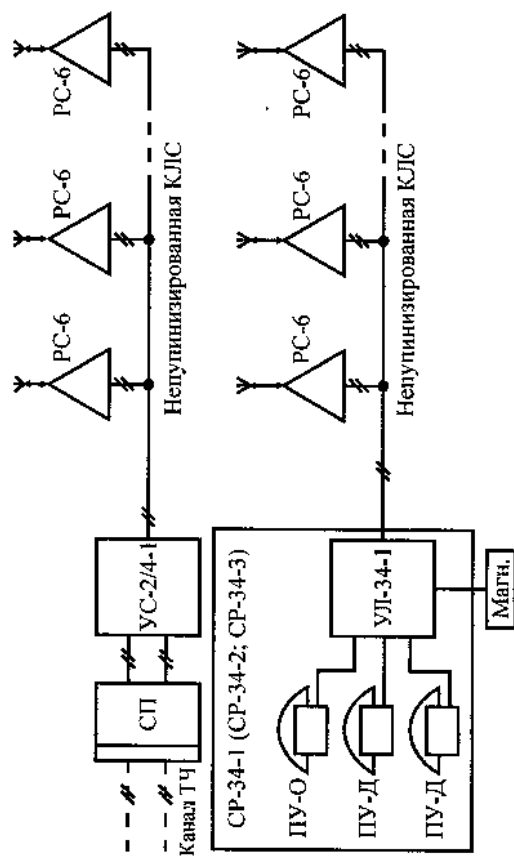


Рис. 4.3. Структурная схема проводного канала на непулпизированной КЛС

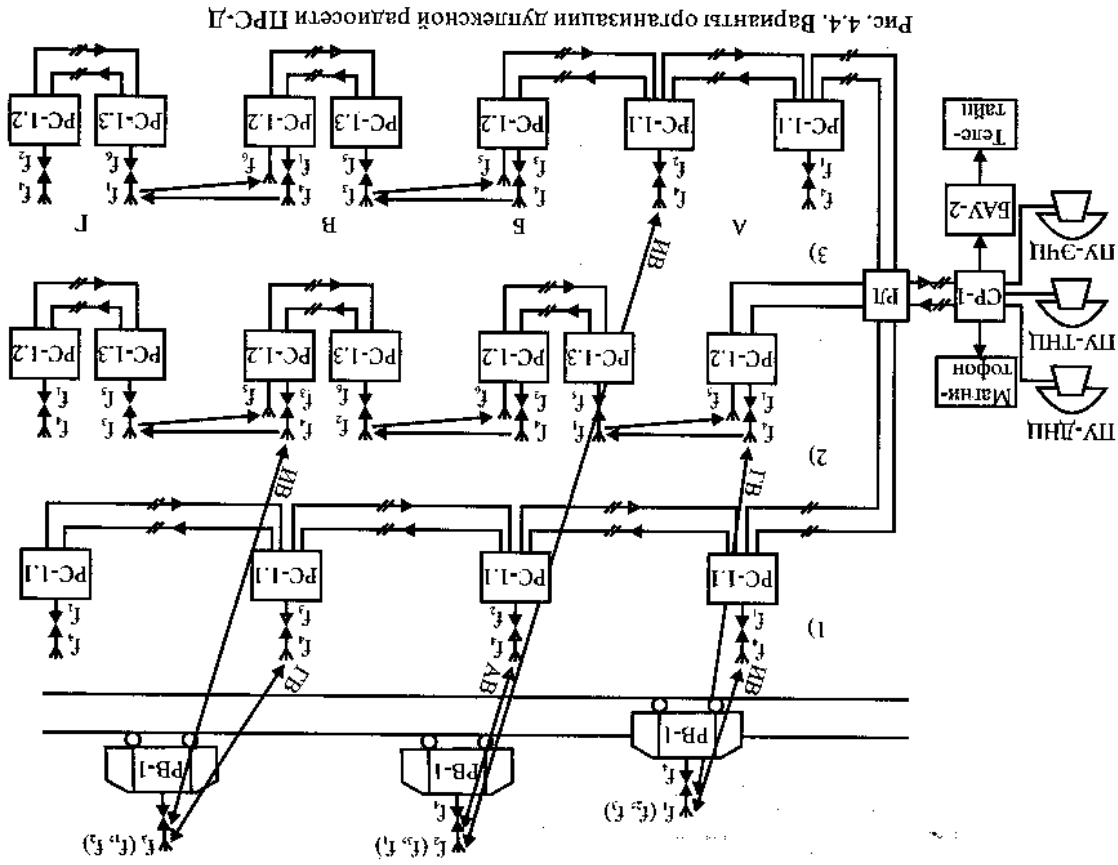


Рис. 4.4. Варианты организации дуплексной радиосети ПРС-Д

ми обеспечивается организацией радиопроводного канала на рабочей частоте 2,150 (2,130) МГц. Для концентрации электромагнитной энергии вдоль железнодорожного пути используются направляющие «волноводы» — токопроводящие линии, расположенные вдоль пути (обычно их подвешивают на опорах контактной сети) или линии связи СЦБ. Излучающая антенна, длиной $\lambda/4 = 35$ м располагается рядом с горизонтальным проводом-волноводом и возбуждает в нем электрические колебания вдоль этого волновода, который вторично излучает электромагнитную волну. Протяженность волновода желательна иметь на всю длину от одной радиостанции к другой. Для усиления действия волновода его дублируют таким же проводом, получается двухпроводный волновод. В качестве волновода можно использовать другие проводящие системы, имеющиеся вдоль пути. Это могут быть воздушные линии связи, электроэнергетические линии небольшой мощности (вспомогательные линии) и т. д.

Диапазон частот используют 2,130 МГц (для связи машиниста с поездным диспетчером) и 2,150 МГц (для связи машиниста с дежурными по депо). Длина волны $\lambda \approx 140$ м. Волны этого диапазона распространяются в основном вдоль земной поверхности, обладают дифракционной способностью, поэтому может поддерживаться связь вне прямой видимости между радиостанциями. Но быстрое затухание приемной радиоволны антенны, значительный уровень помех электрифицированного транспорта приводят к малой дальности связи, не обеспечивающей даже половины перегона. Поэтому приходится применять вспомогательные средства для увеличения дальности, в частности, передачу высокочастотных сигналов по проводным направляющим линиям, идущим вдоль железнодорожного пути. В этом случае связь с локомотивами осуществляется не электромагнитными волнами излучения, а электромагнитными полями индукции, распространяющимися по направляющим линиям с меньшим затуханием, чем при излучении в эфире. В результате возрастает дальность радиосвязи. Так как направляющие линии идут вдоль пути, повторяя все изгибы, то и электромагнитная наведенная энергия распространяется вдоль волновода, повторяя все изгибы пути, обеспечивая надежную связь вне пределов видимости или распространения. В качестве направляющих линий используют навешенный провод или провода других служб. На участках автономной тяги можно в качестве направляющего волновода использовать провода воздушной линии связи или воздушные линии автома-

тики. На электрифицированных участках железных дорог можно использовать провода продольного электроснабжения тяговых потребителей, находящихся на опорах контактной сети (в частности, системы ДПР — два провода — рельс напряжением 27 кВ или трехфазной симметричной высоковольтной линии в 10 кВ).

Волноводные сталебронные или сталюминиевые провода могут подвешиваться на опорах контактной сети или на отдельно стоящих опорах специально для ПРС. Подвеску однопроводного волновода следует предусматривать при электрической тяге постоянного тока на всех участках со скоростью движения поездов свыше 120 км/ч (независимо от наличия ВЛ продольного электроснабжения), а также на участках со скоростью движения до 120 км/ч, если отсутствует линия ВЛ, а расположение линии ВЛС не отвечает требованиям; при электрической тяге переменного тока 25 кВ и подвеске проводов ДПР с разных сторон путей — на всех перегонах при скорости движения поездов свыше 120 км/ч и на перегонах протяженностью свыше 12 км при скорости движения до 120 км/ч; при автономной тяге — в случае, когда ВЛС не отвечает необходимым требованиям и необходимая дальность связи не может быть обеспечена с помощью стационарных антенн.

Подвеску двухпроводного волновода следует предусматривать: в тоннелях длиной свыше 300 м и на перегонах, содержащих несколько тоннелей; в местах высокочастотных обходов тяговых подстанций постоянного и переменного тока; при наличии кабельных вставок на ВЛ; в качестве фидеров на станциях, где запитываемые высоковольтные провода находятся на расстоянии более 300 м от стационарной радиостанции; на участках со сложным рельефом местности, где предусматривается вождение соединенных поездов, а также на перегонах, где требуется дальность связи не может быть обеспечена при использовании других типов направляющих линий.

Для повышения эффективности использования проводов ДПР, ПШ и ВЛ как направляющих линий, рекомендуется: подвешивать провода ДПР с одной стороны путей (желательно в горизонтальной плоскости); при менять противофазное возбуждение двух высоковольтных проводов от стационарных радиостанций; сокращать до возможного минимума количество переходов высоковольтных проводов с одной стороны путей на другую; избегать применения кабельных вставок в провода ВЛ; предусматривать высокочастотную обработку всех силовых трансформаторов, подключенных к высоковольтным проводам, а также высокочас-

тотный обход тяговых подстанций и разъединителей, находящихся при нормальных условиях эксплуатации в разомкнутом состоянии.

Провода ДПР, ПП и ВЛ могут использоваться в качестве направляющих линий последней радиосвязи на однопутных электрифицированных участках постоянного и переменного тока, на двухпутных участках переменного тока, электрифицированных по системе 2×25 кВ, и участках, электрифицированных по системе однофазного переменного тока напряжением 25 кВ в случае подвески обоих проводов ДПР на перетонках с одной стороны путей; на двухпутных электрифицированных участках постоянного тока при скорости движения до 120 км/ч.

Сталеалюминиевые провода ВЛ 10 кВ, подвешенные на отдельных опорах, могут использоваться в качестве направляющих линий на одно- и двухпутных участках с автономной тягой, если линия проходит по равнинной или слабопересеченной местности на расстоянии не более 20 м от оси пути (в среднем по перегону).

Использование сталемедных проводов воздушных линий связи ВЛС в качестве направляющих линий ПРС следует предусматривать на одно- и двухпутных участках с электрической тягой постоянного тока (при скорости движения не более 120 км/ч) и на участках с автономной тягой, если линия связи не имеет кабельных вставок и проходит по равнинной или слабопересеченной местности (сталемедные провода ВЛС находятся не ниже 2 м над уровнем головки рельса). При этом расстояние от оси пути до ВЛС в среднем по перегону не должно превышать 30 м при автономной тяге и 25 м при электрической тяге.

При индуктивном возбуждении отсутствует гальваническая связь, что особенно удобно при использовании в качестве направляющих высоковольтных линий электропередачи (ЛЭП). Длина l антенны определяется длиной волны ($\lambda \approx 140$ м), $l = \lambda/4 = 35$ м. Расстояние между проводами 1 и 2 выбирают порядка 0,5—1 м.

Высокочастотное возбуждение однопроводного волновода должно осуществляться по схеме на рис. 4.5. При подвеске волновода на опорах контактной сети заземление возбуждающих проводов должно осуществляться через запирающий контур ЗК-4 (или СК-6) на рельс, в остальных случаях — на отдельный контур заземления.

В местах анкеровки волновода его высокочастотное возбуждение должно выполняться по схеме на рис. 4.6. При этом необходимо, чтобы согласующее устройство СУ находилось со стороны анкеровки, а изолированный конец возбуждающего провода был направлен в сторону.

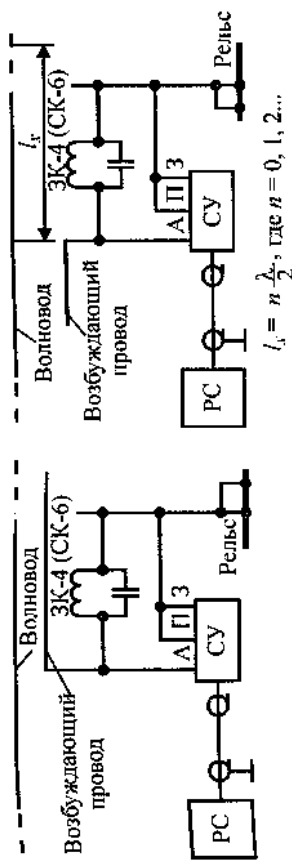


Рис. 4.5. Схема ВЧ возбуждения однопроводного волновода

Рис. 4.6. Схема ВЧ возбуждения в местах анкеровки

противоположную концу направляющего провода. Длина отрезка волновода $l_c = 0$ или кратна целому числу полуволн (70 м). Согласованная нагрузка на конце волновода в этом случае не устанавливается.

Высокочастотное возбуждение двухпроводного волновода должно осуществляться по схеме на рис. 4.7. Расстояние между проводами, направляющей линии в месте возбуждения и, соответственно, расстояние между возбуждающими проводами должно быть не менее 1 м.

Высокочастотное возбуждение проводов цветной цепи воздушной линии связи должно осуществляться по схемам, приведенным на рис. 4.8.

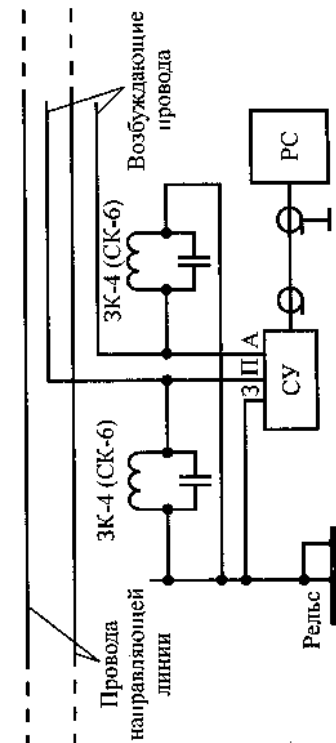


Рис. 4.7. Схема ВЧ возбуждения двухпроводного волновода

Высокочастотное возбуждение двух- и трехпроводных направляющих линий должно быть противофазным для создания межпроводной волны, распространяющейся с наименьшим затуханием (рис. 4.9).

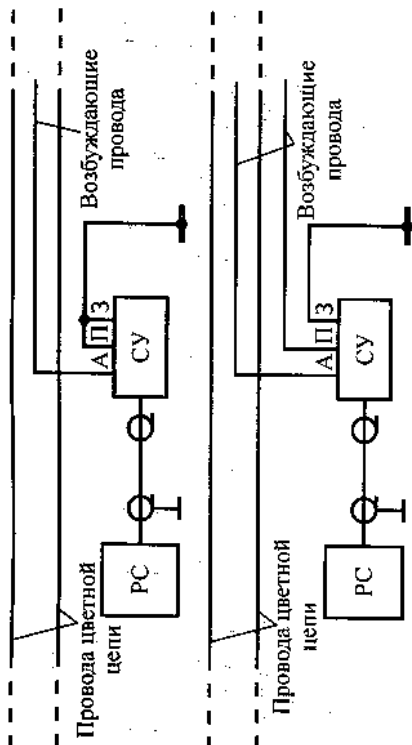


Рис. 4.8. Схемы ВЧ возбуждения цветной цепи ВЛС

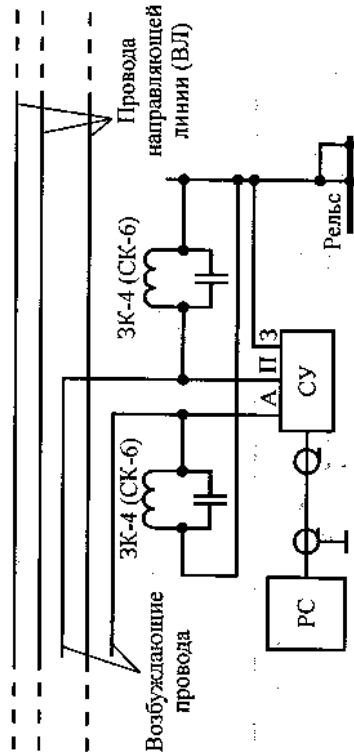


Рис. 4.9. Схема ВЧ возбуждения ВЛ

Возбуждающие провода должны подвешиваться на двух специально установленных опорах, находящихся на расстоянии 37—38 м друг от друга и примерно на одинаковом расстоянии от опор контактной сети. На этих же опорах должны фиксироваться и возбуждаемые токами высокой частоты провода высоковольтных линий.

Для обеспечения электробезопасности каждый из возбуждающих проводов должен быть соединен с заземлением опоры через запараций контур ЗК-4, если расстояние от тяговой подстанции превышает 5 км, или через согласующий контур СК-6, если это расстояние меньше

5 км. Расстояние между осями контуров, укрепленных на одной гравверсе, должно быть не менее 250 мм. Опора, на которой установлены СК-6 (ЗК-4) и СУ, должна иметь глухое двойное присоединение к рельсу.

Противофазное возбуждение проводов ДПР, расположенных с противоположных сторон пути, должно осуществляться по схеме на рис. 4.10. Противофазность возбуждения достигается тем, что длина одного из кабелей l_2 или l_3 выбирается больше другого на 46 м, т. е. на половину длины волны в коаксиальном кабеле, а для согласования сопротивлений включают отрезок кабеля длиной $l_1 = 9,05$ м и конденсатор емкостью C , равной 680...720 пФ для кабелей с волновым сопротивлением 75 Ом и 1000...1100 пФ для кабелей с сопротивлением 50 Ом. В качестве согласующих устройств можно использовать контуры СК-6, обеспечивающие надежное заземление возбуждающих проводов. Для устранения гальванического влияния коаксиальные кабели к контурам СК-6 должны подключаться через разделительные конденсаторы $C_p > 0,25$ мкФ, поддерживающие напряжение переменного тока не менее 1000 В.

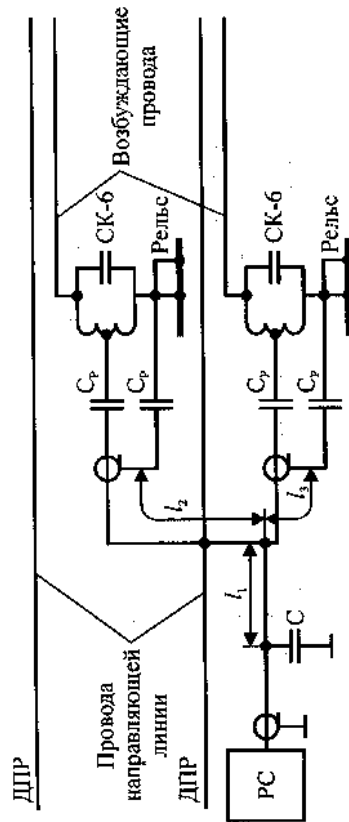


Рис. 4.10. Схема ВЧ возбуждения проводов ДПР, расположенных с противоположных сторон пути

В виде исключения, когда возникает сложность с размещением возбуждающих проводов на опорах контактной сети, стационарные радиостанции присоединяются к проводам высоковольтных линий через специальные конденсаторы связи СМ и блок линейного трансформатора ЛТ-1 (рис. 4.11, а). При расположении проводов высоковольтных линий с разных сторон путей стационарные радиостанции присоединяются с использованием блоков ЛТ-1 и ЛТ-3 по схеме (рис. 4.11, б).

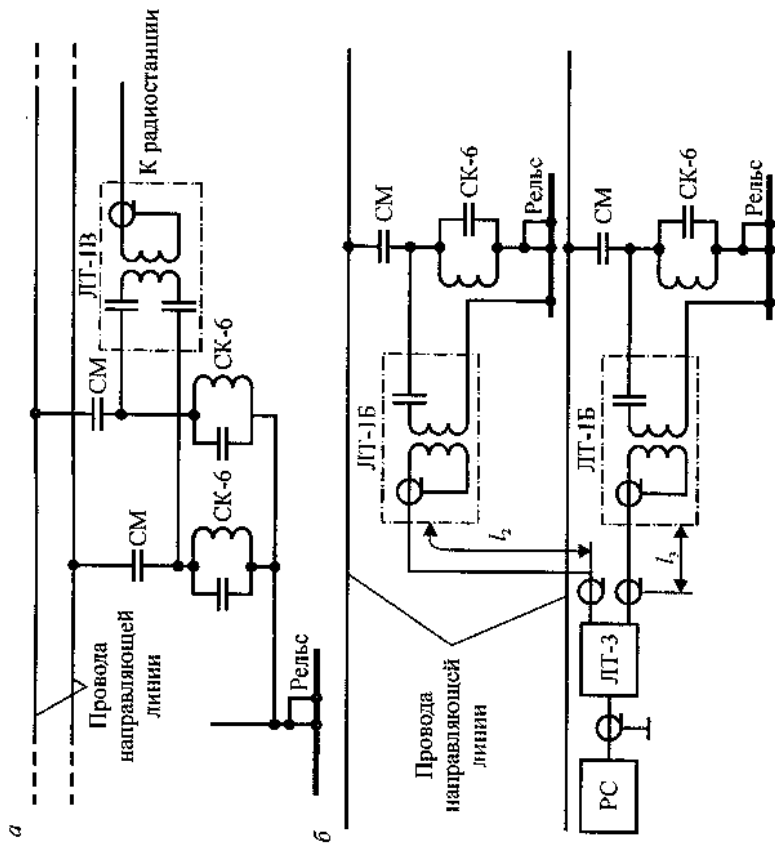


Рис. 4.11. Схемы присоединения радиостанций к направляющей линии с помощью конденсаторов связи и блоков ЛТ

Во всех схемах возбуждения направляющих проводов, применяемых на участках с электроотягой постоянного и переменного тока, оболочки коаксиальных кабелей должны заземляться только у радиостанций, а у согласующих устройств должны быть изолированы, чтобы избежать гальванического влияния, которое может вызвать повреждение кабеля при заземлении его с обеих сторон. Радиостанции должны заземляться на общий контур заземления отдельным проводом.

Направляющая линия в виде специального волнового провода разбивается на секции (особенно при электрической тяге на переменном токе) для снижения наведенной ЭДС от контактной сети. В среднем волноводная секция имеет длину 1000—2500 м (при наведенном напряжении на

концах в 250 В). Длина секции зависит от тягового тока в контактной сети, характера проводимости почвы, одно- или двухпутного пути, волнового сопротивления между волноводной и контурной сетью, расположением тяговой подстанции и высокочастотной обработкой тяговой сети и электрической системы электровоза. Для тяги на постоянном токе и автономной тяговой системы к направляющей системе упрощаются.

Применение высоковольтных линий ДПР и ВЛ в качестве направляющих требует дополнительной высокочастотной (ВЧ) обработки ввиду низкого сопротивления на радиочастоте силовых трансформаторов питающих подстанций, различных нагрузочных приборов, а также возможного прерывания на разъединителях.

Высокочастотная обработка силовых трансформаторов, подключенных к высоковольтным проводам, предусматривается при использовании этих проводов в качестве направляющих линий и предназначается для уменьшения утечки токов высокой частоты в местах подключения трансформаторов, а также для снижения уровня радиопомех в высоковольтных проводах, проникающих в них со стороны потребителей электроэнергии.

Наиболее эффективным способом высокочастотной обработки трансформаторов является включение высокочастотных заградителей в провода отводов в местах их присоединения к высоковольтным проводам. Схемы включения заградителей приведены для однофазных (КТПО) и трехфазных (КТПТ) трансформаторов, подключенных к проводам ДПР (рис. 4.12, а), и для трансформаторов, подключенных к проводам ВЛ (рис. 4.12, б). Если длина проводов отводов не превышает 15 м, то высокочастотные заградители могут включаться непосредственно у силовых трансформаторов. В качестве высокочастотных заградителей в большинстве случаев могут применяться контуры ЗК-4, но на участках с электроотягой переменного тока при расстоянии между силовым трансформатором и ближайшей тяговой подстанцией менее 10 км должны использоваться контуры СК-6.

Для защиты от ВЧ закорачивания служат заградительные фильтры ЗК-4 и запирающие контуры СК-6 (ЗК-4 пропускает рабочий ток до 25 А, СК-6 — до 100 А).

Существуют следующие типы блоков: линейные согласующие трансформаторы (ЛТ); разделительные конденсаторы (РК); запирающие резисторы (ЗР); согласованные нагрузки (СН); согласующие и запирающие контуры (СК-6 и ЗК-4).

Тип трансформатора	Обмотки линейного трансформатора		
	I	II	III
ЛТ-1В	350	50	—
ЛТ-2	700	520	—
ЛТ-2А	520	260	—
ЛТ-3	50	50	50

При выборе блока ЛТ необходимо руководствоваться следующим:
 — волновое сопротивление однопроводного волновода должно быть равным 520 Ом, двухпроводного волновода и двухпроводных направляющих линий из высоковольтных проводов — 700 Ом, коаксиального кабеля — 50 или 75 Ом;

— входное сопротивление направляющей линии при подключении блока ЛТ с конца линии должно быть равным ее волновому сопротивлению, при подключении в середине — половине волнового сопротивления; 75-омный кабель может подключаться к 50-омному входу трансформатора.

Разделительные конденсаторы (РК) предназначены для секционирования волноводов на участках переменного тока. Кроме того, они применяются в схемах соединения волноводов с высоковольтными линиями, используемыми в качестве направляющих линий ПРС.

Запирающие резисторы (ЗР) применяются для заземления волноводов при их секционировании. Сопротивление блоков ЗР на постоянном токе составляет 750 Ом, а на частотах поездной радиосвязи — не менее 15 кОм.

Блоки СН предназначены для включения в местах анкерки волноводов. Блок СН-1, имеющий входное сопротивление 465 Ом, подключается к однопроводному волноводу, СН-2, имеющий входное сопротивление 665 Ом, — к двухпроводному. Блоки обеспечивают мощность рассеивания на нагрузке не менее 15 Вт.

Согласующие и запирающие контуры (СК-6 и ЗК-4) применяются в качестве высокочастотных загрядителей при ВЧ обработке высоковольтных трансформаторов тяговых подстанций и рзьединителей, а также в качестве элементов защитных заземлений. Электрические параметры контуров приведены в табл. 4.3.

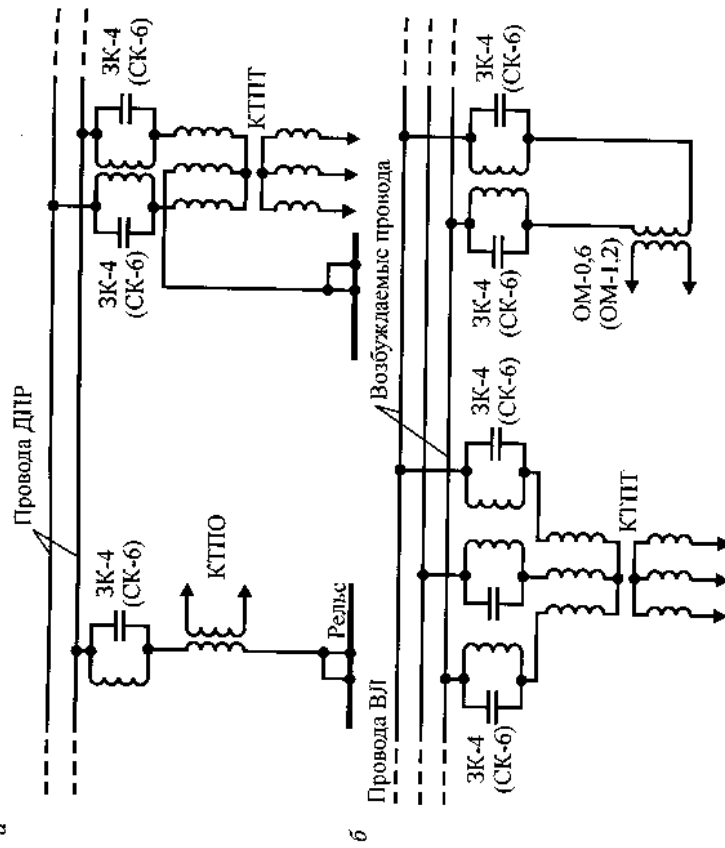


Рис. 4. 12. Схемы ВЧ обработки силовых трансформаторов, подключенных к проводам ДПР (а); подключенных к проводам ВЛ (б)

Линейные согласующие трансформаторы предназначены для соединения направляющих линий ПРС, имеющих различные волновые сопротивления. Параметры линейных согласующих трансформаторов (волновые сопротивления подключаемых линий) приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2
 Волновое сопротивление подключаемых линий

Тип трансформатора	Обмотки линейного трансформатора		
	I	II	III
ЛТ-1	520	50	—
ЛТ-1А	700	50	—
ЛТ-1В	260	50	—

Таблица 4.3

Электрические параметры контуров

Параметры	СК-6	ЗК-4
Сопротивление на постоянном токе, Ом	0,002	0,02
на частоте ПРС, кОм	10	15
Добротность, не менее, %	100	100
Максимальный ток, А	85	32

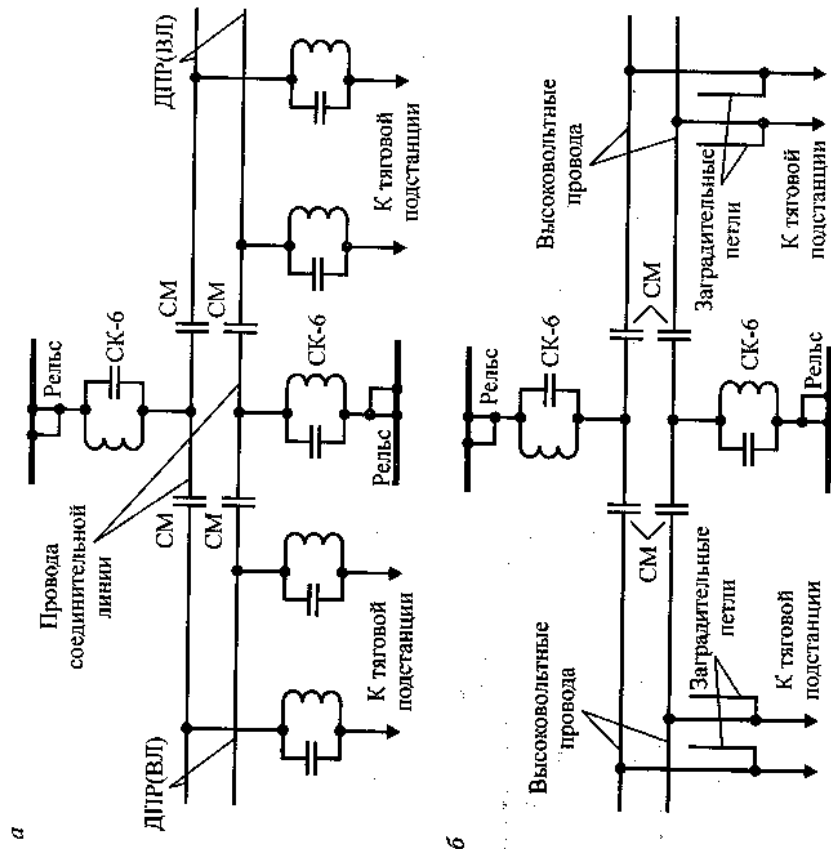


Рис. 4.13. Схемы ВЧ обхода тяговой подстанции для системы проводов ДПР и ВЛ (а) и ДПР-ПП (б)

Кроме защиты от высокочастотного к.з. тяговых подстанций необходимо предусмотреть высокочастотный обход электрических разъединителей (высокочастотные перемычки). Высокочастотная перемычка должна иметь малое сопротивление на частоте поездной радиосвязи и большое для токов промышленной частоты. В схеме перемычки рекомендуется использовать конденсаторы СМП-66 и СММ-20 для проводов ВЛ 10 кВ.

Полная схема высокочастотного обхода тяговой подстанции для проводов ДПР и ВЛ (рис. 4.13, а) отличается от схемы системы проводов ДПР-ПП (рис. 4.13, б) типом заградителей. Высокочастотная перемычка может быть любой с низковольтной соединительной линией (см. рис. 4.13, а) или без нее (см. рис. 4.13, б), где все элементы высокочастотной перемычки установлены на одной опоре, до которой подключены высоковольтные провода. Контуры СК-6, включенные между перемычкой и рельсом, настроены в резонанс на частоту поездной радиосвязи и служат для контроля исправности конденсаторов СМ. В случае пробоя любого из конденсаторов на тяговой подстанции должна сработать защита, снимающая напряжение с высоковольтных проводов в случае их соединения с землей. Для высокочастотного обхода разъединителей следует использовать высокочастотную перемычку (рис. 4.14).

При стыковании различных типов направляющих линий присоединение по высокой частоте одно- и двухпроводных волноводов к проводам высоковольтных линий, используемых для передачи сигналов поездной радиосвязи, следует выполнять с применением линейных трансформаторов ЛТ-2, блоков РК и конденсаторов связи СМ, как показано на рис. 4.15.

Кроме линейной поездной радиосвязи с использованием направляющих линий, гектометровый диапазон частот используется и для организации зонной радиосвязи на станциях, крупных узлах, на промежуточных пунктах перегонов.

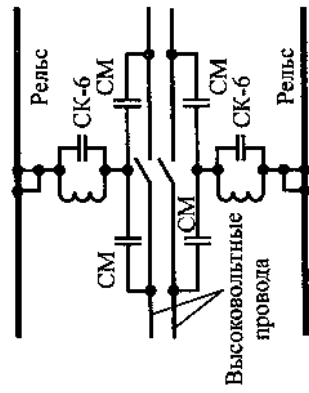


Рис. 4.14. Схема ВЧ обхода разъединителей

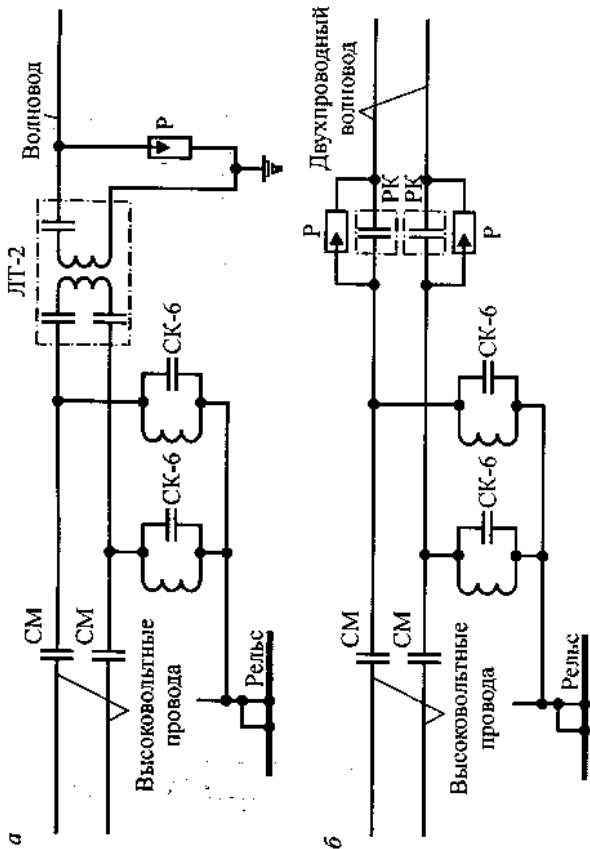


Рис. 4.15. Схемы присоединения однопроводного (а) и двухпроводного (б) волноводов к высоковольтным проводам

4.4. Антенно-согласующие устройства

В гектометровом диапазоне частот ($\lambda \approx 140$ м) геометрические размеры локомотивной антенны намного меньше длины волны и могут иметь разные размеры, а следовательно, разные волновые сопротивления. Стационарные антенны имеют другие особенности, связанные с разными видами направляющих линий, а также ввиду большого расстояния между излучающей системой и радиостанцией требуют дополнительного согласования передающего фидера с выходным каскадом радиостанции, с одной стороны, и с излучающей антенной — с другой.

В состав радиостанций гектометрового диапазона обязательно входит блок АнСУ — антенно-согласующие устройство. Если со стороны радиостанции фидер достаточно просто согласуется (необходимо выбрать коаксиальный кабель нужного волнового сопротивления), то со стороны излучающего элемента необходимо пользоваться АнСУ. При комплексном характере сопротивления антенны необходимо скомпенсировать реактивную составляющую и обеспечить равенство активных нагрузок антенны и генератора.

В АнСУ гектометрового диапазона применяются реактивные сопротивления (конденсаторы и катушки индуктивности, колебательные контуры и трансформаторы). Локомотивные антенны имеют в основном индуктивный характер, и их согласуют по схеме рис. 4.16. Конденсаторы C_p и $C_{св}$ совместно с Z_H образуют параллельный резонансный контур, настроенный на частоту излучения.

Делитель из конденсатора C_p и $C_{св}$ согласует входное сопротивление антенны. Из этого условия выбирается конденсатор $C_{св}$:

$$C_{св} = \frac{\sqrt{R_H(Z_{\phi} - R_H)}}{\omega_0 Z_{\phi} \cdot R_H},$$

$$C_p = \frac{1}{\omega_0 [\omega_0 L_H - \sqrt{R_H(Z_{\phi} - R_H)}]},$$

где Z_{ϕ} — полное сопротивление фидера.

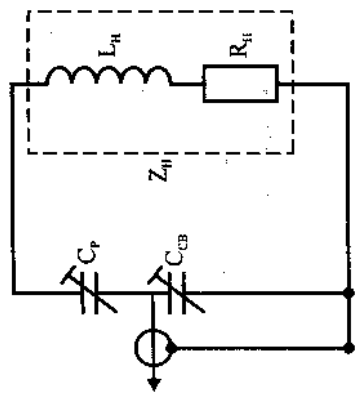


Рис. 4.16. Антенно-согласующее устройство

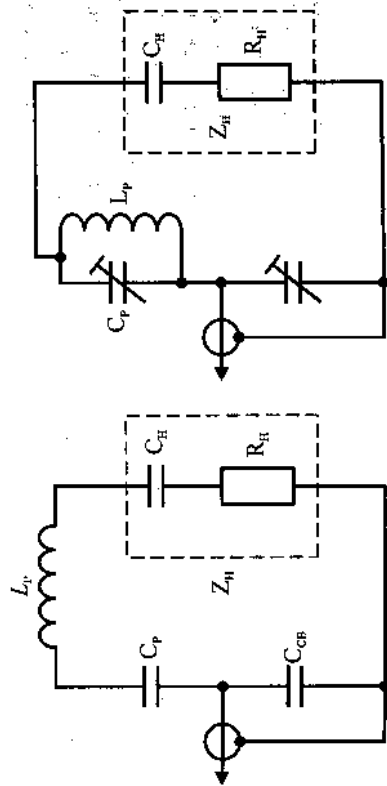


Рис. 4.17. АнСУ для согласования емкостной нагрузки
Рис. 4.18. АнСУ для согласования индуктивной нагрузки

Индуктивное сопротивление антенны компенсируется емкостью конденсаторов C_p и $C_{св}$. Такое согласование возможно только при соотношении:

$$R_n \leq Z_{\phi} \leq R_n + \omega_0^2 L_n^2 R_n^{-1}$$

Для согласования нагрузок, имеющих емкостной характер, используется схема на рис. 4.17.

Последовательно с нагрузкой Z_n включается индуктивность L_p , значение которой выбирается такой, чтобы общее сопротивление цепи было индуктивным. Для согласования цепей с емкостью $C_n < 150$ пФ применяется схема на рис. 4.18. Частота резонанса контура выбирается из условия $\omega_0/\omega_n < 0,7 \dots 0,8$.

Параметры линейной поездной радиосвязи. Дальность действия радиосвязи между стационарной и возимой радиостанциями при изменении направляющих линий определяется по формуле

$$r = \frac{A_{\text{прд}} - U_{\text{мин}} - A_{\text{пер}} - \sum a_{\text{ст}} - \sum a_{\text{лин}} - \sum a_{\text{лок}}}{a_n}$$

где $A_{\text{прд}}$ — выходной уровень сигнала передатчика радиостанции, дБ мкВ; для большинства действующих радиостанций дБмкВ; при работе радиостанций на две нагрузки (например, на направляющую линию и антенну) $A_{\text{прд}}$ снижается до 145 дБ;

$U_{\text{мин}}$ — минимально допустимый уровень полезного сигнала с учетом минимально допустимого отношения сигнал/помеха в 6 дБ на входе радиоприемной части и волнообразного изменения уровня напряженности поля зависит от примененной схемы направляющего волновода и энергоснабжения подвижного состава, определяющего уровень помех;

$A_{\text{пер}}$ — переходное затухание между направляющей линией и антенной возимой радиостанции, зависит от типа направляющей линии и типа энергоснабжения;

$\sum a_{\text{лин}}$ — суммарное затухание сигнала в линейных устройствах, связанных с высокочастотной обработкой силовых линий, изменением схемы направляющих линий на перегонах;

$\sum a_{\text{лок}}$ — суммарное затухание сигнала в локомотивных устройствах, связанных с затуханием в АСУ, типом подвижной единицы;

a_n — постоянная затухания направляющей линии на перегоне $a_n = 2$ дБ.

Расчетные данные, полученные для стандартного перегона (в среднем), приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Расчетные данные дальности действия радиосвязи

Тяга	Тип направляющих линий	$U_{\text{мин}}^{\text{РС}}$	$U_{\text{мин}}^{\text{РС}}$	Потери, дБ	Расчетная дальность, км
Электрическая переменного тока, 25 кВ	Провода ДПР, подвешенные с одной стороны путей	72	70	47	7
	Провода ДПР, подвешенные с разных сторон пути	72	68	42	11
	Двухпроводный волновод	72	68	34	14
Электрическая постоянного тока	Однопроводный волновод, подвешенный под проводом ДПР	72	66	47	8
	Двухпроводный волновод	70	58	34	15
	Однопроводный волновод	70	58	40	12
Автономная	Цветные цепи	70	52	58	6
	Два провода ВЛ	47	59	54	15
	Цветные цепи	47	39	58	14

4.5. Зонная радиосвязь гектометрового диапазона

Зонная радиосвязь организуется на станциях и крупных узлах. В качестве стационарных антенн применяются Г-образные или Т-образные антенны. Основные параметры антенн: η_a — КПД, зависящий от высоты установки антенны (H) и коэффициента направленности $D = 1,5$. Для расчета дальности радиосвязи определяют минимально доступную напряженность поля сигнала $E_{\text{доп}}$ мкВ/м в точке приема и напряженность поля E_a , создаваемой антенной передатчика в зависимости от расстояния между антенной и местом приема. Допустимая напряженность поля в точке приема зависит от уровня помех и определяется видом тяги подвижного состава. Напряженность поля антенны передатчика зависит от типа антенны, высоты установки, электропроводности почвы и др.

Стационарные антенны должны иметь высоту не менее 15 м, а общая длина горизонтальной части и снижения определяется по формуле

$$L_r = 0,25\lambda - 0,5 H,$$

где λ — длина волны;

H — высота (длина снижения) подвеса горизонтальной части, м (определяется расчетом).

В качестве антенного провода должен использоваться антенный кабель ПАМГ-10, изолируемый от мачт тремя орешковыми изоляторами. Горизонтальную часть антенны следует располагать вдоль железнодорожного пути. Снижение антенны рекомендуется выполнять на мачте, удаленной от здания. Снижение подключается к антенно-согласующему устройству, которое соединяется с радиостанцией коаксиальным кабелем. Стационарные антенны должны оборудоваться рабочими заземлениями с сопротивлением не более 10 Ом.

4.6. Аппаратура поездной радиосвязи

В сетях поездной радиосвязи применяются радиостанции, в основном современные стационарные аппараты типа РС-46М (Владимирского завода), РС-46МЦ (Ижевского завода), 460 РС-Д, возимые аппараты типа РВ-1, РВ-1.1.М, РВ-1.М.2, распорядительная станция СР-234 и СР-234М. На отдельных участках еще применяются радиостанции системы ЖР с распорядительными станциями СР-1, СР-34.

Радиостанция РС-46М. Эта радиостанция представляет собой законченную конструкцию с двумя выносными пультами (рис. 4.19). Радиостанция предназначена для работы в системе линейной и зонной поездной радиосвязи, управляется по двух- или четырехпроводной линии связи со стороны распорядительной станции СР-234М, имеет сменный приемопередатчик — УПП-1М (2,150 МГц) или УПП-2М (1,50-1,55 МГц). В системе линейной поездной радиосвязи, построенной с применением радиостанций РС-46М, участвуют до 50 радиостанций, размещенных вдоль железнодорожного полотна. Линейные выходы радиостанций подключаются к линии диспетчерской связи (ЛДС), к которой подключена также СР-234 поездного диспетчера, который управляет радиостанцией (включение, выключение, ведение переговоров) по ЛДС. В случае занятости этой линии на разговор с машинистом может выходить дежурный по станции с пульта управления стационарного (ПУС), отнесенного от радиостанции до 15 км.

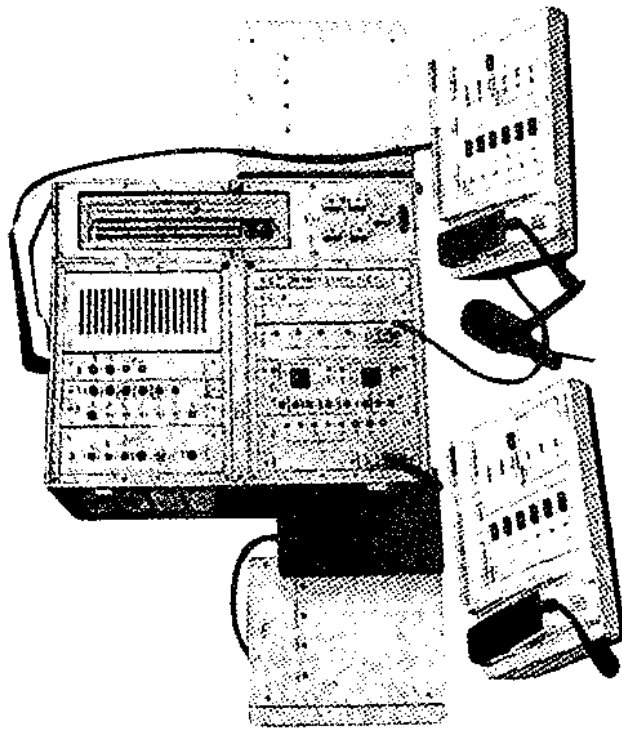


Рис. 4.19. Радиостанция РС-46М

Структурная схема радиостанции приведена на рис. 4.20.

Руководит связью поездной диспетчер с распорядительной станцией СР-234. Для вызова нужного локомотива диспетчер посылает команду на подключение к ЛДС той радиостанции, которая находится ближе к локомотиву. После подключения к ЛДС устройство РПО-46 (радиопроводного оборудования радиостанции) формирует:

— команды «ЗАНЯТО» и посылает их к линии ДУ1, ДУ2 на оба пульта ПУС;

— сигнал, подтверждающий подключение этой радиостанции к ЛДС, и посылает его в ЛДС на СР-234;

— сигнал тонального вызова частотой 1000 Гц на первом канале и посылает его в эфир.

Диспетчер голосом вызывает нужный ему локомотив. Управление режимами «ПРИЕМ» и «ПЕРЕДАЧА» радиостанции во время переговоров диспетчера с машинистом локомотива осуществляется посылкой на ЛДС соответствующих команд с распорядительной станции СР-234.

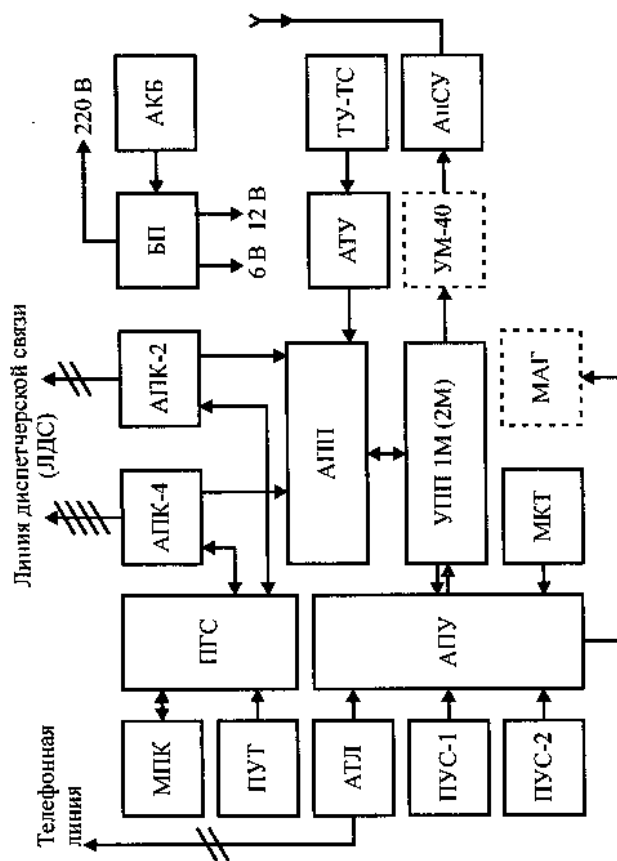


Рис. 4.20. Структурная схема радиостанции РС-46М:

МПК — микропроцессорный контроллер; ПУТ — пульт управления технологический; ПГС — приемник-генератор сигналов; АПК-4 — адаптер 4-проводного канала; АПК-2 — адаптер 2-проводного канала; АПУ — адаптер телефонных устройств; АПЛ — адаптер телефонной линии; ПУС1 — пульт управления стационарный (первый); ПУС2 — пульт управления стационарный (второй); МКТ — микрофонная трубка; МАГ — магнитофон; АПП — адаптер приемопередатчика; УПП — унифицированный приемопередатчик; УМ-40 — дополнительный усилитель мощности; АТУ — адаптер связи с ТУ-ТС; БП — блок питания; АКБ — аккумуляторная батарея; АПСУ — антенно-согласующее устройство

После завершения переговоров с СР-234 на радиостанцию поступает команда «ОТБОЙ», отключающая радиостанцию от ЛДС. Одновременно в линии ДУ1 и ДУ2 поступает с устройства РПО команда «ЗАНЯТО» на оба пульта ПУС-46. (Поездной диспетчер имеет приоритетное право вызова и ведения переговоров.)

Дежурный по станции может вызвать нужный ему локомотив с помощью пульта ПУС, если радиоканал не занят поездным диспетчером или другим пультом ПУС, подключенным к тому же РПО. (В случае занятости радиоканала светится индикатор «ЗАНЯТО» на передней

панели пульта ПУС.) Для этого необходимо нажать кнопку «ВЫЗОВ ЛОК» на пульте ПУС, предварительно сняв МТ с трубки держателя или нажав кнопку «ОТКР. КАНАЛ» на пульте ПУС. Услышав звуковое подтверждение вызова, дежурный по станции голосом вызывает нужный ему локомотив. Ведение радиотелефонных переговоров осуществляется с помощью МТ или микрофона, педали и громкоговорителя. Управление режимами работы устройства РПО «ПРИЕМ» и «ПЕРЕДАЧА» осуществляется посылкой в линию ДУ соответствующих команд с пульта ПУС.

При необходимости перевода радиостанции на другой радиоканал дежурный по станции нажимает кнопку «КАНАЛЫ 1-6» на передней панели пульта ПУС. В этом случае пульт ПУС формирует и посылает соответствующую команду в линию ДУ на устройство РПО. Устройство РПО посылает в линию ДУ на пульт ПУС команду-подтверждение перевода радиостанции на нужный радиоканал. Индикация выбранного канала осуществляется с помощью свечения соответствующего светодиода на передней панели пульта ПУС.

Дежурный по станции также имеет возможность вести переговоры с поездным диспетчером. Для этого необходимо нажать кнопку «ЛИНИЯ» на пульте ПУС (линия ДУ подключается к ЛДС, о чем свидетельствует постоянное мигание индикатора «ЛИНИЯ» на передней панели пульта ПУС) и голосом вызвать поездного диспетчера.

В экстренной ситуации дежурный по станции может взять управление радиостанцией на себя даже в том случае, если у него на ПУС горит индикатор «ЗАНЯТО». Аварийный режим включается следующим образом: дежурный снимает трубку и прослушивает занятый радио/проводной канал, при экстренной необходимости разрушает его с захватом управления на себя путем одновременного нажатия кнопок «КОНТРОЛЬ» и «ОТКР. КАНАЛ» на своем ПУС. После этого управление радиостанцией осуществляется в соответствии с вышеописанным. Все переговоры дежурного по станции должны заканчиваться установкой МТ в держатель либо нажатием кнопки «ОТКР. КАНАЛ» при полной трубки.

Контроль исправности описываемой радиостанции производится посылкой соответствующей команды в ЛДС на устройство РПО. Если радиостанция исправна, то в ЛДС поступает соответствующая ответная команда. Контроль исправности радиостанции с пульта ПУС производится посылкой соответствующей команды в линию ДУ на устрой-

ство РПО. Для этого необходимо при нажатой кнопке «КОНТРОЛЬ» нажать и отпустить кнопку «ВЫЗОВ ДНЦ» на передней панели пульта ПУС при закрытом канале.

Если радиостанция исправна, то ответная команда с устройства РПО приведет к постоянному свечению всех индикаторов на пульте ПУС. При переводе радиостанции в режим «ПЕРЕДАЧА» с пульта ПУС осуществляется запрос исправности передающего устройства. Если радиостанция исправна, то ответная команда с устройства РПО приводит к постоянному свечению индикатора «ПЕРЕДАЧА» на пульте ПУС. При необходимости поездной диспетчер и дежурный по станции могут быть вызваны машинистом локомотива. Для вызова поездного диспетчера машинист передает с локомотивной радиостанции сигнал тонального вызова частотой 700 или 2100 Гц для вызова дежурного по станции или оператора малой распорядительной станции — сигнал тонального вызова частотой 1400 Гц.

При приеме вызова 700 или 2100 Гц и 1400 Гц радиостанциями РС-46.3-8 и РС-46.1-12, работающими в режиме «без дежурного по станции», к ЛДС подключается радиостанция с лучшим качеством связи, блокирует остальные радиостанции и формирует сигнал частотой 900 Гц для подтверждения приема вызова на локомотивную радиостанцию. При этом при вызове поездного диспетчера и оператора малой распорядительной станции устройство РПО формирует и посылает команду «ЗАНЯТО» в линии ДУ1 и ДУ2 на оба пульта ПУС, а при вызове дежурного по станции устройство РПО формирует и посылает команду «ПРИЕМ 1400 Гц» в линии ДУ1 и ДУ2 на оба пульта ПУС.

Радиостанция переводится в режим «ПРИЕМ», когда:

- получен с локомотивной радиостанции сигнал тонального вызова частотой 1400 Гц (индикатор ДСП на пульте ПУС светится прерывисто на протяжении 15 с. По истечении этого времени радиостанция переводится в состояние предшествующее вызову: открытый либо закрытый канал);

- по команде с РС-234М или команде от радиостанций, работающих в режиме малой распорядительной станции, устройство РПО подключено к ЛДС;

- получен с локомотивной радиостанции сигнал тонального вызова 700 или 2100 Гц и при приеме вызова 1400 Гц радиостанциями РС-46.3-8 и РС-46.1-12, работающими в режиме «без дежурного по станции», и устройство РПО подключено к ЛДС;

- по команде с пульта ПУС (при нажатии кнопки «ЛИНИЯ» на пульте ПУС) устройство РПО подключено к ЛДС (индикатор «ЛИНИЯ» на пульте ПУС мигает).

Радиостанция переводится в режим «ПЕРЕДАЧА», когда:

- МТ снят с трубокдержателя пульта ПУС и нажата тангента (индикатор «ПЕРЕДАЧА» на пульте ПУС светится постоянно);

- нажата кнопка «ОТКР. КАНАЛ» на пульте ПУС и нажата педаль (индикатор «ПЕРЕДАЧА» на пульте ПУС светится постоянно);

- поступила команда «ПЕРЕДАЧА»;

- сформирован сигнал подтверждения 900 Гц при приеме вызывного сигнала от вагона-лаборатории (частотой 1100, 1200 или 1300 Гц) или от машиниста локомотива (700 или 2100 Гц) или при приеме вызова ДСП (1400 Гц).

Алгоритм вызова диспетчером машиниста (связь ДНЦ—ЛОК) состоит в следующем:

- СР-234М посылает в линию двухчастотный сигнал избирательного подключения (СИП) 250 + 250 мс, который поступает на приемник ПГС (путь прохождения сигнала показан на временных диаграммах рис. 4.21);

- при приеме СИП РС-46М формирует или не формирует (в соответствии с параметром ПР) частоту 1000 Гц вызова локомотива и модулирует ею несущую (время генерации определается параметром СВ и находится в пределах 1...5 с);

- перед посылкой от РС-46М сигнала контроля подключения (СКП) формируется посылка частотой 1000 Гц (заполненная пауза) длительно, определяется параметром ПР;

- генерация частоты в радиоканал и сигнала СКП заканчиваются одновременно;

- в пульты ПУС посылается команда «ЗАНЯТО»;

- время составления канала в направлении ДНЦ—ЛОК не более 5 с;

- СР-234М переводит РС-46М в режим передачи при приеме команды «ПЕРЕДАЧА» (2227/2295 Гц, 100 + 100 мс), при приеме команды «ПРИЕМ» (2295/2227 Гц, 100 + 100 мс);

- командой «ОТБОЙ» (1071/1207 Гц, 250 + 250 мс) РС-46М переводится в режим «ДЕЖ. ПРИЕМ»;

- дежурный по станции (ДСП) может прослушивать ведущиеся переговоры нажатием кнопки «ОТКР. КАНАЛ».

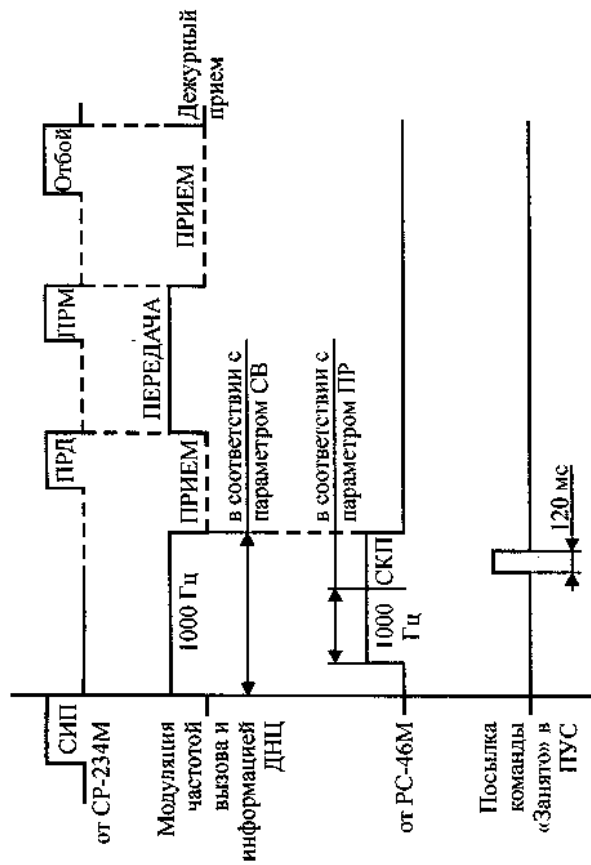


Рис. 4.21. Диаграмма установления связи ДНЦ-ЛОК в режиме тонального управления

Алгоритм вызова диспетчера машинистом (связь ЛОК—ДНЦ) состоит в следующем:

- ЛОК излучает несущую, модулированную частотой 700 или 2100 Гц (путь прохождения сигнала показан на временных диаграммах на рис. 4.22);
- обработка вызывных частот производится цифровым фильтром (устройство АТУ);
- через 300 мс АТУ принимает решение о приеме частоты и включается в работу устройство автовыбора, необходимое для того, чтобы к линии подключилась одна из принимающих станций радиостанций;
- время работы устройства автовыбора зависит от уровня сигнала на входе приемника и определяет время, через которое РС-46М посылает в линию сигнал «БЛОКИРОВКА» (1343 Гц) длительностью, определяемой параметром БС (200, 400, 600, 800 мс);
- во время автовыбора приемник сигнала БЛОКИРОВКА становится активным и при приеме «чужой» блокировки радиостанция отбивается (обработка последующих вызовов 700, 2100 Гц становится возможной через 5 с);

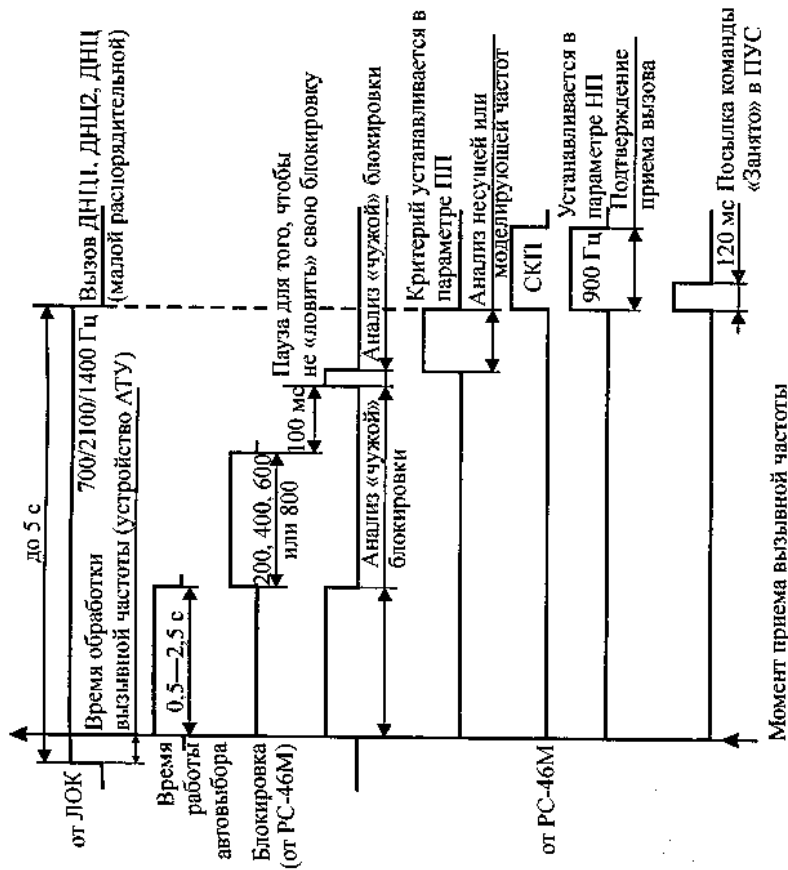


Рис. 4.22. Диаграмма установления связи ЛОК—ДНЦ

- если станция выбирается, то после генерации блокировки и после паузы производится анализ приемника блокировки;
- при наличии сигнала «чужой» блокировки станция отбивается, в случае отсутствия такого сигнала производится анализ наличия несущей или модулирующей частот, т. е. ожидается окончание вызова (критерий анализа устанавливается в параметре ПП);
- по окончании вызова РС-46М посылает в проводной канал СКП, в радиоканал выдается сигнал подтверждения вызова (ППВ) частотой 900 Гц (наличие или отсутствие подтверждения определяется параметром НП);

При наличии малой распорядительной станции аналогичная обработка сигнала будет производиться при вызове с «ЛОК» частотой

1400 Гц локальными радиостанциями в режиме «без дежурного по станции».

Алгоритм вызова дежурного по станции машинистом (связь ЛОК—ДСП) следующий:

- «ЛОК» излучает несущую модулированную частотой 1400 Гц;
- цифровой фильтр (АГУ) выделяет частоту, в радиоканал выдается сигнал подтверждения ПШВ, в пульты ПУС подается команда вызова ДСП (на ПУС загорается индикатор «ОТКР. КАНАЛ» и мигает индикатор «ДСП» в течение 15 с).

Алгоритм вызова машиниста дежурным по станции (ДСП—ЛОК) следующий:

- ДСП снимает трубку и нажимает кнопку «ВЫЗОВ ЛОК» (несущая модулируется частотой 1000 Гц);
 - ДСП голосом вызывает конкретный локомотив и ведет переговоры.
- Работа речевого информатора (РИ) происходит в следующем порядке:
- РИ подключается к разъему ТУ-ТС радиостанции;
 - работа РИ определяется параметром ПС;
 - при срабатывании РИ текущий режим работы разрушается, выход в режим возможен по окончании работы РИ.

Перед началом работы радиостанции ее настройка осуществляется через временно переключаемый пульт управления технологический (ПУТ), с помощью которого программируется микропроцессор станции и УПП.

Радиостанция РС-46МЦ. Эта радиостанция (рис. 4.23) и ее модификации предназначены для работы в линейных сетях технологической радиосвязи в качестве стационарной радиостанции, управляемой по линейному каналу связи со стороны распорядительной станции и (или) со стороны пультов управления, которые могут находиться как непосредственно в месте установки радиостанции (ближние), так и на расстоянии до 20 км, с использованием каналов связи (вынесенные). На железнодорожном транспорте радиостанция применяется в сетях ПРС-С и РОРС-Л.

По климатическим и механическим воздействиям радиостанция удовлетворяет требованиям ГОСТа для аппаратуры 2-й группы 2-й степени жесткости. По основным электрическим параметрам при работе в метровом диапазоне волн радиостанция соответствует ГОСТу для радиостанций 2-го типа.

В зависимости от типа используемого линейного канала радиостанция выпускается в двух вариантах для работы:

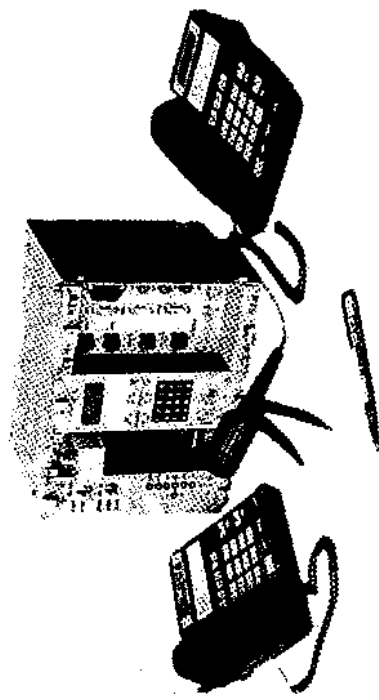


Рис. 4.23. Радиостанция РС-46МЦ

- по каналам цифровых систем связи (далее — цифровой вариант);
- по аналоговым каналам связи — каналам ГЧ аппаратуры уплотнения и физическим двухпроводным целям (далее — аналоговый вариант).

Цифровой вариант радиостанции обеспечивает совместную работу с аппаратурой ОТС-Ц. Аналоговый вариант радиостанции обеспечивает совместную работу по каналам НЧ и ГЧ с существующими распорядительными станциями СР-34 и СР-234М и распорядительными станциями цифровых систем связи ДСС, ДХ-500-ЖТ, «Обь-128» и ОТС-ЦМ.

Характеристика работы радиостанции. Электрические параметры и характеристики приемопередатчика радиостанции обеспечивают совместную работу с эксплуатируемыми на сети железных дорог радиосредствами. Радиостанция работает в симплексном режиме в диапазонах гектометровых или метровых волн; выбор рабочего диапазона определяется установкой в радиостанцию соответствующего приемопередатчика с антенно-фидерными устройствами, (антенной или АНСУ). В диапазоне гектометровых волн радиостанция обеспечивает работу в режиме одночастотного симплекса на одной из двух частот 2130 или 2150 кГц. В диапазоне метровых волн радиостанция обеспечивает работу в режиме одно- и двухчастотного симплекса на любой паре из 172 рабочих частот в диапазоне частот от 151,725 до 156,000 МГц с разностью частот между соседними частотами 25 кГц.

Рабочим частотам присвоены порядковые номера, которые распределены в выделенной полосе частот следующим образом: с 1 по 92 — частоты с 15,725 до 154,000 МГц; с 93 по 132 — частоты с 155,000 по 155,975 МГц; с 133 по 171 — частоты с 154,025 по 154,975 МГц; 172 — частота 156,000 МГц. Все операции, выполняемые в условиях эксплуатации по выбору и установке рабочих частот, производятся по присвоенным им порядковым номерам.

В диапазоне метровых волн радиостанция работает на одном из шести каналов, переключаемых оперативно с пульта управления, причем рабочие частоты устанавливаются неоперативно набором из разрешенной сетки частот при конфигурировании радиостанции. Рабочие частоты устанавливаются неоперативно набором из разрешенной сетки частот при конфигурировании радиостанции.

В диапазоне метровых волн радиостанция обеспечивает совместную работу с блоком усиления мощности высокой частоты УМ-40, а также круглосуточную работу при соотношении времени режимов «ПЕРЕДАЧА» и «ПРИЕМ» 1:3. Время непрерывной работы на передачу составляет не более 60 с.

Значения электрических параметров приемопередающих трактов радиостанции определяются примененным типом УПП и приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5
Электрические параметры приемопередающих трактов РС-46МЦ

№ п/п	Параметры	УПП-1	УПП-2
1	Мощность несущей частоты (при $Z_n = 50 \text{ Ом}$), Вт	12±2	9±1
2	Максимальная девиация, кГц	2,5	5
3	Чувствительность приемника (СИНАД), мкВ	5	0,5
4	Чувствительность модуляционного входа по: микрофону линейному 2-проводному входу, мВ линейному 4-проводному входу, мВ входу ТУ-ТС, мВ	8±3 150±20 1200±200 200±50	8±3 150±20 1200±200 200±50
5	Коэффициент нелинейных искажений	5	5
6	Коэффициент нелинейных искажений приема, %	5	5

Устройство и работа составных частей радиостанции. Основой радиостанции является устройство радиопроводного оборудования

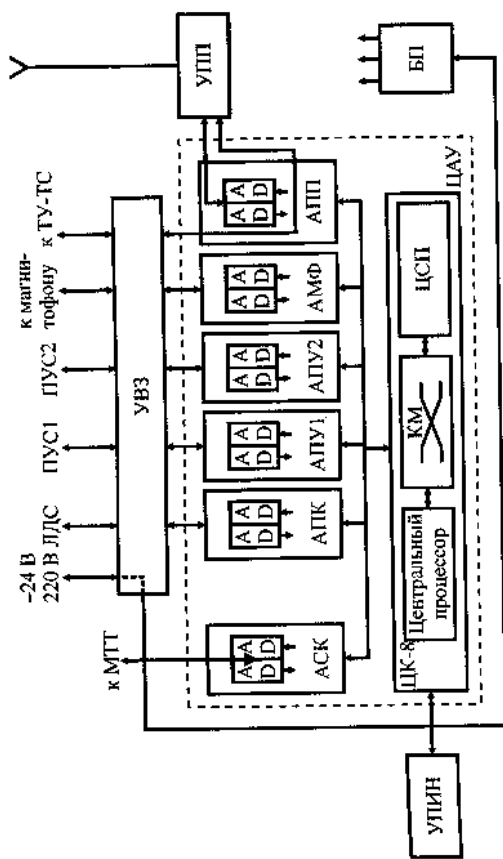


Рис. 4.24. Структурная схема РПО РС-46МЦ

(РПО), структурная схема которого приведена на рис. 4.24. Аналоговые тональные и речевые сигналы от внешних устройств (станции распределительной, пультов ПУС, устройства телеуправления и телесигнализации) поступают на соответствующие адаптеры, где производится их обработка: согласование по уровням, филь-трация, выделение управляющих команд и преобразование в цифровой код.

Распределенные во времени цифровые отсчеты аналоговых сигналов поканально объединяются общей шиной и передаются на плату ЦК-8 (цифровой коммутатор) в коммутационную матрицу (КМ). ЦСП (цифровой сигнальный процессор) анализирует информацию в каналах и при появлении управляющих команд формирует цифровую процессор, который дает команду коммутационной матрице на организацию соединения двух адаптеров. Цифровые отсчеты от одного адаптера поступают на другой, где преобразуются в аналоговый сигнал, согласовываются по уровню и передаются в линию связи. При необходимости организации группового канала ЦСП производит цифровое суммирование отсчетов нескольких адаптеров.

Устройство РПО состоит из следующих ячеек:

— УПП-1 или УПП-2 (приемопередающее устройство);

— ЦАП (цифроаналоговое устройство);

- БП (электропитающее устройство);
- УВЗ (устройство ввода и защиты);
- УПИИ (устройство управления и индикации).

Устройство ЦАУ обеспечивает взаимодействие приемопередатчика, линий диспетчерской связи (ЛДС), пультов ПУС и устройств ТУ-ТС, которое в свою очередь состоит из:

- ЦК (цифровой коммутатор);
- АПП (адаптер приемопередатчика);
- АПК 2/4 (адаптер двух и четырехпроводных каналов);
- АПУ (адаптер пульта управления);
- АСК (адаптер служебного канала);
- АМФ (адаптер магнитофона).

Алгоритм функционирования устройства ЦАУ (см. рис. 4.24) следующий: сигналы от адаптеров по последовательному каналу (общей шине с временным разделением каналов) поступают на цифровой коммутатор ЦК, который по наличию управляющей информации осуществляет связь соответствующих адаптеров. Отображение состояния радиостанции производит устройство УПИИ.

Цифровой коммутатор ЦК-8 предназначен для распознавания и формирования управляющих сигналов, организации связи между адаптерами и для управления адаптерами (см. рис. 4.24). Основой ЦК-8 является коммутационная матрица. Управление коммутационной матрицей (КМ) осуществляет центральный процессор (ЦП). В исходном состоянии оцифрованные линейные сигналы от адаптеров по последовательному каналу поступают на КМ, которая организует их вывод на цифровой сигнальный процессор ЦСП. ЦСП производит анализ сигналов от адаптеров и при появлении управляющих сигналов от периферийных устройств сообщает ЦП, какой сигнал и от какого адаптера получен. ЦП, приняв эту информацию, организует соответствующие каналы связи между адаптерами в коммутационную матрицу КМ. Для подачи управляющих сигналов на периферийные устройства ЦП дает соответствующую команду ЦСП и организует необходимый канал в КМ между ЦСП и адаптером. ЦСП по этому каналу передает оцифрованный управляющий сигнал. Для отображения информации о состоянии оборудования и управления системой между ЦП и УПИИ организован канал связи. Синхронизацию узлов ЦК-8 и адаптеров осуществляет генераторное оборудование.

АПК2/4 и АЦК предназначены для стыковки радиостанции с ЛДС, к которой на противоположном конце подключается распорядительная

станция. В радиостанции устанавливается один из этих адаптеров в зависимости от того, какой тип линии связывает радиостанцию и распорядительную станцию.

Структура АПК2/4, сконфигурированная для работы с двухпроводным интерфейсом, приведена на рис. 4.25.

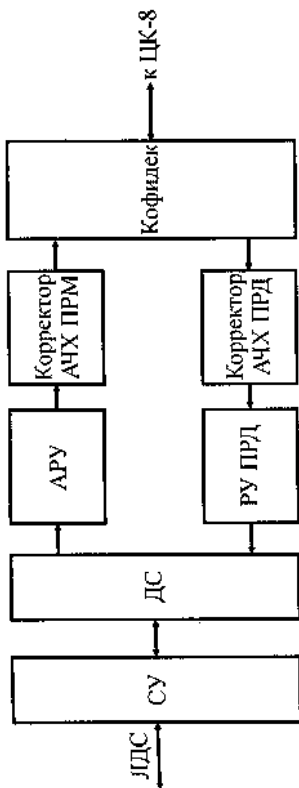


Рис. 4.25. Структурная схема АПК 2/4 РС-46МЦ

В режиме «ПРИЕМ» сигнал от двухпроводной ЛДС поступает на согласующее устройство (СУ), которое производит согласование, гальваническую развязку и защиту адаптера. От СУ сигнал поступает на дифференциальную систему (ДС), которая производит согласование двухпроводного окончания ЛДС с четырехпроводным кифидеком, далее — на схему автоматической регулировки усиления (АРУ), схему корректора АЧХ приема, предназначенную для компенсации амплитудно-частотных искажений сигнала в ЛДС, и на кифидек. Кифидек фильтрует принятый сигнал, выделяя диапазон разговорных частот, оцифровывает его и передает в ЦК-8.

В режиме «ПЕРЕДАЧА» цифровой сигнал ЦК-8 поступает на кифидек, где преобразуется в аналоговую форму. С кифидека сигнал передается на корректор АЧХ передачи, регулятор уровня передачи (РУ ПРД), ДС, СУ и в ЛДС.

Структурная схема АПК2/4 для четырехпроводного подключения представлена на рис. 4.26. В режиме «ПРИЕМ» сигнал от ЛДС поступает на согласующее устройство приема (СУ ПРМ), АРУ и корректор, где производится согласование его амплитудных характеристик и далее — на кифидек. В режиме «ПЕРЕДАЧА» аналоговый сигнал от кифидека через корректор АЧХ и регулятор уровня (РУ ПРД) поступает на согласующее устройство передачи (СУ ПРД), где производится его

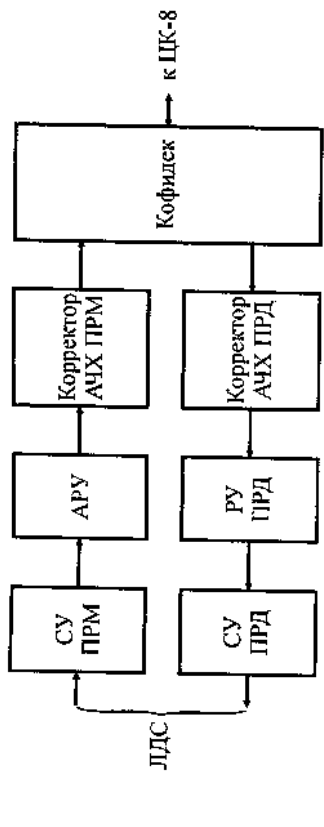
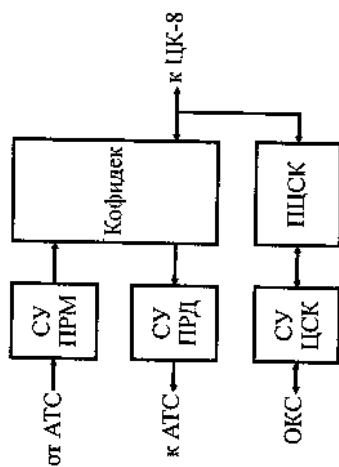


Рис. 4.26. Структурная схема для четырехпроводного адаптера

согласование с линией, и далее в ЛДС. Замена ячейки АПК на АЦК позволяет подключать радиостанцию РС-46МЦ непосредственно к цифровому каналу.

Структурная схема АЦК представлена на рис. 4.27. Работа речевого канала АЦК аналогична АПК2/4 для четырехпроводного подключения. Отличие заключается в том, что служебная информация передается не по речевому каналу, а по общему каналу связи (ОКС). Для доступа к ОКС в АЦК имеется процессор (ПЦСК), который кодирует и декодирует информацию ОКС и направляет ее в ЦК-8. Связь с ОКС осуществляется через согласующее устройство (СУ ЦСК).

Рис. 4.27. Структурная схема АЦК РС-46МЦ



АПП (адаптер приемопередатчика) предназначен для стыковки всех устройств ЦАУ с приемопередатчиком радиостанции, управления приемопередатчиком передачи и приема сигналов телеуправления и телекоммуникации.

Структурная схема АПП представлена на рис. 4.28. Работа речевого канала АПП аналогична АПК2/4 для четырехпроводного интерфейса, соединение АПП и УПП производится по симметричному каналу. Про-

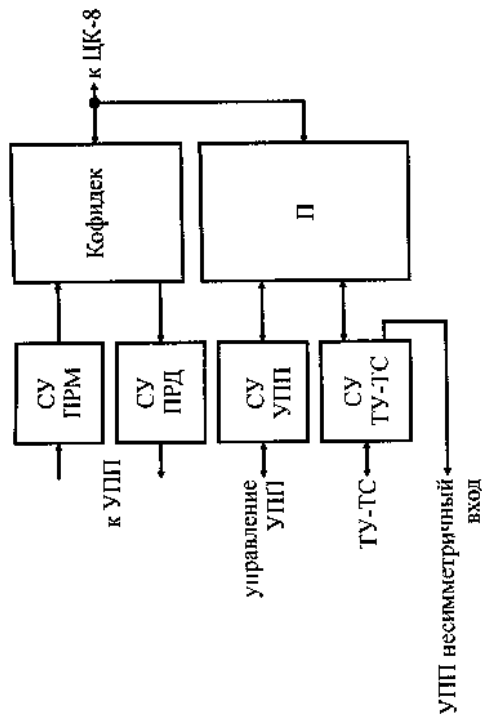


Рис. 4.28. Структурная схема АПП РС-46МЦ

цессор (П) предназначен для организации управления приемопередатчиком командами, поступающими от ЦК-8 или устройств ТУ-ТС через согласующие устройства, а также передача информации о состоянии УПП на ЦК-8. Передача и прием информации ТУ-ТС осуществляется через согласующее устройство (СУ ТУ-ТС) на несимметричные выходы УПП.

АПУ (адаптер пульта управления) предназначен для организации связи с ПУС и обеспечивает обмен служебной и речевой информацией по двухпроводной линии связи. Структурная схема АПУ представлена на рис. 4.29. Разговорный тракт АПУ аналогичен АПК2/4 для двухпроводного подключения (за исключением отсутствующих в приемном тракте схем АРУ и регулятора АЧХ приема). Обмен служебной информацией с ПУС производится двухчастотными тональными посылками (код DTMF) по той же физической линии связи, по которой передаются речевые сигналы. Формирование и анализ частотных посылок производят приемопередатчик и процессор (П), который поддерживает связь с ЦК-8 по последовательному каналу.

АСК (адаптер служебного канала) предназначен для организации служебных переговоров по любому из каналов, поддерживаемых радиостанцией, при ремонте или техническом обслуживании устройств. Структурная схема АСК идентична АПК2/4 для двухпроводного под-

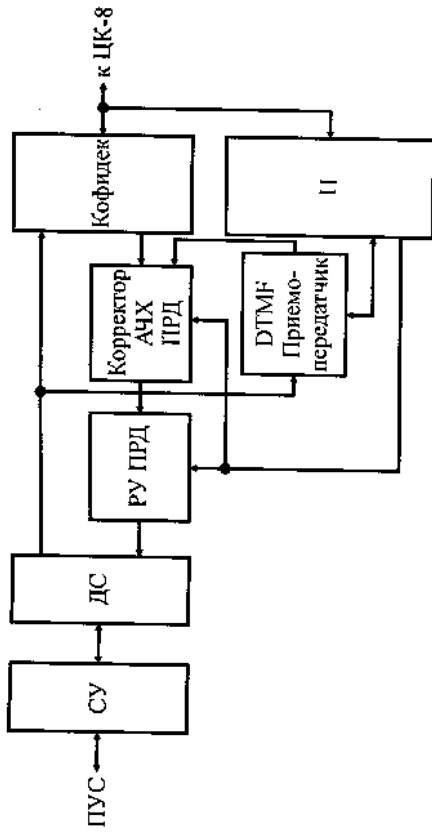


Рис. 4.29. Структурная схема АПУ РС-46МЦ

ключения за исключением отсутствующих в приемном и передающем трактах схем АРУ, РУ и корректоров АЧХ.

АМФ (адаптер магнитофона) предназначен для передачи на магнитофон переговоров, ведущихся через радиостанцию и подключения речевого аудиореформатора. Структурная схема АМФ идентична АПК2/4 для четырехпроводного подключения.

УПИИ (устройство управления и индикации) предназначено для задания режимов работы и отображения состояния радиостанции, а также для организации управления при ремонте и обслуживании. Это устройство содержит процессор, который периодически проводит опрос клавиатуры и при нажатии какой-либо клавиши передает эту информацию в ЦК-8 на центральный процессор (ЦП), который производит соответствующие действия. Выполнив определенные действия или обнаружив аварийное состояние, ЦП сообщает об этом процессору платы УПИИ, который производит отображение соответствующего состояния на индикаторе.

УПП предназначено для преобразования низкочастотных информационных сигналов в радиочастотные сигналы, их передачу (прием) через АнСУ и антенну. Функционально УПП разделено на два независимых тракта: приемный и передающий. Приемник и передатчик работают в симплексном режиме и размещены в металлическом корпусе, обеспечивающем экранирование и теплоотвод.

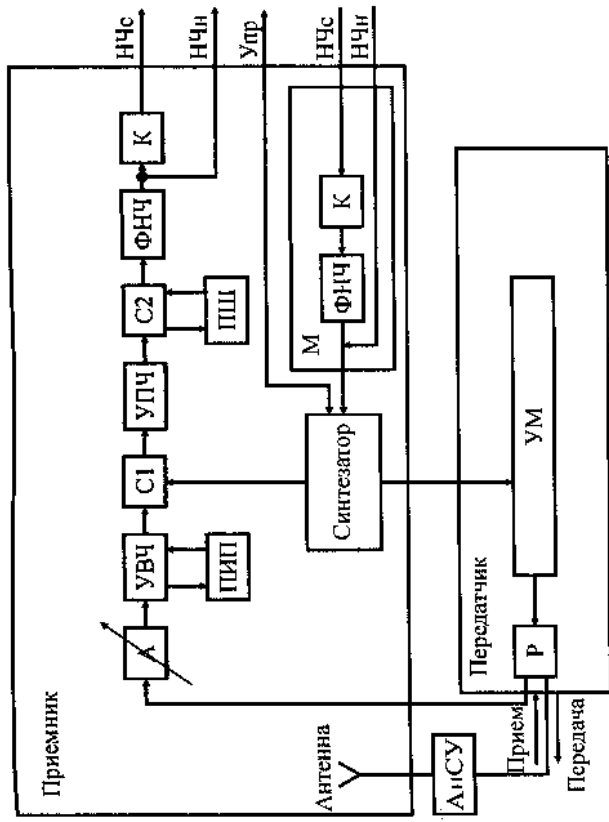


Рис. 4.30. Структурная схема УПП РС-46МЦ

Структурная схема УПП приведена на рис. 4.30. При работе радиостанции в режиме «ПРИЕМ» высокочастотный сигнал с антенны поступает в АнСУ, предназначенное для согласования антенны с входом приемника и выходом передатчика. Далее через рефлектометр (Р) на вход ступенчатого аттенуатора (А), обеспечивающего пятиступенчатую регулировку чувствительности приемника (0, 10, 20, 30, 40 дБ). Далее сигнал поступает на усилитель высокой частоты (УВЧ) и смеситель (С1). Сигнал УВЧ может прерываться импульсами, поступающими от схемы подавления импульсных помех (ПИП).

В смесителе частота сигнала преобразуется в первую промежуточную частоту 10,7 МГц. Для этого на смеситель подается напряжение от синтезатора частоты. С выхода смесителя сигнал поступает на усилитель промежуточной частоты (С2), представляющий собой многофункциональную схему, и преобразуется во вторую промежуточную частоту 455 кГц.

Продетектированный сигнал второй промежуточной частоты поступает на фильтр нижних частот (ФНЧ), который формирует рабочую

полосу частот от 300 до 3400 Гц. С выхода ФНЧ сигнал поступает на корректор (К), обеспечивающий поскоррекцию сигнала в 3 дБ/октава, и далее на симметричный выход (НЧс) приемника. На несимметричный выход (НЧн) сигнал поступает с выхода ФНЧ.

Подавитель шума (ПШ) обеспечивает защиту оператора от прослушивания шумов в канале связи при отсутствии несущей частоты. При работе радиостанции в режиме «ПЕРЕДАЧА» модулирующие сигналы могут поступать как от симметричного, так и от несимметричного входов. При модуляции с симметричного входа (НЧс) сигнал поступает на корректор (К) модулятора (М). Корректор обеспечивает предкоррекцию сигнала 3 дБ/октава. Далее сигнал поступает на ФНЧ и сумматор. При модуляции с несимметричного входа (НЧн) сигнал поступает на сумматор. С выхода сумматора модулятора сигнал поступает на синтезатор. В синтезаторе сигнал низкой частоты преобразуется в высокочастотный с частотной модуляцией. С выхода синтезатора сигнал поступает на вход усилителя мощности (УМ). Усиленный до 14 Вт сигнал поступает на вход рефлектометра (Р) и далее на вход АНСУ и в антенну.

ПУС (пульт управления стационарным) представляет собой оконечное устройство ввода и вывода речевой информации. ПУС предназначен для управления работой радиостанции, отображения ее состояния с помощью светодиодных индикаторов и ведения переговоров с помощью МТТ, микрофона, встроенного громкоговорителя и педали.

Структурная схема ПУС представлена на рис. 4.31.

В режиме «ПЕРЕДАЧА» аналоговый речевой сигнал от микрофона поступает на микрофонный усилитель (МФУ) и далее на регулятор АЧХ передатчи, вносящий регулируемые высокочастотные предискажения в переда-

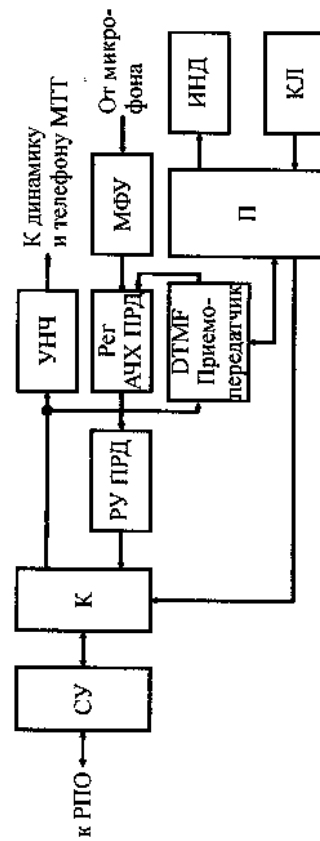


Рис. 4.31. Структурная схема пульта управления РС-46МЦ

ваемый сигнал для коррекции искажений, вносимых линией. Далее на регуляторе усиления передатчи (РУ ПРД) происходит его усиление и при поступлении соответствующей команды с процессора (П) на коммутатор (К), затем на согласующее устройство и через линию связи передатча на РПО.

В режиме «ПРИЕМ» сигнал из линии связи через согласующее устройство и коммутатор поступает на усилитель низких частот (УНЧ). С УНЧ аналоговый сигнал выводится на динамик и телефон МТТ.

Служебные сигналы передатчи и принимаются приемопередатчиком, который управляется процессором. Процессор отображает состояние радиостанции с помощью светодиодных индикаторов (ИНД), управление работой радиостанции производится с помощью клавиатуры (КЛ).

Радиостанция 460РС-Д. Стационарная радиостанция предназначена для организации связи в системах дуплексной поездной радиосвязи совместно с возимой радиостанцией 460РВ-Д, работает в непрерывном режиме (постоянно включены приемник и передатчик). Радиостанция работает в дуплексном двухчастотном режиме на одной из трех оперативно выбираемых частот на передачу в полосе частот 467,400/468,450 МГц и на прием в полосе 457,400/458,450 МГц. Распределение частот по группам и каналам, режимы работы радиостанции предварительно записываются в перепрограммируемое энергозависимое ПЗУ от ПУТ — пульта управления технологического.

Основные технические характеристики радиостанции 460РС-Д представлены в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Технические характеристики радиостанции 460РС-Д

№ п/п	Параметры	Значения
1	Мощность несущей частоты, Вт	12 ⁺³ ₋₄
2	Чувствительность приемника (СИНАД), мкВ, не более	0,8
3	Коэффициент нелинейных искажений приемника и передатчика, %	5,0
4	Уровень фона приемного тракта, дБ, не более	-40
5	Избирательность по соседнему каналу, дБ	75
6	Максимальная девиация, кГц	5
7	Отношение частоты несущей	$\pm 2,5 \cdot 10^{-6}$
8	Волновое сопротивление антенного входа, Ом	50

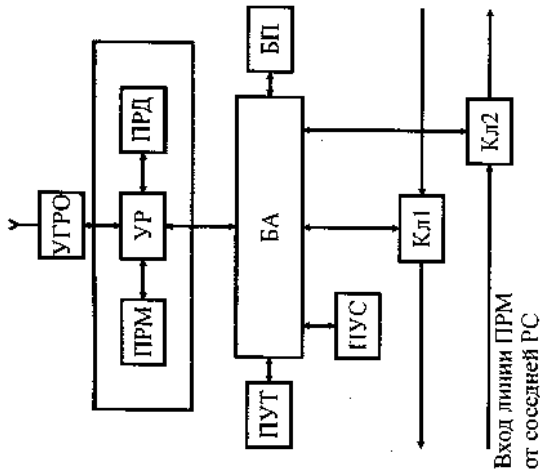


Рис. 4.32. Радиостанция 460РС-Д:

УГРО — устройство гальванической развязки; ПРМ — приемник; ПРД — передатчик; УР — устройство разделения (дуплексер); БА — блок антенн; ПУТ — пульт управления технологический; ПУС — пульт управления стационарный; Кл1, Кл2 — ключи переключения линий связи; БП — блок питания

Структурная схема радиостанции изображена на рис. 4.32.

Радиостанция РВ-1 (рис. 4.33). Возимая радиостанция предназначена для обеспечения связи машиниста локомотива с поездным диспетчером и другими абонентами, связанными с поездной работой. Радиостанция двухдиапазонная, содержит УПП-1, УПП-2, УПП-3 в различных сочетаниях 2 из 3 и использует частотную модуляцию F3E.

Радиостанция РВ-1.1 работает в гектометровом (с УПП-1) и метровом (с УПП-2) диапазонах на разные антенны. Радиостанция РВ-1.2 работает в гектометровом и дециметровом (с УПП-3) диапазонах на разные антенны. Радиостанция РВ-1.3 работает в диапазонах метрового и дециметрового на одну антенну, подключаемую с помощью антенного разделителя (дуплексера).

Радиостанция при работе в гектометровом диапазоне обеспечивает установку рабочей частоты (2,130 или 2,150 МГц); прием группового вызова частотой 1000 Гц с переводом радиостанции в режим «ПРИЕМ»; подачу вызова частотами 698, 1000, 1404, 2100 Гц; радиообмен с абонентами речевой информации в симплексном режиме.

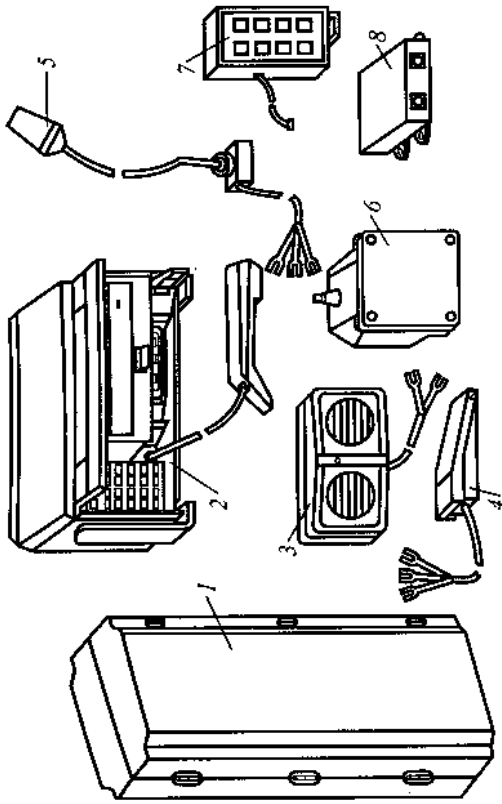


Рис. 4.33. Радиостанция РВ-1:

1 — приемопередатчик; 2 — пульт управления; 3 — громкоговоритель; 4 — передатчик; 5 — микрофон; 6 — антенно-согласующее устройство; 7 — пульт управления ПУ-Д; 8 — коробка распределительная

Радиостанция с УПП-2 при работе в метровом диапазоне (частоты 151,725/153,650 МГц) обеспечивает:

- работу в системе поездной или станционной радиосвязи на частотах, распределенных в восьми группах и по шести каналам: $f_g, f_e, f_p, f_k, f_r, f_s$;
- автоматическое переключение групп рабочих частот по командам, принимаемым по радиоканалам;
- ручное переключение групп рабочих частот;
- подачу вызова частотами 698, 1000, 1400 Гц в течение времени нажатия вызывной кнопки пульта абонента;
- прием группового вызова частотой 1000 Гц;
- передачу сигнала «ОСТАНОВКА»;
- работу в дежурном режиме на основном f_g или вспомогательном f_s канале в зависимости от положения переключателя ВСП на пульте управления;
- переключение рабочих каналов в режиме дежурного приема по команде от аппаратуры ТУ-ТС;

— передачу номера поезда по инициативе машиниста;
 — радиообмен с абонентами речевой информации в симплексном режиме.

Радиостанция с УПП-3 работает в дециметровом диапазоне в дуплексном режиме (на прием — 343,025/343,425 МГц, на передачу 307,025/307,125; 307,375 МГц). Диапазон 330 МГц не нашел широкого использования. Основные технические характеристики РВ-1 представлены в табл. 4.7.

Таблица 4.7

Параметры радиостанции РВ-1

№ п/п	Параметры	УПП-1	УПП-2	УПП-3
1	Выходная мощность передатчика, Вт	12±2	10 (+5, -2)	10 (+5, -2)
2	Коэффициент нелинейных искажений передатчика, %	5	6	6
3	Максимальная девиация, кГц	2,5	4,5	4,5
4	Уровень побочных излучений, дБ	-70	-70	-60
5	Чувствительность приемника (СИНАД), мкВ	5	0,6	1,0
6	Избирательность по соседнему каналу, дБ	55	75	70
7	Выходная мощность громкоговорителя, Вт	2	2	2
8	Волновое сопротивление антенного входа, Ом	50	50	50
9	Питание от бортовой сети, В	50, 75 или 100		

Структурная схема радиостанции РВ-1 представлена на рис. 4.34.

Приемопередатчики УПП-1, УПП-2, УПП-3 обеспечивают передачу и прием частотно-модулированных сигналов в соответствующих диапазонах, при этом УПП-1, УПП-2 обеспечивают работу в симплексном режиме, а УПП-3 — дуплексном. Команды управления режимов ПРИЕМ/ПЕРЕДАЧА, низко-частотные информационные сигналы на модуляционные входы приемопередатчиков подаются с блока автоматики. При этом формирование амплитудно-частотной характеристики передатчика (предкоррекция, ограничение уровня и спектра модулирующего сигнала) для УПП-2 и УПП-3 осуществляется в блоке автоматики (БА). Перестройка

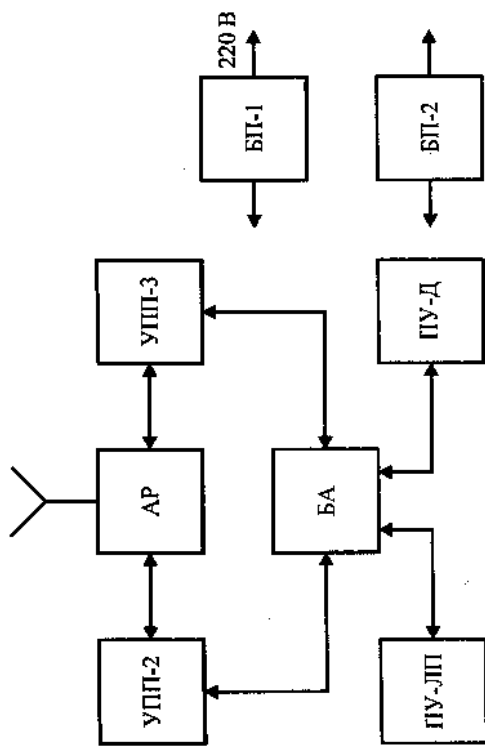


Рис. 4.34. Структурная схема РВ-1.

УПП — унифицированный приемопередатчик (2 блока); АР — антенный разделитель (дуплексер); БА — блок автоматики; ПУ-ЛП — пульт управления локомотивно-поездной; ПУ-Д — пульт управления дополнительным; БАП — блок питания (2 блока)

рабочих частот приемопередатчиков УПП-2, УПП-3 также осуществляется по командам из БА. Для перестройки частоты в БА формируется код, содержащий 16 бит информации для синтезатора частот УПП-2 и по 20 бит — для синтезатора частот УПП-3. Переключение рабочих частот УПП-1 осуществляется тумблером, расположенным на этом приемопередатчике. Формирование амплитудно-частотной характеристики передатчика гектометрового диапазона обеспечивается в УПП-1.

Выходные сигналы приемников всех УПП снимаются с некорректируемых выходов и поступают в БА, где подвергаются послекоррекции (6 дБ/октава — для УПП-2, УПП-3 и 3 дБ/октава для УПП-1).

Питание каждого из двух УПП, входящих в комплект радиостанции, осуществляется от отдельного блока питания (БАП), преобразующего напряжение бортовой сети локомотива (50, 75 или 110 В) в напряжение питания радиостанции (13,2 В ± 5%). Питание блока БА осуществляется от любого из двух блоков БАП через диодный разделитель, что обеспечивает резервирование указанного блока по питанию. Питание нуля та управления осуществляется от блока БАП, питающего УПП-3 или

включаемый вместо него УПП-1. При выключении УПП-3 (или выключенного вместо него УПП-1) специальным тумблером «ВЫКЛ. ДУПЛ.» питание станции осуществляется от одного блока питания БПД. Подключение БПД к бортовой сети производится тумблером «ВКЛ.», расположенном на пульте управления локомотивом.

Блок автоматики БА помимо управления УПП и формирования требуемых характеристик приемопередающего тракта осуществляет декорирование и обработку принимаемой по радиоканалам информации, установление соединений, организует взаимодействие с подключаемой к радиостанции внешней аппаратурой, выводит на индикационную панель пульта управления информацию, отображающую режим работы станции, и принимает с пульта радиостанции информацию о состоянии ее органов управления.

Осуществление операций по управлению блоками станции и установлению соединений осуществляется входящая в состав БА микроЭВМ. Изменение алгоритма функционирования блока автоматики при его работе в любом из вариантов радиостанций обеспечивается за счет переключения микроЭВМ на другую программу работы при включении соответствующих УПП.

Отображение принимаемой информации, режимов работы радиостанции осуществляется на пульте управления. Для отображения информации используется газоразрядный знаковый индикатор на 16 знаков. На пульте управления расположены 32 кнопки, представляющие собой оперативные органы управления станцией, и микрофонная трубка (МТ) с тангентой, которая обеспечивает прослушивание речевой информации, передачу речевой информации и переклочение радиостанции из режима приема на передачу.

Радиостанция имеет встроенные средства контроля, которые обеспечивают контроль работоспособности приемопередатчиков (исправности синтезаторов, передатчиков, приемников; антенных устройств, функционирования микроЭВМ, блока автоматики и проверку НЧ-тракта радиостанции) в режиме «ТЕСТ 1». Контроль проводится по программе, задаваемой микроЭВМ блока автоматики. Команда на проведение контроля подается с пульта управления радиостанции. Результат контроля индицируется на табло в виде названия неисправного блока.

Радиостанция позволяет проводить контроль радиомлинии путем обмена сигналами взаимодействия радиостанции с контрольной аппара-

турой КИС-АСВ в режиме «ТЕСТ 2». При этом на КИС-АСВ передается результат контроля в режиме «ТЕСТ 1».

Контроль проводится на контрольной группе частот по программе, задаваемой микроЭВМ блока автоматики. Команда на проведение контроля подается с пульта управления радиостанции. В этом случае радиостанция формирует и передает в дециметровом (для РВ-1.2, РВ-1.3) или метровом (для РВ-1.1) диапазоне кодовойграмму в виде номера локомотива.

Аппаратура КИС-АСВ после приема этой кодовойграммы формирует ответную и передает ее. Радиостанция РВ-1 принимает кодовойграмму от КИС-АСВ, сравнивает ее с переданной, и в случае совпадения принятой и переданной кодовойграмм на табло пульта высвечивается «Д-ИСПР.» (для РВ-1.2, РВ-1.3) или «С-ИСПР.» (для РВ-1.1). Затем контролируется второй диапазон путем обмена с КИС-АСВ сигналами 700 Гц (в сторону КИС-АСВ) и 1000 Гц (в сторону РВ-1).

По окончании проверки на индикаторе высвечивается в случае исправности «С-ИСПР.» (для РВ-1.3) или «К-ИСПР.» (для РВ-1.1, РВ-1.2). В случае неисправности соответственно «Д-БРАК», «С-БРАК» или «К-БРАК».

Для вызова абонента на пульте управления необходимо нажать одну из вызывных кнопок. При этом от ПУ к микроЭВМ поступает запрос и происходит считывание информации о нажатой кнопке. МикроЭВМ выдает команду на включение передатчика, управляет кодером в устройстве ввода и выдает информацию на индикацию на ПУ. С выхода кодера вызывной сигнал поступает на блок УНЧ, проходит через ФНЧ и подается на модуляционный вход передатчика УПП-1. При отпуске кнопочки вызова снова приходит запрос от пульта управления к микроЭВМ. После считывания информации с ПУ передатчик выключается, кодер блокируется и радиостанция переходит в режим «ПРИЕМ».

При приеме вызова сигнал с выхода приемника поступает на приемник вызова в устройстве ввода, обрабатывается и формируется запрос с микроЭВМ. По этому запросу происходит считывание информации с устройства ввода, выдается информация на индикацию на ПУ. При нажатии кнопки Ц запрос, поступивший от пульта, переводит радиостанцию в режим «ПРИЕМ», и разрешается управление передатчиком от тангентты.

Для вызова абонента в метровом диапазоне на пульте управления необходимо нажать одну из вызывных кнопок. При получении запроса от микроЭВМ формируется 16-разрядный последовательный код и че-

рез устройство ввода поступает в приемопередатчик УПП-2 для управления частотой синтезатора. При управлении режимами «ПРИЕМ», «ПЕРЕДАЧА» от тангенсы происходит смена кода канала для перестройки синтезатора УПП-2.

Прием группового вызова в метровом диапазоне волн осуществляется приемником вызова для радиостанции РВ-1.3 или декодером устройства ввода для радиостанции РВ-1.1. При приеме группового вызова радиостанцией РВ-1.3 в метровом диапазоне после срабатывания приемника вызова формируется запрос, и информация о принятом вызове передается к микроЭВМ, которая выдает информацию на пульт управления на индикацию и команду на увеличение громкости громкоговорителя.

Радиостанции РВ-1.1 и РВ-1.3 позволяют осуществлять работу с внешней аппаратурой ТУ-ТС через УПП-2. Для установки канала от аппаратуры ТУ-ТС по трехразрядной шине управления каналами в устройстве управления необходимо подать двоичный код канала связи. При этом в устройстве управления происходит формирование запроса, и микроЭВМ считывает информацию, поступившую по шине управления каналами ТУ-ТС, перестраивает УПП-2 на заданный канал связи и разрешает управление ПРД от аппаратуры ТУ-ТС. При подаче по шине управления каналами кода 000 радиостанция передает номер поезда на канале f_d диспетчеру.

Эти же радиостанции позволяют передавать сигналы остановки локомотива, которые передаются по команде с пульта ПУ-ЛП на несущей частоте канала f_d на установленной группе частот в диапазоне 160 МГц. Сигналы представляют собой послышки двух частот F_1 и F_2 , передаваемые в режиме пониженной мощности (рис. 4.35). Длительность посылок и пауз между ними зависят от установленного направления, которое определяется по введению в память микроЭВМ радиостанции номеру поезда по правилу: четный номер означает четное направление, нечетный — нечетное направление.

Модулирующие частоты F_1 и F_2 равны соответственно частоте вызова машиниста ТЧМ и дежурного по станции ДСП1. Поэтому при передаче сигналов остановки они будут приняты на встречных и след идущих локомотивах и дежурных по станции, а по длительности посылок и пауз можно определить на слух направление движения. Сигналы остановки прекращаются при нажатии кнопки подтверждения на пульте ПУ-ЛП или ПУ-Д в случае приема вызова или переводе радиостанции в дежурный режим.

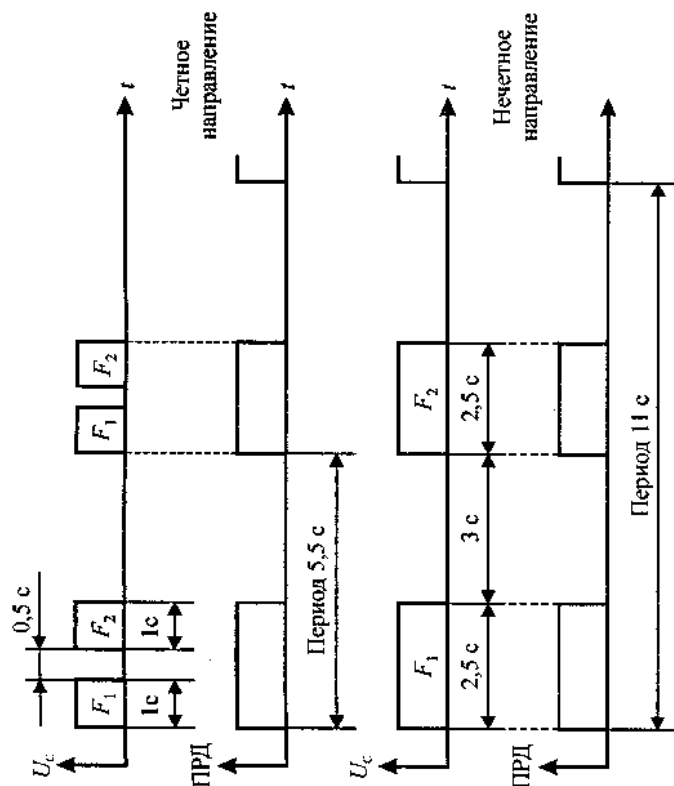


Рис. 4.35. Сигналы "Остановка"

Радиостанция РВ-1.1М. Возимая двухдиапазонная симплексная локомотивная радиостанция 5Р22В-1.1М предназначена для работы в системе поездной и стационарной радиосвязи на железнодорожном транспорте, устанавливается на подвижных объектах. Внешний вид радиостанции приведен на рис. 4.36.

Радиостанция обеспечивает одновременную работу:

- в симплексном режиме на любом из 6 каналов в любой одной из зарезервированных 8 групп частот в диапазоне 151,725/155,975 МГц (разнос между соседними каналами 25 кГц, приемопередатчик ПП-У); частотные каналы выбираются при конфигурации радиостанции пульта ВПУ-Л;
- в симплексном режиме в гектометровом диапазоне на любой из частот 2,130 или 2,150 МГц (приемопередатчик ПП-К).

Радиостанция реализует следующие функции:

- проверку работоспособности по программе «ТЕСТ1», «ТЕСТ2», «ТЕСТ3» по команде с пульта ПУ-ЛП или при приеме команды по радиоканалу;

- подтверждение приема вызова нажатием кнопки «ПОДТВЕРЖДЕНИЕ» или снятием МТТ с держателя или нажатием любой вызывной кнопки рабочего диапазона;
- перевод станции в режим «ПРИЕМ» из «ДЕЖУРНОГО РЕЖИМА»;
- одновременную независимую работу в текстометровом и метровом диапазонах с ПУ-ЛП и ПУ-Д;
- возможность установки с ПУ-ЛП номеров поезда, локомотива, группы частот и канала, канала КВ, сетки частот «поездная связь» и «станционная связь»;
- передачу группового вызова ТЧМ (1000 Гц); ДНЦ (700 Гц); ДСП (1400 Гц и 2100 Гц);
- передачу сигнала «Остановка» (см. рис. 4.35);
- передачу сообщения о несанкционированном вскрытии;
- работу с системой ТУ-ТС;
- передачу данных в формате Ф2.

Основные технические характеристики приведены в табл. 4.8.

Таблица 4.8

Технические характеристики РВ-1.1М

№ п/п	Параметры	ПП-К	ПП-У
1	Мощность несущей ПРД, Вт	12 (+3, -4)	10 (+5, -2)
2	Максимальная девиация, кГц	2,5	5
3	Чувствительность модуляционного входа с входов микрофонов, мВ	400 ± 80	400 ± 80
	с входа ТУ-ТС, мВ	200 ± 50	200 ± 50
4	Чувствительность приемника (СИНАД), мкВ	5	0,5
5	Выходная мощность приемника, Вт	3	3
6	Коэффициент нелинейных искажений передатчика, %	5	5
7	Коэффициент нелинейных искажений приемника, %	5	5
8	Избирательность по соседнему каналу, дБ	60	80
9	Интермодуляционная избирательность, дБ	50	70
10	Мощность, потребляемая в передаче, Вт	150	150
11	Питание от бортовой сети, В	50, 75 или 100	

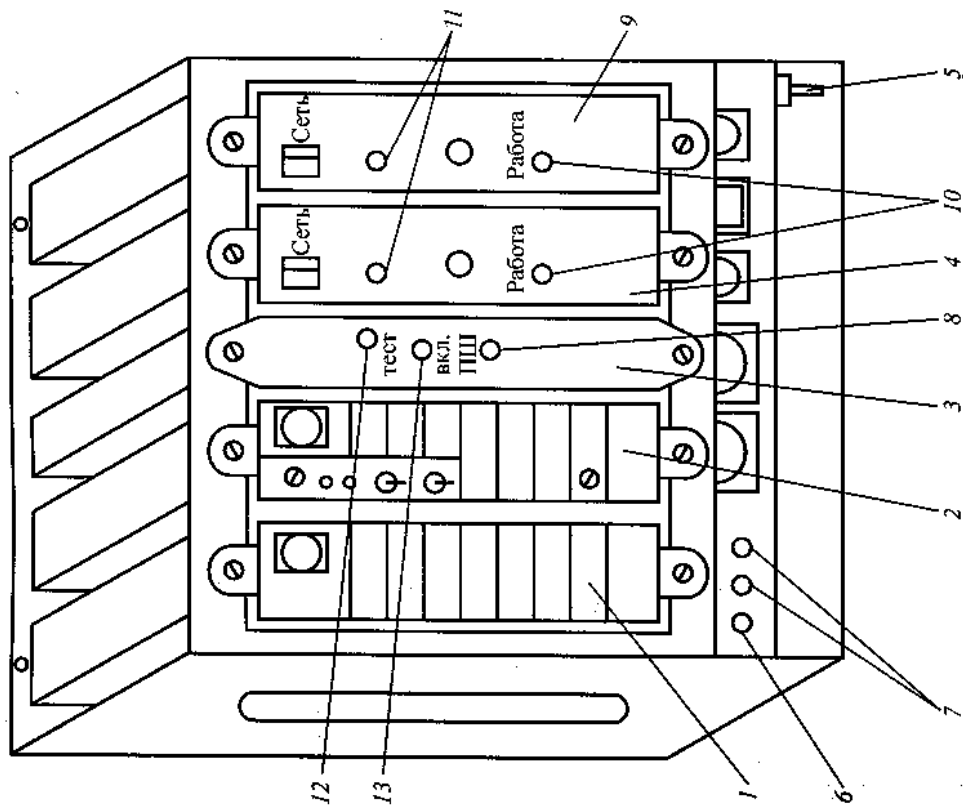


Рис. 4.36. Радиостанция РВ-1.1М:

- 1 — приемопередатчик ППУ; 2 — приемопередатчик ППК; 3 — блок автоматики;
- 4 — блок питания ППУ; 5 — клемма заземления; 6 — регулятор порога ПШ диапазона УКВ; 7 — контрольные гнезда ЛИУ диапазона УКВ; 8 — тумблер включения ПШ диапазона УКВ; 9 — блок питания ППК; 10 — индикатор выходного напряжения блока питания; 11 — индикатор входного наполнения блока питания; 12 — индикатор результата теста БА; 13 — кнопка включения режима тест БА.

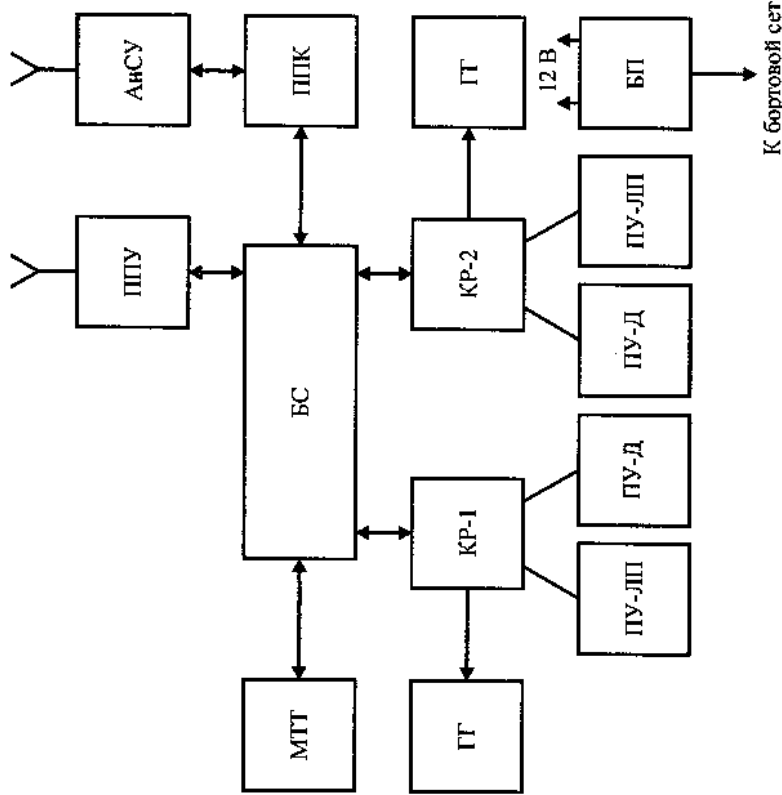


Рис. 4.37. Структурная схема РВ-1М2.

ППУ — приемопередатчик УКВ (метрового диапазона); ППК — приемопередатчик КВ (гектометрового диапазона); БС — блок сопряжения; МТТ — микрофонная трубка; АвСУ — антенно-согласующее устройство; ГГ — громкоговоритель; КР1, КР2 — коробка распределительная; ПУ-Д — пульт управления основной; ПУ-Л — пульт управления дополнительный; БП — блок питания

Структурная схема радиостанции показана на рис. 4.37.

Радиостанция РВ-1М2. Радиостанция предназначена для организации поездной и станционной радиосвязи, устанавливается на подвижные объекты и работает в трех диапазонах:

- гектометровых волн на фиксированных частотах 2130 и 2150 кГц (в симплексном режиме);
- метровых волн на 96 фиксированных частотах в диапазоне от 151,700 до 156,000 МГц (16 групп по 6 каналов) с шагом частот в 25 кГц (в симплексном режиме);

- дециметровых волн на фиксированных частотах от 307,0000 до 307,4625 МГц (для передачи) и от 343,0000 до 343,4623 МГц (для приема) с шагом сетки 25 кГц. Диапазон разбит на 6 групп по 4 частоты в группе (3 частоты приема диапазона и одна частота передачи). Работа в этом диапазоне производится в дуплексном режиме.

Радиостанция обеспечивает:

- работу в телефонном режиме в трех диапазонах;
- работу в режиме автоматической передачи данных в трех диапазонах по стыку ИРПС;
- работу в режиме ТУ - ТС в диапазонах гектометровых и метровых волн;

- прием индивидуального вызова и команд по номеру поезда;
- передачу сообщений с номером поезда;
- отображение передаваемой и принимаемой информации на буквенно-цифровом индикаторе (16 знаков).

Основные технические характеристики представлены в табл. 4.9.

Таблица 4.9

Технические характеристики РВ-1М2

№ п/п	Параметры	ГМВ	МВ	ДМВ
1	Выходная мощность передатчика, Вт	12 ± 2	8...15	8...15
2	Чувствительность приемника (СИНАД), мкВ	5	0,5	1,0
3	Питание от бортовой сети: возимого варианта, В локомотивного варианта, В		9...32 35...145	

Радиостанция РВ-460 Д. Радиостанция двухдиапазонная: метровый диапазон определяется частотами 151,725...156,000 МГц (работа в симплексном режиме одночастотном или двухчастотном), дециметровый диапазон определяется частотами 457,400...458,450 МГц (на передаче) и 467,400...468,450 МГц (на прием) — работа в дуплексном режиме с разнесением частот приема и передачи на 10 МГц.

В диапазоне метровых волн возможна работа в шести рабочих частотных каналах (оперативного выбора) из устанавливаемых предварительно (неоперативно, от технологического пульта-программатора); в диапазоне дециметровых волн — работа в трех каналах двухчастотного

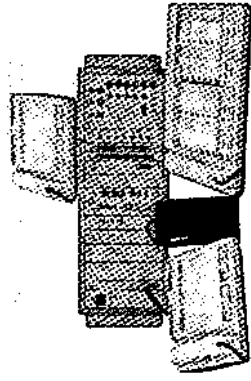
дуллеса (оперативного выбора) из устанавливаемых предварительно (неоперативно, при конфигурировании станции с помощью технологического пульта-программатора).

Основные технические характеристики в диапазоне дециметровых волн совпадают с характеристиками радиостанции РС-460Д. Отличия заключаются в обеспечении автоматического выбора лучшего канала в группе частот (по уровню сигнала), работе переключателя групп частот с пульта управления или автоматически при приеме соответствующей команды.

Технические характеристики метрового диапазона в основном совпадают с характеристиками радиостанции РВ-1.1М.

Станция распорядительная

СР-234М. Станция состоит из устройства линейного проводного обслуживания ЛПО34, пульта управления нового ПУО28, ПУО14 или ПУО7 (в зависимости от модификации), пультов управления дополнительных ПУД, устройства акустического, педали, микрофона МД-380А.



К устройству ЛПО34 через разъем «ПУЛЬТ» подключаются пульты ПУО и ПУД, педаль и микрофон. Подключается через разъем «ПЕДАЛЬ», устройство акустическое. Подключается к пульту ПУО через разъемы «ГР». Станция распорядительная имеет 31 вариант исполнения, входит в состав системы поездной диспетчерской связи, поездной и ремонтно-оперативной радиосвязи и предназначена для эксплуатации на железнодорожном транспорте в непрерывном круглосуточном режиме в условиях умеренного и холодного климата. Внешний вид станции распорядительной показан на рис. 4.38.

СР-234М служит для вызова и ведения переговоров в сети поездной диспетчерской связи, дистанционного управления радиосетями поездной и ремонтно-оперативной радиосвязи и обеспечивает установление соединений и ведение громкоговорящих симплексных переговоров.

— в радиосети ПРС в пределах диспетчерского участка поездного диспетчера ДНЦ, энергодиспетчера ЭЧЦ и локомотивного диспетчера ТНЦ с машинами поездных локомотивов МПЛ и дежурными по станции ДСП;

— в радиосети РОРС-Л в пределах участка железной дороги диспетчеров служб ПЧ, ШЧ, ЭЧ, ВОХР с руководителями ремонтных подразделений;

— в сетях поездной диспетчерской связи ПДС в пределах диспетчерского участка поездного диспетчера ДНЦ с дежурным по станции ДСП. СР-234М заменяет собой распорядительные станции РСДТ, ПСТ, РСРП и обеспечивает совместную работу со стационарными радиостанциями 43 РТС-А2-ЧМ, РС-6, РС-46М и устройствами сопряжения УС-2/4, УС-2/4М, возимыми радиостанциями РВ-1, РВ-1М, РВ-4, коммутаторами КТС и промпунктами ПДС. Она рассчитана для работы по линейным четырехпроводным каналам тональной частоты ТЧ или двухпроводным физическим цепям, а также через устройство сопряжения УС2/4 или УС-2/4М. В этой радиостанции предусмотрена возможность подключения аппаратуры передачи команд ТУ-ТС, магнитофона и линии ЖАТС. Данная радиостанция позволяет осуществлять управление режимом приема/передача стационарных радиостанций: 2-частотными кодовыми посылками; тональной частотой 3300 Гц; постоянным током с использованием изделия БУП.

Электропитание станции осуществляется от первичных источников: сети переменного тока частотой 50 Гц с напряжением 220 (–33; +22) В и аккумуляторной батареи напряжением 24 (–2,4; +3,6) В. Выбор основного источника питания осуществляется неоперативно. Переключение с основного на резервный источник происходит автоматически при падении напряжения в основном источнике. Мощность, потребляемая станцией от первичной сети, не превышает 80 Вт. Цепи питания имеют защиту от коротких замыканий на выходах; перенапряжений в сети основного источника; переплюсовки напряжения резервного источника. В тракте передачи в линейный канал номинальные выходные уровни по мощности составляют: в двухпроводную КЛС 5дБ; в двухпроводную ВЛС 12 дБ (на нагрузке 1400 Ом); в четырехпроводный канал ТЧ –13 дБ; в четырехпроводный канал в режиме УС –4дБ.

Радиостанция имеет следующие параметры АЧХ целей передачи сигналов в линейный канал: полоса эффективно передаваемых частот (по уровню 0,7) составляет 300...3400 Гц; при управлении режимом «ПРИЕМ/ПЕРЕДАЧА» с помощью частоты 3300 Гц полоса эффективно передаваемых частот (по уровню 0,7) в канал равна 300...2700 Гц. Затухание на частоте 3300 Гц составляет не менее 50 дБ.

Погрешность коррекции амплитудно-частотных искажений, вносимых линиями связи, равна ± 1 дБ. Коэффициент нелинейных искажений в рабочей полосе частот от 300 до 3400 Гц при номинальном выходном уровне сигнала составляет не более 1,5 %, а при превышении номинального уровня на 6 дБ — не более 2 %.

Номинальные уровни тракта приема из линейного канала имеют следующие значения: от двухпроводной линии — 14 дБ; от канала ТЧ — 4 дБ; в режиме УС — 4 дБ. Логические уровни сигналов управления равны: логический 0 — от 0 до 2,5 В; логическая 1 — от 9 до 12 В.

Длительность посылок тонального управления режимом приема и передачи составляет $200 \pm 0,6$ мс, а длительность посылок вызывных частот 1000 или 1400 Гц — 2 с.

Функциональная схема распорядительной станции приведена на рис. 4.39, вкладка.

В состав распорядительной станции входят следующие устройства: устройство ЛПО34; пульт ПУО; пульт ПУД; педаль; микрофон; акустическое устройство (выносной громкоговоритель); устройство АДКП (для удаленных пультов).

Устройство ЛПО34 имеет следующие основные блоки.

— микропроцессорный контроллер МПК, который выполняет функции управления всеми блоками, входящими в ЛПО34, и подключаемыми внешними устройствами. Управление осуществляется по шине данных, шине адреса, входам чтения-записи;

— пульт контроля сети ПКС, который управляется МПК и служит для вывода служебной информации на индикаторы и управления режимом работы станции с помощью клавиатуры;

— приемник-генератор сигналов ПГС, служащий для генерации и приема частотных посылок; генерируемые сигналы поступают на внутреннюю аналоговую магистраль устройства ЛПО34 (линии L1, L2), а принимаемые частотные посылки — с устройств АЛК2/4 по линии РТС;

— адаптер периферийных устройств АПУ34, который служит для сопряжения с подключаемыми внешними устройствами (аппаратурой ТУ-ТС, магнитофонами, звуковой сигнализацией, микрофонной трубкой) и содержит тракты приема-передачи аналоговых сигналов с внешних устройств и схемы адаптации сигналов управления;

— генератор низкочастотный ГНЧ34, генерирующий тональные испытательные сигналы низкой частоты уровнем +5 дБ и —13 дБ.

— адаптер дистанционного канала АДК1—АДК3. В ЛПО34 может присутствовать от 1 до 3 устройств в зависимости от количества под-

ключаемых пультов; служит для приема-передачи команд и аналоговых сигналов от пультов ПУО или ПУД и работает под управлением МПК;

— адаптер линейного канала АЛК2/4, который служит для трансляции сигналов с аналоговой магистрали, поступающих с ППС и внешних устройств в линейный канал. Принимаемые из проводного канала аналоговые сигналы транслируются на внешние устройства через аналоговую магистраль. В ЛПО34 может присутствовать от 1 до 2 устройств. Адаптер обеспечивает работу с двухпроводной и четырехпроводной линией связи, работает под управлением МПК;

— выпрямитель сетевого напряжения ВСН, служащий для преобразования сетевого напряжения 220 В в постоянное напряжение —24 В. Обеспечивает неоперативный выбор основного источника питания (аккумулятора или сеть) и автоматический переход с основного на неосновной источник питания при пропадании основного источника питания;

— стабилизатор вторичного питания СВП, обеспечивающий все блоки, входящие в ЛПО34, стабилизированными напряжениями питания +5 В, —5 В, +12 В, —12 В.

Рассмотрим порядок установления сеанса связи внутри станции в следующих режимах.

Посылка вызова и ведение переговоров с ПУО на возимую радиостанцию. Для посылки вызова на возимую радиостанцию из режима «РАДИО» диспетчер нажимает на ПУО кнопку «СТАНЦИЯ N». После чего в линию связи с пульта в ЛПО34 поступает команда о нажатии кнопки. Команда передается в последовательном коде на устройство АДК (адаптер дистанционного канала). Устройство АДК по окончании приема передатчика передает по внутренней шине данных ШД на устройство МПК. МПК в соответствии с алгоритмом работы программы по внутренней магистрали управления ШД, ША передает команды устройству ПГС34 на генерацию тональных частот посылки СИП, а АЛК2/4 на открытие тракта передачи аналоговых сигналов с внутренней аналоговой магистрали в проводной канал. В результате переданных команд тональный сигнал СИП, генерируемый в ППС, передается на внутреннюю аналоговую магистраль (L1—L3) и далее с нее транслируется в проводной канал.

По окончании передачи сигнала СИП МПК по внутренней магистрали управления передает команды следующим устройствам:

— ППС на окончание генерации тональных частот посылки СИП;

— АЛК2/4 на открытие тракта приема аналоговых сигналов с проводного канала на внутреннюю аналоговую магистраль;

— АДК на открытие тракта приема аналоговых сигналов с линии связи с пультом и на передачу команды на ПУО о мигании или зажатии индикаторов «СТАНЦИЯ», зажатии индикатора «РАДИО» и установлении режима «ПРИЕМ».

В результате переданных команд на ПУО зажигаются соответствующие индикаторы и устанавливается режим приема с линии связи на динамик или микрофонную трубку. Аналоговый сигнал с проводного канала через АЛК2/4 передается на внутреннюю аналоговую магистраль (L1—L3) и далее с нее транслируется через АДК в линию связи с пультом. С линии связи ПУО передает аналоговые сигналы на динамик или микрофонную трубку.

Для ведения переговоров пользователь ПУО нажимает тангенту (кнопку или педаль). После чего в линию связи с пульта в ЛПО34 поступает команда о переходе в режим «ПЕРЕДАЧА». Команда передается в последовательном коде на устройство АДК. Устройство АДК по окончании приема передает байт команды по внутренней шине данных ШД на устройство МПК. МПК в соответствии с алгоритмом работы программы по внутренней магистрали управления (ШД, ША) передает команды следующим устройствам:

— ПГС на генерацию тональных частот послышки «ПЕРЕДАЧА»;

— АЛК2/4 на открытие тракта передачи аналоговых сигналов с внутренней аналоговой магистрали в проводной канал;

— АДК на открытие тракта передачи аналоговых сигналов с линии связи с пультом на внутреннюю аналоговую магистраль и на передачу команды на ПУО о зажатии индикатора «ПЕРЕДАЧА» и установлении режима «ПЕРЕДАЧА».

В результате переданных команд тональный сигнал «ПЕРЕДАЧА», генерируемый в ПГС, передается на внутреннюю аналоговую магистраль (L1—L3) и далее с нее транслируется в проводной канал. На ПУО светятся соответствующие индикаторы и устанавливается режим передачи с микрофона или микрофонной трубки на линию связи. Аналоговый сигнал с линии связи через АДК передается на внутреннюю аналоговую магистраль (L1—L3) и далее с нее транслируется через АЛК2/4 в проводной канал.

По окончании переговоров с возимой радиостанцией пользователь ПУО нажимает кнопку «ОТБОЙ» на пульте. После чего в линию связи с пульта в ЛПО34 поступает команда о нажатии кнопки. Команда передается в последовательном коде на устройство АДК. Устройство АДК

по окончании приема передает байт команды по внутренней шине данных ШД на устройство МПК. МПК в соответствии с алгоритмом работы программы по внутренней магистрали управления (ШД, ША) передает команды следующим устройствам:

— ПГС34 на генерацию тональных частот послышки «ОТБОЙ»;

— АЛК2/4 на открытие тракта передачи аналоговых сигналов с внутренней аналоговой магистрали в проводной канал;

— устройству АДК на закрытие тракта приема-передачи аналоговых сигналов с линии связи с пультом и на передачу команды на ПУО о включении индикаторов «СТАНЦИЯ», «РАДИО» и установлении режима «ДЕЖ. ПРИЕМ».

В результате переданных команд тональный сигнал «ОТБОЙ», генерируемый в ПГС передается на внутреннюю аналоговую магистраль (L1—L3) и далее с нее транслируется в проводной канал. На ПУО гаснут соответствующие индикаторы и устанавливается режим «ДЕЖ. ПРИЕМ».

По окончании передачи «ОТБОЙ» МПК по внутренней магистрали управления передает команды следующим устройствам: ПГС34 на окончание генерации тональных частот послышки «ОТБОЙ» и АЛК2/4 на закрытие тракта приема-передачи аналоговых сигналов с проводного канала на внутреннюю аналоговую магистраль.

Прием вызова и ведение переговоров с возимой радиостанции на ПУО. При послышке вызова с возимой радиостанции на СР-234М поступает сигнал СКП по проводному каналу. Сигнал СКП через АЛК2/4 поступает по внутренней линии РТС на ПГС. В устройстве ПГС программным способом осуществляется узкополосная фильтрация-различение сигнала. Устройство ПГС по окончании приема передает байт команды по внутренней шине данных ШД на устройство МПК. МПК в соответствии с алгоритмом работы программы по внутренней магистрали управления (ШД, ША) передает команды устройствам: АЛК2/4 на открытие тракта передачи аналоговых сигналов с внутренней аналоговой магистрали в проводной канал и устройству АДК на открытие тракта приема аналоговых сигналов с линии связи с пультом и на передачу команды на ПУО о включении индикаторов «СТАНЦИЯ» и «РАДИО» и установлении режима «ПРИЕМ».

В результате переданных команд на ПУО зажигаются соответствующие индикаторы и устанавливается режим приема с линии связи на динамик или микрофонную трубку. Аналоговый сигнал с провод-

ного канала через АЛК2/4 передается на внутреннюю аналоговую магистраль (L1—L3) и далее с нее транслируется через АДК в линию связи с пультом. С линии связи ПУО передает аналоговые сигналы на динамик или микротелефонную трубку.

Для ведения переговоров пользователь ПУО нажимает тангенту (кнопку или педаль). После чего в линию связи с пульта в ЛПО34 поступает команда о переходе в режим «ПЕРЕДАЧА». Команда передается в последовательном коде на устройство АДК. Устройство АДК по окончании приема передает байт команды по внутренней шине данных ШД на устройство МПК. МПК в соответствии с алгоритмом работы программы по внутренней магистрали управления (ШД, ША) передает команды следующим устройствам:

- ПГС34 на генерацию тональных частот посылки «ПЕРЕДАЧА»;
- АЛК2/4 на открытие тракта передачи аналоговых сигналов с внутренней аналоговой магистрали в проводной канал;
- АДК на открытие тракта передачи аналоговых сигналов с линии связи с пультом на внутреннюю аналоговую магистраль и на передачу команды на ПУО о включении индикатора «ПЕРЕДАЧА» и установлении режима «ПЕРЕДАЧА».

В результате переданных команд тональный сигнал «ПЕРЕДАЧА», генерируемый в ПГС передается на внутреннюю аналоговую магистраль (L1—L3) и далее с нее транслируется в проводной канал. На ПУО зажигаются соответствующие индикаторы и устанавливается режим передачи с микрофона или микротелефонной трубки на линию связи. Аналоговый сигнал с линии связи через АДК передается на внутреннюю аналоговую магистраль (L1—L3) и далее с нее транслируется через АЛК2/4 в проводной канал.

По окончании переговоров с возимой радиостанцией пользователь ПУО нажимает кнопку «ОТБОЙ» на пульте. После чего в линию связи с пульта в ЛПО34 поступает команда о нажатии кнопки. Команда передается в последовательном коде на устройство АДК. Устройство АДК по окончании приема передает байт команды по внутренней шине данных ШД на устройство МПК. МПК в соответствии с алгоритмом работы программы по внутренней магистрали управления (ШД, ША) передает команды устройствам:

- ПГС34 на генерацию тональных частот посылки «ОТБОЙ»;
- АЛК2/4 на открытие тракта передачи аналоговых сигналов с внутренней аналоговой магистрали в проводной канал;

— АДК на закрытие тракта приема-передачи аналоговых сигналов с линии связи с пультом и на передачу команды на ПУО о выключении индикаторов «СТАНЦИЯ», «РАДИО» и установлении режима «ДЕЖ. ПРИЕМ».

В результате переданных команд тональный сигнал «ОТБОЙ», генерируемый в ПГС, передается на внутреннюю аналоговую магистраль (L1—L3) и далее с нее транслируется в проводной канал. На ПУО гаснут соответствующие индикаторы и устанавливается режим «ДЕЖ. ПРИЕМ».

По окончании передачи «ОТБОЙ» МПК по внутренней магистрали управления передает команды следующим устройствам: ЛПС на окончание генерации тональных частот посылки «ОТБОЙ» и АЛК2/4 на закрытие тракта приема-передачи аналоговых сигналов с проводного канала на внутреннюю аналоговую магистраль.

Посылка вызова с ПУО и ведение переговоров с пультами ПУД (ПРС) и ПУО (РОРС). Для посылки вызова с ПУО на соседний пульт (ПУД для ПРС или ПУО для РОРС) пользователь ПУО нажимает кнопку «ТНЦ» (или «ЭЦЦ» для вызова другого пульта). После чего в линию связи с пульта в ЛПО34 поступает команда о нажатии кнопки. Команда передается в последовательном коде на устройство АДК. Устройство АДК по окончании приема передает байт команды по внутренней шине данных ШД на устройство МПК. МПК в соответствии с алгоритмом работы программы по внутренней магистрали управления (ШД, ША) передает команды соответствующим устройствам АДК на открытие тракта приема аналоговых сигналов с линии связи с пультом и на передачу команды на ПУО о включении индикатора «ТНЦ» («ЭЦЦ») и установлении режима «ПРИЕМ» (для ПУД включение индикатора «ВЫЗОВ» и установлении режима «ПРИЕМ»). В результате переданных команд на пультах зажигаются соответствующие индикаторы и устанавливается режим «ПРИЕМ» с линии связи на динамик или микротелефонную трубку.

Для ведения переговоров диспетчер нажимает на ПУО тангенту (кнопку или педаль). После чего в линию связи с пульта в ЛПО34 поступает команда о переходе в режим «ПЕРЕДАЧА». Команда передается в последовательном коде на устройство АДК. Устройство АДК по окончании приема передает байт команды по внутренней шине данных ШД на устройство МПК. МПК в соответствии с алгоритмом работы программы по внутренней магистрали управления (ШД, ША) передает команды следующим устройствам: АДК, принявшему команду «ПЕРЕ-

ДАЧА» на открытие тракта передачи аналоговых сигналов с линии связи с пультом на внутреннюю аналоговую магистраль и на передачу команды на ПУО о зажигании индикатора «ПЕРЕДАЧА». Команда передается в режиме «ПЕРЕДАЧА» и АДК вызывает пульт на открытие тракта передачи аналоговых сигналов с внутренней аналоговой магистрали на линию связи и на передачу команды на пульт об установлении режима «ПРИЕМ».

В результате переданных команд на пульте зажигаются соответствующие индикаторы и устанавливается режим передачи с микрофона или микрофонной трубки на линию связи. Аналоговый сигнал с линии связи через АДК передается на внутреннюю аналоговую магистраль (L1—L3) и далее с нее транслируется через другой АДК на вызываемый пульт.

По окончании переговоров пользователь ПУО нажимает кнопку «ОТБОЙ» на пульте. После чего в линию связи пульт в ЛПО34 поступает команда о нажатии кнопки. Команда передается в последовательном коде на устройство АДК. Устройство АДК по окончании приема передает байт команды по внутренней шине данных ШД на устройство МПК. МПК в соответствии с алгоритмом работы программы по внутренней магистрали управления (ШД, ША) передает команды устройствам АДК на закрытие тракта приема-передачи аналоговых сигналов с линии связи и на передачу команды на пульты о выключении индикаторов и установлении режима «ДЕЖ. ПРИЕМ».

Посылка вызова и ведение переговоров с ПУД на ПУО. Для посылки вызова с ПУД на пульт ПУО пользователь ПУД нажимает кнопку «ВЫЗОВ». После чего в линию связи с пульт в ЛПО34 поступает команда о нажатии кнопки. Команда передается в последовательном коде на устройство АДК. Устройство АДК по окончании приема передает байт команды по внутренней шине данных ШД на устройство МПК. МПК в соответствии с алгоритмом работы программы по внутренней магистрали управления (ШД, ША) передает команды соответствующим устройствам АДК на открытие тракта приема аналоговых сигналов с линии связи с пультом и на передачу команды на ПУО о зажигании индикатора «ДСП» («ЭЦЦ») и установлении режима «ПРИЕМ» (для ПУД зажигание индикатора «ВЫЗОВ» и установлении режима «ПРИЕМ»). В результате переданных команд на пультах зажигаются соответствующие индикаторы и устанавливается режим «ПРИЕМ» с линии связи на динамик или микрофонную трубку.

Для ведения переговоров пользователь пульты нажимает тангенту (кнопку или педаль). После чего в линию связи с пульт в ЛПО34 поступает команда о переходе в режим «ПЕРЕДАЧА». Команда передается в последовательном коде на устройство АДК (адаптер дистанционного канала). Устройство АДК по окончании приема передает байт команды по внутренней шине данных ШД на устройство МПК. МПК в соответствии с алгоритмом работы программы по внутренней магистрали управления (ШД, ША) передает команды устройствам АДК, принявшему команду «ПЕРЕДАЧА», на открытие тракта передачи аналоговых сигналов с линии связи с пультом на внутреннюю аналоговую магистраль и на передачу команды на пульт о зажигании индикатора «ПЕРЕДАЧА» и установлении режима «ПЕРЕДАЧА» и АДК вызывает пульт на открытие тракта передачи аналоговых сигналов с внутренней аналоговой магистрали на линию связи и на передачу команды на пульт об установлении режима «ПРИЕМ». В результате переданных команд на пульте зажигаются соответствующие индикаторы и устанавливается режим передачи с микрофона или микрофонной трубки на линию связи. Аналоговый сигнал с линии связи через АДК передается на внутреннюю аналоговую магистраль (L1—L3) и далее с нее транслируется через другой АДК на вызываемый пульт.

По окончании переговоров пользователь ПУО нажимает кнопку «ОТБОЙ» на пульте. После чего в линию связи с пульт в ЛПО34 поступает команда о нажатии кнопки. Команда передается в последовательном коде на устройство АДК. Устройство АДК по окончании приема передает байт команды по внутренней шине данных ШД на устройство МПК. МПК в соответствии с алгоритмом работы программы по внутренней магистрали управления (ШД, ША) передает команды устройствам АДК на закрытие тракта приема/передачи аналоговых сигналов с линии связи и на передачу команды на пульты о выключении индикаторов и установлении режима «ДЕЖ. ПРИЕМ».

Блок управления постоянного тока БУП. Блок БУП входит в комплект аппаратуры поездной радиосвязи и предназначен для преобразования постоянного напряжения первичного источника питания с заземленным положительным полюсом в постоянное изолированное от заземления напряжение, используемое для дистанционного переключения в режим «ПЕРЕДАЧА» стационарных радиостанций поездной радиосвязи, подключенных к проводному линейному каналу связи. БУП представляет собой преобразователь, на выходе которого включены выпрямитель с

фильтром, обеспечивающий высокую симметрию выхода по отношению к корпусу и высокое выходное сопротивление по переменному току; в нем предусмотрено дистанционное включение по цепи управления.

БУП рассчитан на совместную работу с аппаратурой распорядительной станции поездной радиосвязи ППРС или РСРП при использовании в качестве линейного канала проводной линии связи. По сравнению с тональным управлением постоянным током имеет более высокую помехоустойчивость.

Структурная схема блока БУП представлена на рис. 4.40.

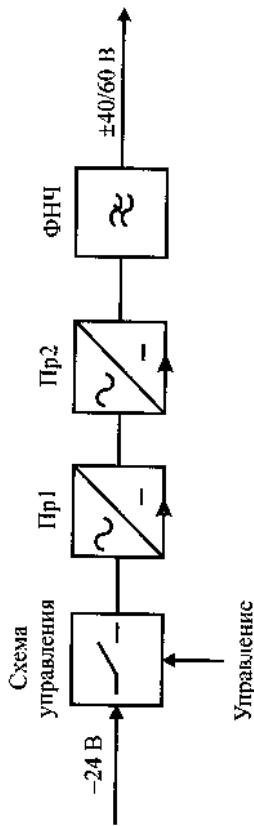


Рис. 4.40. Структурная схема БУП

Напряжение первичного источника питания подается в схему управления, которая содержит реле, срабатываемое по цепи управления, предохранитель, сигнальную лампу контроля перегорания предохранителя и выключатель. По сигналу управления срабатывает реле и напряжение первичного источника питания подается на трансисторный преобразователь Пр1, Пр2, работающий в автоколебательном режиме. Выходное напряжение преобразователя выпрямляется и через фильтр, обеспечивающий высокое выходное сопротивление в диапазоне тональных частот, подается в линию. В БУП предусмотрена схема защиты от короткого замыкания. При снятии короткого замыкания он сохраняет работоспособность.

Технико-эксплуатационные характеристики

Напряжение первичного источника постоянного тока, В	24 ± 10 %
Пульсация первичного источника, В, не более	0,25
Потребляемый от первичного источника ток, А, не более в рабочем режиме	0,77
при коротком замыкании	1,32
Выходное напряжение, В	39...44 или 58...64

Ток нагрузки, мА	15 ± 3
Напряжение помех на первичном источнике питания, мВ, не более	10
Выходное сопротивление в полосе частот 300...400 Гц, не менее	30

Обходное устройство дуплексных усилителей ОУ-ДУ. Обходное устройство ОУ-ДУ входит в комплект аппаратуры поездной радиосвязи и предназначено для создания цепи постоянного тока в обход дуплексных тональных усилителей, устанавливаемых на двухпроводных линиях неуплинизированных кабельных магистралей. ОУ-ДУ обеспечивает возможность управления постоянным током режимом стационарных радиостанций на линиях, оборудованных дуплексными усилителями.

Функциональная схема ОУ-ДУ (рис. 4.41) представляет собой симметричный фильтр нижних частот. Частота среза фильтра выбрана в подтональной части спектра. Его выходное сопротивление в диапазоне рабочих частот значительно превышает волновое сопротивление линии, что обеспечивает возможность параллельного подключения фильтра к линейному входу дуплексного усилителя без значительной разбалансировки последнего. Благодаря большому затуханию фильтра в полосе тональных частот исключается возбуждение усилителя.

Применение в ОУ-ДУ только пассивных элементов (дроссели, конденсаторы) обеспечивает высокую надежность устройства.

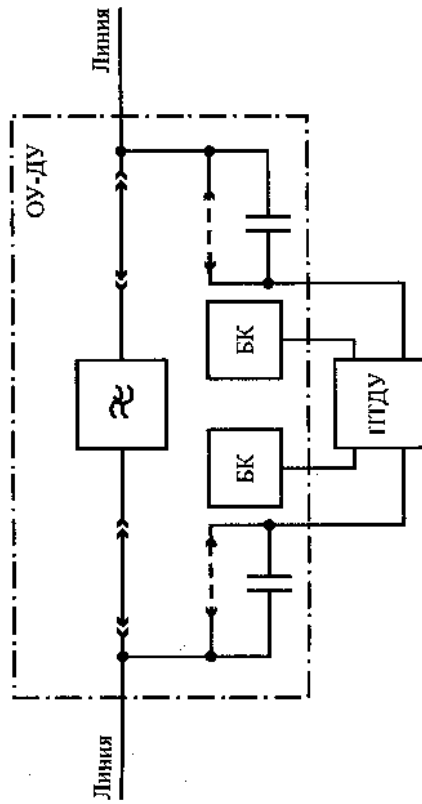


Рис. 4.41. Функциональная схема ОУ-ДУ

Электрические параметры

Сопротивление линейных входов, кОм, не менее	
на частоте 50 Гц	10;
в диапазоне частот 300...3400 Гц	15
Переходное затухание между линейными входами	
в диапазоне частот 300...3400 Гц, дБ, не менее	60
Сопротивление постоянному току между линейными	
входами, Ом, не более	500
Коэффициент линейных входов на частоте 800 Гц, дБ,	
не менее	-75

Переходное устройство ПУ-4Д. Это устройство предназначено для сопряжения четырехпроводных каналов тональной частоты и двухпроводных физических цепей в системе оперативно-технологической связи. Совместно с устройством тонального управления радиостанциями ТУ-РС устройство ПУ-4Д обеспечивает возможность передачи по каналам тональной частоты сигналов управления стационарными радиостанциями в системе поездной радиосвязи.

ПУ-4Д рассчитано для работы по стандартным телефонным каналам тональной частоты и двухпроводным каналам оперативно-технологической связи, организованным по воздушным, кабельным пулин-зирванным, непупинизированным линиям с входным сопротивлением от 200 до 2000 Ом.

Устройство тонального управления ТУ-РС. Это устройство предназначено для приема сигнала тонального управления от распределительной станции и передачи его по двухпроводным линиям постоянным током и ретрансляции сигналов по другим направлениям каналов ТЧ.

Функциональная схема ТУ-РС приведена на рис. 4.42. Она содержит разделительные фильтры нижних и верхних частот и приемник тональных сигналов управления. ТУ-РС включается в тракт передачи от третьего к четвертому направлению переходного устройства ПУ-4Д.

Частоты разговорных сигналов и тонального сигнала управления, поступающие от распределительной станции на вход третьего направления распределителя ПУ-4Д, разделяются на входе ТУ-РС фильтрами Д2 и К. Разговорные сигналы через фильтр Д2 и распределитель ПУ-4Д ретранслируются на выходы остальных направлений. Сигнал тонального управления через фильтр К поступает на входы вентиляльных каскадов Ус1, Ус2, предназначенных для подключения к выходам четырехпроводных направлений двух переходных устройств. Таким образом, сигнал тонально-

го управления при необходимости ретранслируется через ТУ-РС, минуя распределитель ПУ-4Д, что исключает возможность попадания сигналов тонального управления в двухпроводные линии, подключаемые к ПУ-4Д.

По двухпроводным линиям сигнал управления передается постоянным током из блока управления БУП. Реле управления БУП включается выходным сигналом тонального приемника ПП при поступлении, на его вход сигнала тонального управления с выхода фильтра К. ТУ-РС работает от тонального сигнала частотой 3,3/2,5 кГц. Подключение ТУ-РС к каждому ПУ-4Д обеспечивает ретрансляцию сигналов тонального управления радиостанциями от распределительной станции по трем каналам ТЧ и передачу по двухпроводным линиям сигналов управления постоянным током, формируемых в блоках БУП. Управление блоками БУП осуществляется на ТУ-РС.

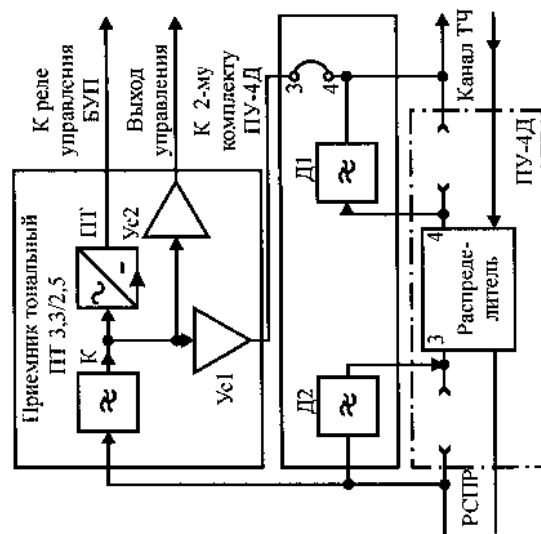


Рис. 4.42. Структурная схема системы ТУ-РС

РЕМОНТНО-ОПЕРАТИВНАЯ РАДИОСВЯЗЬ

5.1. Сети ремонтно-оперативной связи

Система ремонтно-оперативной радиосвязи («Гранспорт-РОРС») предназначена для организации оперативного управления проведения эксплуатационных и ремонтно-восстановительных работ в различных звеньях железнодорожного транспорта.

Наиболее трудоемким является текущее содержание пути, которое выполняет большое число бригад, входящих в состав дистанции пути, а также капитальный и средний ремонт, выполняемые путевыми машинными станциями ПМС, механизированными ремонтными колоннами и укрупненными механизированными бригадами.

Для обеспечения безопасности движения поездов места производства путевых работ, предусматривающих нарушение целостности и устойчивости пути и сооружений, ограждают переносными сигналами. Вид ограждения мест производства работ на перегонах определяется их сложностью, типом и профилем участка, максимально допускаемыми скоростями движения поездов, числом путей на участках, уровнем видимости, климатическими условиями и т. п. Места производства работ на перегонах, требующие остановки поездов, ограждают с двух сторон сигналами, а при сложном профиле участка необходимы еще и промежуточные сигналы.

При производстве работ в «окно» или при ограждении места работ сигналами остановок на одном из путей двухпутного участка сигналы в случае прохода поезда по соседнему пути подают звуковые сигналы, а руководитель дает распоряжение о прекращении работ в междупутье и об уходе с него. Работы на пути продолжают с применением мер предосторожности.

Использование средств связи между руководителем ремонтных работ и сигналами повышает безопасность производства работ и позволяет высвободить промежуточные сигналы. При этом появляются также возможность установить связь с машинистами поездных локомотивов, приближающихся к месту проведения работ.

При производстве работ путевыми машинными станциями (ПМС) должна обеспечиваться связь руководителя работ ПМС с руководите-

лями отдельных машин, бригадирами-механиками путевых машин и сигналами. Эта связь позволяет передавать сообщения о приближении поезда по соседнему пути, указания по производству ремонтных работ и корректировке графика их производства, указания по устранению аварийных ситуаций. Протяженность фронта работ ПМС может достигать 8 км.

Существенную экономию времени закрытия перегона может дать связь руководителя работ ПМС с ДНЦ, ДСП и диспетчером пути ПЧД для передачи и приема указаний и извещений об открытии или закрытии перегона, повышении скорости движения, времени подхода к фронту работ или о причинах задержек путевых машин и т. д.

Таким образом, при производстве ремонтных работ ПМС необходимо организовать сети связи, включающие следующих абонентов: руководителя работ ПМС и механиков путевых машин с руководителями отдельных путевых машин и с сигналами ограждения в пределах фронта работ; руководителя ПМС и отдельных путевых машин с ДНЦ и ПЧД в пределах диспетчерского участка и с ДСП прилетающих к месту работ станций; сигналистов с руководителем ПМС и с машинистами поездных локомотивов на расстоянии 1,5—2 км. Должны обеспечиваться сигнализация о приближении поезда и громкоговорящее оповещение ремонтных работников.

В зависимости от назначения и способа организации РОРС подразделяется на линейную ремонтно-оперативную радиосвязь РОРС-Л и внутреннюю ремонтно-оперативную радиосвязь РОРС-В.

Организация сети РОРС-Л. Сеть линейной постоянно действующей радиосвязи РОРС-Л предназначена для оперативного управления ведущимися на перегоне ремонтно-восстановительными работами и является сетью коллективного пользования. Радиосети РОРС-Л организуются в соответствии с Типовыми структурами радиосетей РОРС. Их расчет сводится к расчету проводного канала линейной ремонтно-оперативной радиосвязи, а также определению мест установки стационарных радиостанций РОРС-Л и высот установки антенн, т. е. к расчету дальности радиосвязи между стационарными радиостанциями и радиостанциями названных подвижных объектов.

Структура построения сети РОРС-Л должна определяться применительно к каждому конкретному случаю в зависимости от числа пользователей системы, мест размещения диспетчеров и возможных мест размещения аппаратуры, конфигурации участка, схемы организации

проводного канала. Протяженность зоны действия сети РОРС-Л, ее границы на электрифицированных участках железных дорог должны определяться, в первую очередь, границами и протяженностью диспетчерских участков поезда радиосвязи или энергодиспетчера, на незлектрифицированных участках — границами и протяженностью диспетчерских участков поезда радиосвязи.

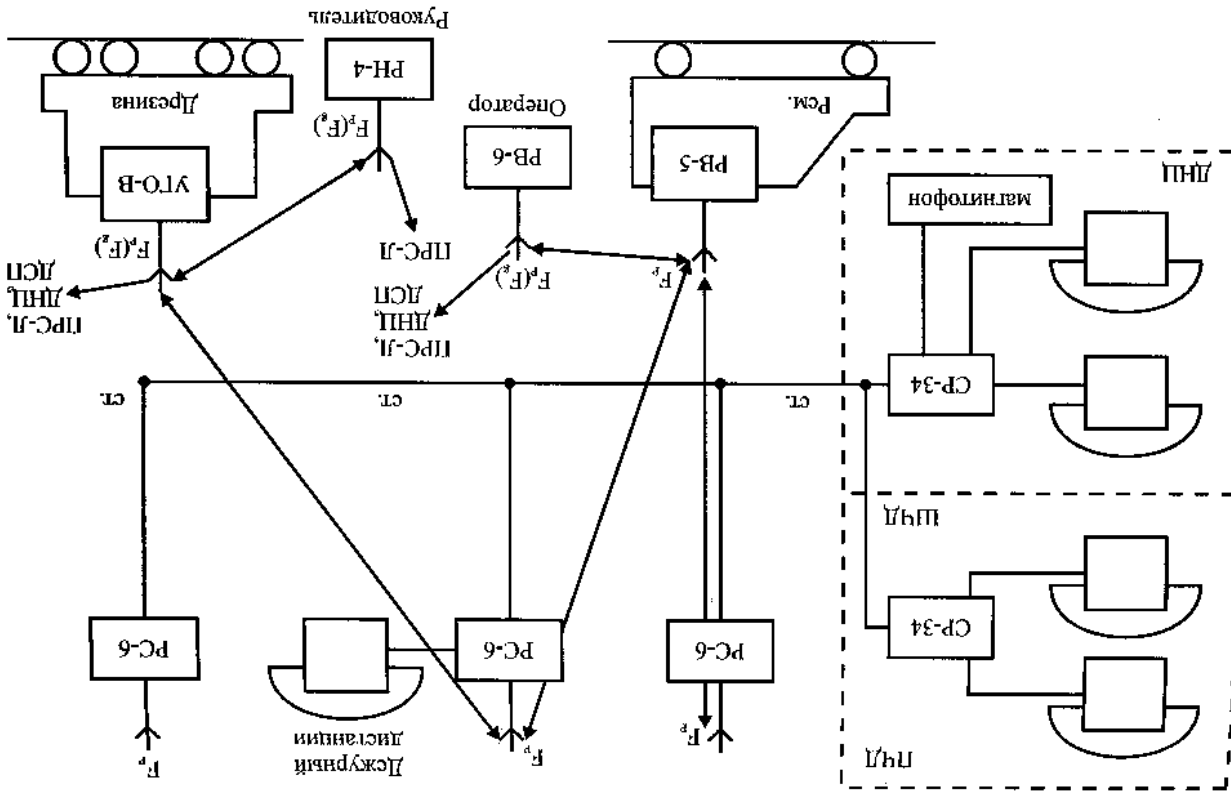
Пример организации линейной сети РОРС-Л приведен на рис. 5.1. Эта радиосеть предназначена для связи руководителей ремонтных работ, а также машинистов и механиков подвижных единиц ремонтных служб с поездным ДНЦ, энергодиспетчером ЭЦЦ, а также с диспетчерами дистанций пути ПЧ, сигнализации и связи ШЧ. Такая радиосеть является сетью коллективного пользования служб электроснабжения, пути, военизированной охраны, движения, сигнализации и связи. Сеть РОРС-Л обеспечивает взаимный вызов и ведение переговоров в симплексном режиме между руководителями работ, находящимися в любой точке перегона, и диспетчерским аппаратом соответствующих служб при организации следующих видов работ:

- текущем и капитальном ремонте пути;
- техническом обслуживании и ремонте устройств СЦБ и связи;
- техническом обслуживании и ремонте устройств электроснабжения;
- снегоуборочных и снегоочистительных работах;
- восстановительных работах при авариях и крушениях;
- тушении пожаров.

Для бригад, обеспечивающих текущее содержание пути, необходимо организовать сети связи, включающие следующие абонентов: бригады с ремонтными работниками и сигнаристами внутри фронта работ (на расстоянии до 3 км); сигнаристов с машинистами поездных локомотивов на расстоянии 1,5—2 км, бригады с ДСП ближайшей станции и с дежурным дистанции контактной сети, поездным диспетчером, энергодиспетчером и другими службами, имеющими отношение к производству работ на перегоне.

На всех участках железных дорог, электрифицированных переменным и постоянным током, имеются контактная сеть и энергетическое хозяйство. При техническом обслуживании контактной сети и ее ремонте необходима связь бригады по ремонту контактной сети, выезжающей на перегон на автомотрисе, дрезине, автолукшке, вагоне-лаборатории, с ДСП прилегающих станций, ДНЦ и энергодиспетчером ЭЦЦ участков и

Рис. 5.1. Организация линейной сети РОРС-Л



с начальником или дежурным дистанции контактной сети ЭЧК. Также связь служит для передачи приказов на занятие перегона; выполнения работ со снятием напряжения; уведомления об окончании работ и т. п. и обеспечивает существенную экономию времени закрытия перегона. Пример организации временной РОРС-В приведен на рис. 5.2.

Для обслуживания и ремонта воздушных линий автоблокировки (ВЛА) используют автолетушки и бригады по ремонту и обслуживанию ВЛА. В этом случае наряду с обеспечением связи внутри фронта работ необходимо обеспечить связь бригадиров автолетушки с начальником или дежурным сетевого района ЭЧС (см. рис. 5.2).

Организация восстановительных работ требует обеспечения связи начальника восстановительного поезда, а также машинистов локомотивов с руководителями движения (ДНЦ и ДСП).водители кранов и тягачей должны иметь связь внутри фронта работ с ответственными исполнителями, которые, в свою очередь, в пределах фронта работ должны иметь связь с начальником восстановительного поезда и с бригадами ремонтных бригад — мастерами, а начальник восстановительного поезда с сигнальстами ограждения. Аналогично организуют работы пожарных поездов, когда при ликвидации пожаров необходима связь началь-

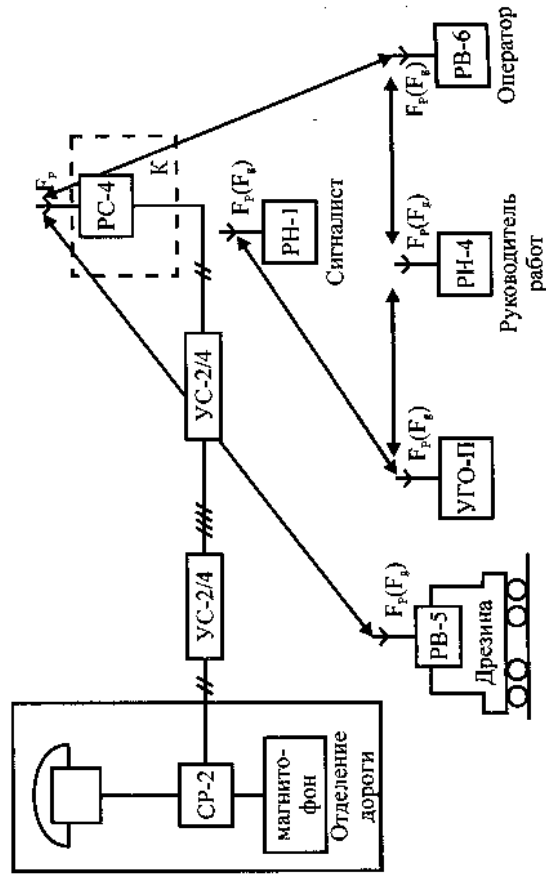


Рис. 5.2 Схема организации временной РОРС-Л

ника пожарного поезда с водителями автоцистерн, с бригадами по тушению пожара, с дежурным пожарного поезда, через которого должны обеспечиваться связь с ДНЦ, ДСП и с машинистами локомотива.

Для оперативного управления службой сигнализации и связи наряду с обеспечением связи с подвижными объектами на станции (связь электромехаников) необходима связь диспетчера с подвижными подразделениями, обеспечивающими содержание и ремонт устройств сигнализации и связи, и на перегоне в пределах диспетчерского участка.

Из рассмотренной в общем виде технологии обслуживания и ремонта сооружений и устройств различных хозяйств железнодорожного транспорта определены назначение и ряд технико-эксплуатационных требований к радиосетям и аппаратуре ремонтно-оперативной радиосвязи.

1. Линейная сеть РОРС-Л должна строиться по радиопроводному принципу с размещением стационарных радиостанций РС-46 вдоль диспетчерского участка. Стационарные радиостанции соединяются между собой и с распорядительными станциями СР-234 проводными каналами связи.

2. Энергодиспетчер, диспетчер пути, диспетчер службы СЦБ и связи должны иметь устойчивую связь с руководителями ремонтных работ, находящимися в любой точке диспетчерского участка. Для этого должно выполняться условие:

$$r_1 + r_2 \geq l_n + 3 \text{ км,}$$

где r_1 и r_2 — дальности уверенной радиосвязи между радиостанцией руководителя работ (мобильная или переносная) и стационарными радиостанциями, ограничивающими перегон, на котором проводятся ремонтные работы;

l_n — длина перегона или расстояние между соседними стационарными радиостанциями.

3. Стационарные радиостанции могут размещаться в зданиях ЭЦ, тяговых подстанциях, пассажирских зданиях, зданиях работников службы пути, помещениях, обслуживаемых усилительных пунктов, специально устанавливаемых контейнерах и т. д.

4. При составлении канала связи в линейной радиосети со стороны диспетчера должно обеспечиваться избирательное подключение стационарных радиостанций к проводному каналу связи. Управление режимом «ПРИЕМ-ПЕРЕДАЧА» этих радиостанций может осуществляться постоянным током или кодированными сигналами.

5. При вызове диспетчера руководителем ремонтных работ из любой точки диспетчерского участка к проводному каналу связи должна подключаться только одна стационарная радиостанция, обеспечивающая лучшее качество канала радиосвязи.

Для линейных сетей РОРС-Л следует предусматривать специально выделенные проводные каналы связи. При использовании совмещенного канала любого вида оперативно-технологической связи (ОТС) устойчивая работа РОРС-Л не гарантируется. Специально выделенный проводной канал связи для сети РОРС-Л должен быть организован аналогично групповым каналам ОТС с режимом работы по диспетчерскому принципу. В качестве специально выделенного канала связи для сети РОРС-Л могут применяться групповые каналы НЧ или групповые каналы ТЧ, прямые каналы ТЧ для подтягивания, а также различные их сочетания в зависимости от построения диспетчерского и применяемых на нем средств связи.

Проводной канал связи сети РОРС-Л должен удовлетворять следующим основным требованиям.

Групповой канал НЧ:

— полосу эффективно передаваемых частот каналов НЧ пультизированной кабельных линий связи (КЛС), КЛС с дуплексными усилителями и воздушных линий связи (ВЛС) 300...2400 Гц, непультизированных КЛС — 300...3400 Гц;

— допустимое затухание канала связи на частоте 1000 Гц не более 19,2 дБ;

— соотношение сигнал/шум в точках подключения распределительной станции и стационарной радиостанции не менее 26 дБ;

— номинальный уровень измерительного сигнала на согласованной нагрузке:

на линейном выходе +5,2 дБ,

на линейном входе -14 дБ.

Групповой канал ТЧ:

— полосу эффективно передаваемых частот 300...3400 Гц;

— номинальный уровень измерительного сигнала на согласованной нагрузке:

на выходе +4,0 дБ,

на входе -13 дБ.

Для передачи постоянного тока, применяемого для управления радиостанциями по кабельным пультизированным и ВЛС, должны быть предусмотрены обходные устройства и блоки управления постоянным током.

Радиосвязь организуют в симплексном режиме с групповым вызовом в метровом диапазоне волн. При этом используют стационарные радиостанции РС-46, установленные вдоль диспетчерских участков и соединенные линейным каналом связи между собой и с распределительной станцией СР-234, устанавливаемой в диспетчерских пунктах. Однако, учитывая технологические особенности диспетчерских кругов различных служб, возможности несовпадения станций их стыкования и размещения диспетчеров в различных территориальных районах, предусматривается разделение СР-234 на две станции и включение их в любой точке линии. При этом каждая станция вызывается различным кодом, выработываемым на РС-46 в зависимости от вызываемого диспетчера, что определяется посылаемым одним из четырех вызываемых сигналов (700; 1000; 1400 или 2100 Гц) от возимой, переносной или носимой радиостанции.

Для связи с диспетчерским руководством на подвижных объектах ремонтных подразделений всех служб устанавливают возимые радиостанции РВ-5. Связь будет обеспечена лишь вблизи от места установки радиостанции РС-46 (на расстоянии до 3—5 км). Для обеспечения связи на перегоне подразделения оснащают переносными радиостанциями РВ-6 (временно развертывают в районе проведения работ) с установкой антенны на телескопической мачте высотой порядка 5 м. Радиосеть линейной ремонтно-оперативной связи организует телефонную радиосвязь энергодиспетчера, поездного диспетчера, диспетчера пути, сменного инженера диспетчерской станции и связи с местом производства работ.

Проводной канал между распределительной станцией СР-234 (СР-34) и стационарными радиостанциями РС-46 (РС-6) организуются чаще всего по каналу ТЧ с режимом работы по диспетчерскому принципу.

К стационарной аппаратуре сети РОРС-Л, подключаемой к проводному каналу связи, относятся: распределительная станция СР-234, устройства сопряжения УС-2/4, стационарные радиостанции РС-46, блоки управления постоянным током (БУП), устройства обхода дуплексных усилителей (ОУ-ДУ), водно-защитные устройства (ВЗУ).

При подключении аппаратуры сети РОРС-Л к каналам НЧ, организованным по кабельным пультизированным линиям и воздушным линиям связи, для передачи сигналов управления должен применяться постоянный ток. При подключении аппаратуры РОРС-Л к каналам НЧ, организованным по непультизированным линиям связи и групповым каналам ТЧ, должно использоваться кодовое управление. В каналах

ТЧ, применяемых для подтягивания канала НЧ, организованного по ВЛС или пупинизированным КЛС, должно использоваться тональное управление.

Избирательное подключение к проводным каналам связи стационарной радиостанции, а также вызов распорядительной станции должны осуществляться двухчастотными кодированными сигналами. Радиостанциям присваиваются по два индивидуальных номера (№ 1 и № 2), соответствующих подключаемому к проводному каналу связи двум распорядительным станциям. Номинальные значения частот, используемых для образования кодовых комбинаций, приводятся ниже.

Условный номер																				
частоты 2	6	7	9	12	14	16	17	19	20											
Частота,																				
Гц	1071	1207	1241	1309	1411	1479	1547	1581	1649	1683										

Перечень кодовых комбинаций, используемых для избирательного подключения стационарных радиостанций:

№ 1		№ 2	
2-7	6-7 7-2 14-2 19-2 20-2	9-6 12-2	16-2 17-2
2-14	6-14 7-6 14-6 19-6 20-6	9-14 12-6	16-6 17-6
2-19	6-19 7-14 14-7 19-7 20-7	9-19 12-7	16-7 17-7
2-20	6-20 7-17 14-19 19-14 20-14	9-20 12-14	16-9 17-9
	7-20 14-20 19-20 20-19	12-19 16-14	17-12 17-14
		12-20	16-17 17-14
			16-19 17-16
			16-20 17-19
			17-20

Диспетчерские посты ШЧ, ПЧ, ЭЧ и др. оборудуются распорядительными станциями СР-34 в модификации линейного устройства УЛ-34-2. В радиостанции сигнализации и связи оборудуются основной пост, а в ПЧ и ЭЧ организуются дополнительные посты. Дополнительные посты соединяются с основным постом и могут быть удалены от него на расстояние до 5 км. На основном посту распорядительные станции диспетчеров соединяются с распорядительной станцией варианта СР-34-19 с линейным устройством УЛ-34-1. Далее СР-34-1 соединяются четырехпроводной линией с аппаратурой ИКМ в ЛАЦе. Через аппаратуру ИКМ

по каналам тональной частоты ТЧ через устройства сопряжения УС-2/4 соединяются с каждой стационарной радиостанцией.

Распорядительная станция является оконечным устройством, дистанционным пультом управления в системе связи в пределах заданного участка. Станция СР-234 обеспечивает: дистанционное подключение (в режиме тонального управления) к проводному каналу связи любой из стационарных радиостанций РС-46 и управление режимом «ПРИЕМ-ПЕРЕДАЧА», ведение переговоров диспетчерами машин тяжелого типа водителями ремонтных бригад и с водителями машин тяжелого типа и с машинистами дрезин; автоматическую передачу и прием сигналов дистанционного контроля направленности радиостанции РС-46 и целостности соединительных линий с оптической индикацией результатов контроля; подключение к каналам ТЧ.

Устройство УС-2/4 предназначено для сопряжения четырехпроводных каналов ТЧ с двухпроводными физическими линиями связи. Устройство УС-2/4 обеспечивает: передачу разговорных сообщений и сигналов взаимодействия с одного или двух распорядительных направлений по всем направлениям или с одного из двухпроводных (исполнительных) направлений по всем другим направлениям; переключение с приема на передачу в сторону двухпроводных линий по сигналам управления радиостанциями РС-46 от станции СР-234; прием тональных сигналов управления радиостанциями РС-46 и преобразования их в сигналы управления БУП; ведение служебных переговоров по всем направлениям; компенсацию затухания и коррекцию АЧХ двухпроводных линий; согласованное подключение к каналам ТЧ и двухпроводным физическим линиям; высокоомное подключение к двухпроводным физическим линиям; объединение двух и более устройств УС-2/4. Устройство УС-2/4 выпускают в трех вариантах: УС-2/4-1, УС-2/4-2, УС-2/4-3.

Организация сети РОРС-В. Эта сеть обеспечивает связь руководителя ремонтных работ с исполнителями (мастерами, монтерами, водителями дрезин, автомотрис и других подвижных объектов и сигналами, ограждающими участок производства работ).

Структуры построения сетей РОРС-В определяются их назначением. Эти сети включают в себя: радиосеть восстановительного поезда, радиосеть подразделений воензированной охраны, радиосети службы электроснабжения, радиосеть путевой машинной станции ПМС при капитальном ремонте, радиосеть при обслуживании и ремонте устройств СДБ, радиосеть снегоуборочных поездов и снегоочистительных машин.

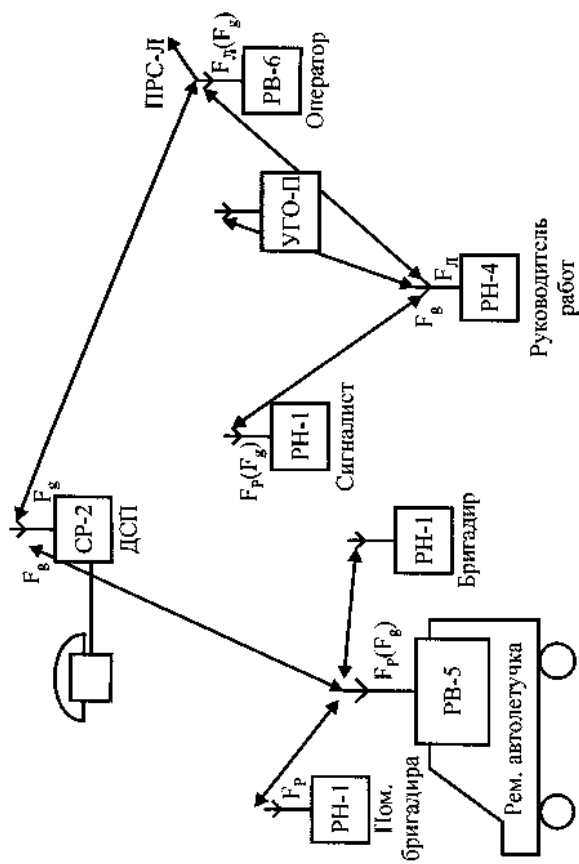


Рис. 5.3. Схема организации работ в системе RORC-B

Состав сетей RORC-B и их построение приведены на рис. 5.3. В сетях RORC-B средствами радиосвязи и громкоговорящего оповещения должны оборудоваться все подвижные объекты рельсового оповещения, путевые машины и механизмы, штабные вагоны восстановительных и пожарных поездов) и нерельсового транспорта (автолетучки, автомашины с испытательными лабораториями, автомашины с подьемными кранами, тракторы, мотоциклы, оперативные машины, автоцистерны и др.). Кроме того, носимыми радиостанциями оснащаются начальник и заместитель восстановительного поезда, машинист локомотива восстановительного поезда, руководитель тушения пожара, пожарные, стрелки на постах, руководитель работ и сигналисты ограждения при техническом обслуживании контактной сети, начальник ПМС и дорожные мастера, электромеханики, машинист снегоборочного поезда и снегоочистительных машин и др.

Радиосвязь организуют в симплексном режиме с групповым вызовом. Абонентов радиосети оснащают носимыми радиостанциями РН-12, Мотогола, «Радий» или радиостанциями транкинговой системы связи. В этом случае предусматривают возможность контроля исправ-

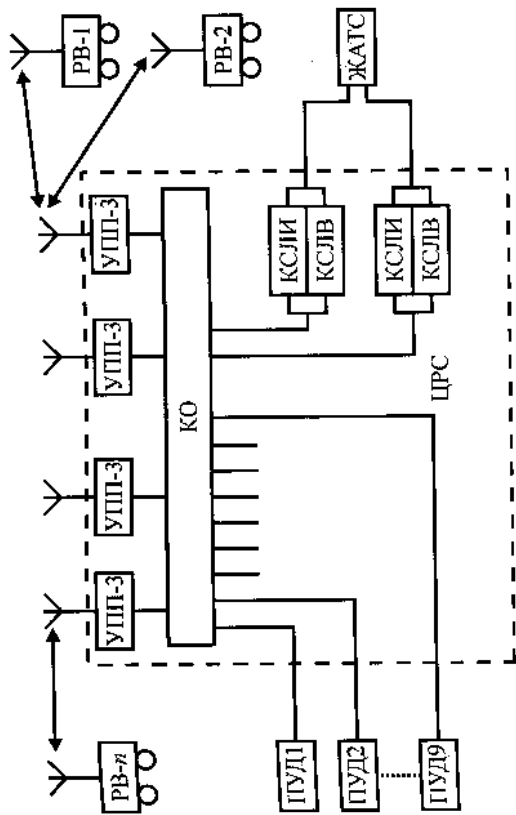


Рис. 5.4. Схема организации служебной RORC с выходом в ЖАТС

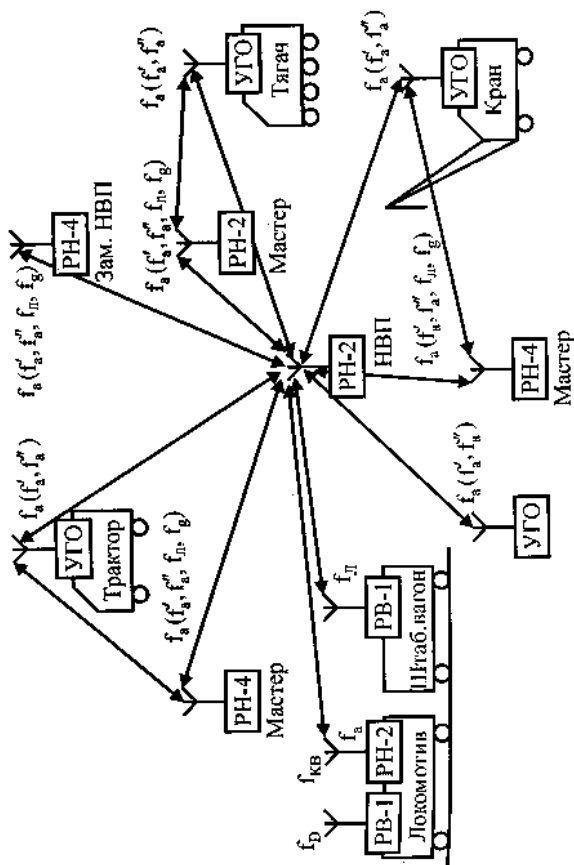


Рис. 5.5. Схема организации радиосети восстановительного поезда

ности канала периодической посылкой сигналов тональной частоты и ее прослушивание на стороне приема.

Для оповещения работников о приближении поезда и передаче других команд используют устройства громкоговорящего оповещения УГО-П, УГО-В и УГО-С, выполненные соответственно в переносном, возимом и стационарном вариантах. В состав УГО-В входит носимая радиостанция РН-12 или возимая радиостанция РВ-5, а в состав УГО-П и УГО-С только носимая радиостанция РН-12.

Всеми устройствами управляют по радиоканалу со стороны носимых радиостанций. Устройства обеспечивают дистанционное включение усилителей низкой частоты, трансляционно-речевых и контрольных сигналов, включение акустической сигнализации о приближении поезда.

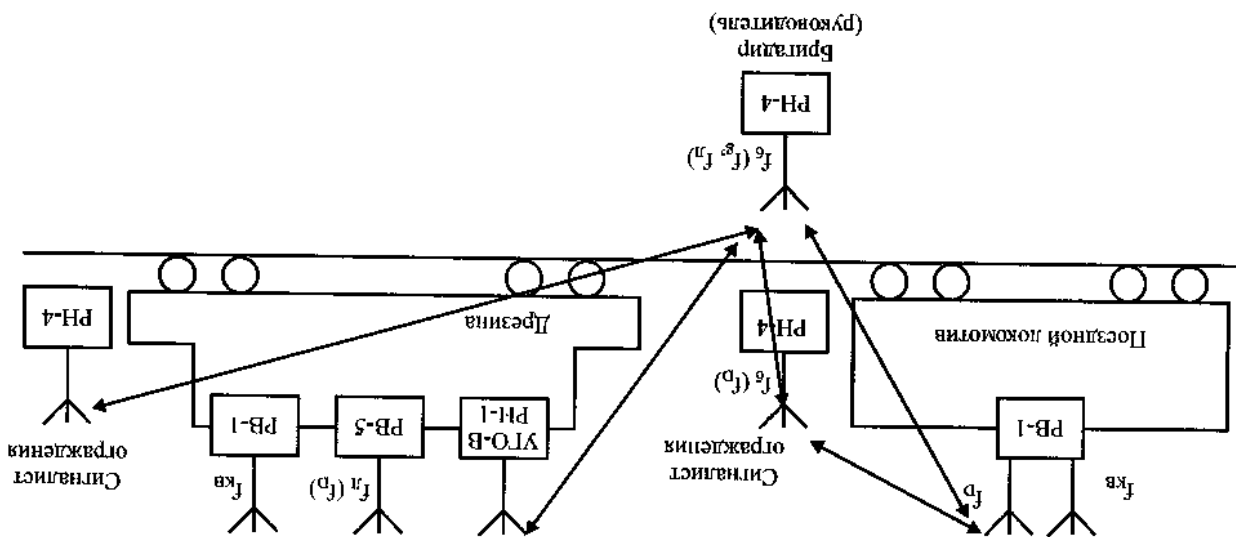
Схема организации служебной ремонтно-оперативной радиосвязи с выходом в ЖАТС показана на рис. 5.4, восстановительного поезда — на рис. 5.5, радиосети внутри бригады ПМС с дрезиной — на рис. 5.6.

5.2. Аппаратура систем РОРС

Радиосредства систем РОРС содержат следующие радиосредства поезда радиосвязи: радиостанции РС-46 различных модификаций, набор систем подвижной радиосвязи, включая радиостанции возимые и носимые. Стационарные и возимые радиостанции рассмотрены в разделе поезда радиосвязи. Здесь же уделим внимание радиостанциям носимым и средствам организации проводной связи.

Радиостанция «РАДИЙ-301». Носимая радиостанция 1Р32Н-4.3 «Ради-301» предназначена для организации радиосвязи в диапазоне 160 МГц в радиосетях поезда, станционной и ремонтно-оперативной связи в режимах одно- и двухчастотного симплекса. Параметры и режимы радиостанции программируются на заводе по требованию потребителя. Возможно перепрограммирование с помощью ЭВМ. Радиостанция имеет до 16 каналов, минимальный разнос частот между соседними каналами составляет 25 кГц. Радиостанция обеспечивает следующие режимы работы: «Дежурный прием» (с использованием режима «Экономайзер»), «Прием», «Передача». Режим «Экономайзер» за счет кратковременного периодического включения радиостанции с целью проверки наличия сигнала вызова обеспечивает экономичный режим по питанию, что существенно экономит расход энергии аккумулятора радиостанции.

Рис. 5.6. Схема организации радиосети внутри бригады ПМС с дрезиной



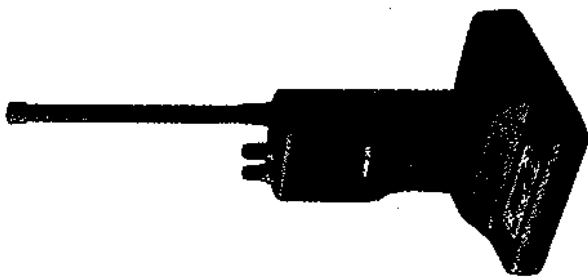


Рис. 5.7. Радиостанция «Радий-301»

Радиостанция имеет световую индикацию режимов и состояний и органы управления:

- переключатель включения-выключения радиостанции, совмещенный с регулятором громкости;
- переключатель номера рабочего канала и выбора списка сканирования;
- клавишу включения режима «передача»;
- функциональные кнопки, обеспечивающие переключение уровней мощности несущей, включение передачи тонального сигнала, выключение шумоподавителя, включение-выключение светового сигнала.

Общий вид радиостанции приведен на рис. 5.7.

Радиостанция работает от аккумуляторного источника питания напряжением 7,2 (+1,6; -1,2) В и емкостью 1,6 А·ч.

Основные технические характеристики представлены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Технические характеристики радиостанции «Радий-301»

№ п/п	Параметры	Значения
1	Выходная мощность передатчика, Вт	2 (5)
2	Максимальная девиация, кГц	5
3	Чувствительность модуляционного входа, мВ	28
4	Ток потребления в режиме «передача», А	1 (1,9)
5	Чувствительность приемника (СИНАД), мкВ	0,3
6	Мощность на выходе УНЧ, Вт	0,4...0,5
7	Ток потребления радиостанции в режимах: «лежурный прием», А «прием», А	0,06 0,3

Структурная схема радиостанции «Радий-301» приведена на рис. 5.8. Алгоритм работы радиостанции хранится в памяти процессора, расположенного на плате контроллера. При включении станции (регулятором громкости) питание подается на стабилизатор напряжения питания СМП,

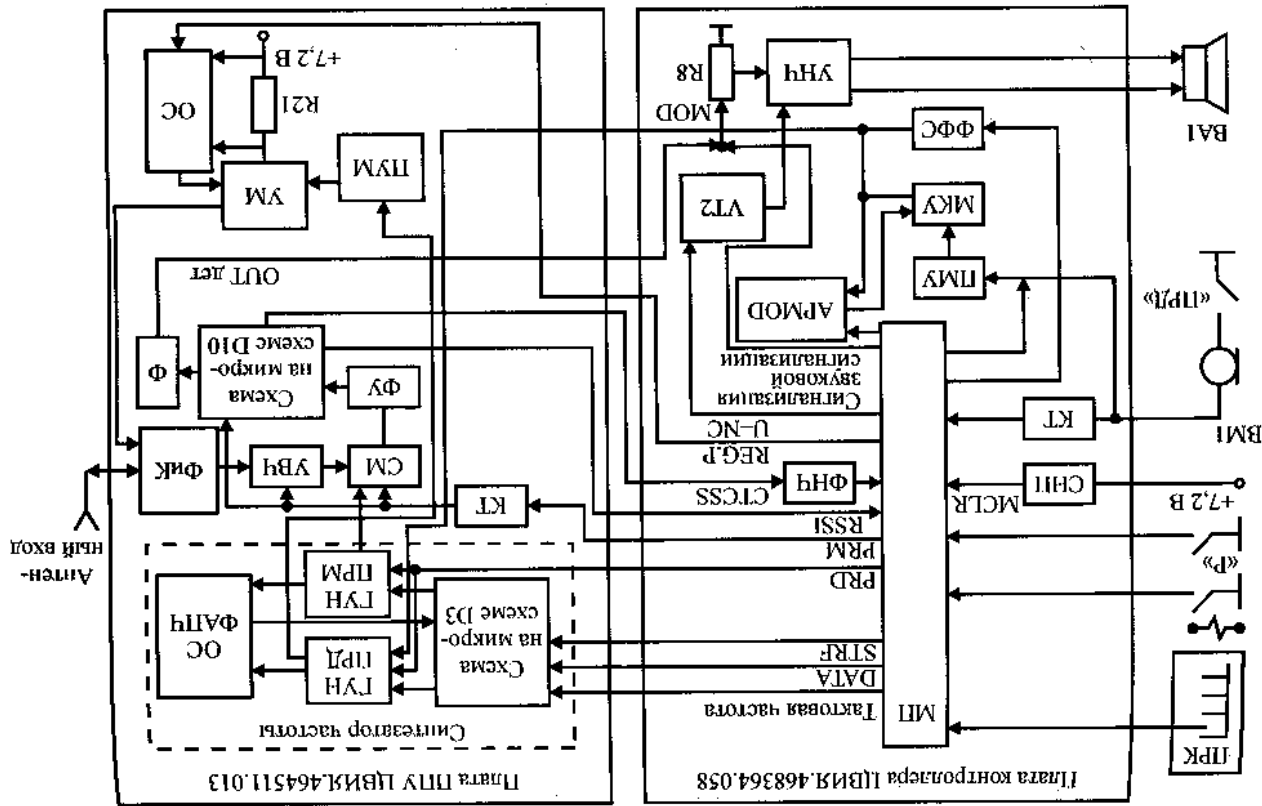


Рис. 5.8. Структурная схема радиостанции «Радий-301»

который сигналом «MCLR» устанавливает микропроцессор МП в исходное состояние. Информация об установленном канале поступает на микропроцессор с переключателя каналов ПРК, и далее микропроцессор выдает на синтезатор частоты соответствующий код — ДАТА по сигналам тактовой частоты. Код заносится в микросхему Д3 по сигналу STRF. Микросхема Д3 выдает уровень напряжения на один из двух генераторов — ГУН ПРМ или ГУН ПРД. С помощью блока обратной связи фазовой автоматической подстройки частоты ОС ФАПЧ частота ГУН, поделенная до частоты 6,25 кГц, анализируется микросхемой Д3 на разность фаз с частотой опорного генератора на микросхеме Д3, также поделенной до частоты 6,25 кГц. По результатам сравнения изменяется уровень направляющего напряжения, чем поддерживается стабильность частоты ГУН (ГУН ПРД или ГУН ПРМ) в заданных пределах. ГУН ПРМ — генератор, управляемый напряжением приемника, вырабатывает частоту гетеродина для приемника, ГУН ПРД — генератор, управляемый напряжением, вырабатывает частоту несущей для передатчика. ГУН ПРД включается по команде «PRD» от микросхемы Д3, ГУН ПРМ включается по команде «PRM». Приемник включается командой «PRM» от микросхемы Д3, эта команда инвертируется на транзисторном ключе и поступает на смеситель, УВЧ и на схему на микросхеме Д10. Частота гетеродина поступает на смеситель СМ, на другой конец которого через фильтр и ключи на *p-i-n*-диодах Фик и усилитель УВЧ поступает сигнал с антенного входа. На выходе СМ значение первой промежуточной частоты составляет 44 775 кГц. Сигнал ПЧ проходит через фильтр и усилитель ФУ и поступает снова на микросхему Д10, в которой происходит второе преобразование частоты до значения второй промежуточной в 445 кГц, усиление сигнала и его детектирование. С выхода детектора сигнал низкой частоты проходит фильтр Ф и поступает на резистор R8 платы контроллера. Резистором R8 можно изменить уровень сигнала на выходе усилителя УНЧ до нужной частоты и громкость на динамике ВА1.

Для передачи звукового сигнала необходимо нажать тангенту «ПРД», при этом срабатывает ключ КТ и на микропроцессор передается сигнал включения режима «ПЕРЕДАЧА». Сигнал от микрофона поступает на предварительный микрофонный усилитель ПМУ, после чего сигнал поступает на микрофонный усилитель МКУ. Кроме сигнала от микрофона может передаваться и сигнал частоты субтона, подаваемый от МП через фильтр-формирователь сигнала ФСС. Таким образом вырабатывается

сигнал «MOD» для модуляции несущей на синтезаторе. Частота ГУН ПРД, модулированная сигналом «MOD», поступает на предварительный усилитель мощности — ПУМ, а затем на усилитель мощности УМ. Далее усиленный сигнал через фильтр и ключи на *p-i-n*-диодах Фик поступает на антенну. Для поддержания уровня несущей и ее переключения в заданных пределах к резистору R21, входящему в состав УМ, подключена схема обратной связи, управляемая сигналом «REG.P» с микропроцессора МП.

Радиостанция «Motorola-GR300». Портативная радиостанция GR300 модели 093УРС, используется на железных дорогах России в диапазоне частот 156...174 МГц с расстройением на частоте между соседними каналами в 25 кГц и имеет 2, 8 или 16 каналов (рис. 5.9).

Принимаемый сигнал из антенны через фильтр гармоник (HARMONIC FILTER) (используемый при передаче) поступает на приемное устройство (RESIVER), который представляет собой высоко-частотный тракт: преселектор и усилители радиочастоты. Затем принятый сигнал поступает в первый преобразователь частоты (1st MIXER), где его частота преобразуется в первую промежуточную частоту, равную 45,1 МГц. В тракте первой промежуточной частоты (IF) происходит усиление и фильтрация принятого сигнала, который в дальнейшем поступает на второй преобразователь (2nd MIXER), где частота принятого сигнала преобразуется на значение второй промежуточной частоты, равной 455 кГц. Далее сигнал усиливается, фильтруется и в синхронном демодуляторе (DEMODULATOR) детектируется, после чего он поступает в блок фильтров звуковой частоты (AUDIO FILTER IC). В этом блоке устройством (Speech Attenuator) вырабатывается сигнал АРУ, который затем возвращается в блок второго преобразователя (2nd MIXER) для автоматического регулирования усиления. В этом же блоке звуковой сигнал фильтруется фильтром низкой частоты (Rx FILTER) и после усиления в выравнивателе усилителя (De-emphasis) через выключатель (Rx mute)

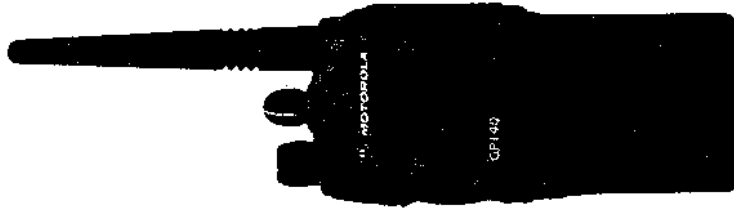


Рис. 5.9. Радиостанция «Motorola»

поступает на звуковой усилитель мощности (Audio PA) и выходной громкоговоритель (SPEAKER).

При передаче сигнал от микрофона (MIC) проходит через предварительный усилитель (Pre-amplifier) и устройство предискажения (Pre-emphasis) и поступает на сумматор сигналов, где суммируется с высокочастотными цифровыми данными, после чего приходит на упомянутый блок фильтров звуковой частоты (AUDIO FILTER), где после ограничения (Limiter), фильтрации (Splatter Filter) и регулировки уровня девиации с помощью аттенуатора (Deviation Attenuator) поступает на синтезатор частоты (SYNTHESIZER). В синтезаторе создаются сигналы задающей частоты для передатчика и первого преобразователя частоты приемника. Исходная частота синтезатора устанавливается кварцевым генератором (Reference Oscillator). В блоке генератора, управляемого напряжением (VCO), осуществляется частотная модуляция передаваемого сигнала. В дальнейшем передаемый сигнал после усиления в оконечном усилителе мощности высокой частоты (RFPA) через фильтр гармоник высокой частоты (HARMONIC FILTER) поступает на антенну, через которую излучается в эфир.

Следует отметить, что управление и синхронизация работы радиостанции осуществляется от микроконтроллера (MP), в котором создаются сигналы вызова и управляются с помощью нажимных кнопок (Push Buttons), переключаются каналы (Channel Switch), определяются временные слоты сигналов радиостанции.

Кроме того, в устройстве аналогового контроля (ANALOG CONTROL) контролируется уровень заряда батареи (Battery Saver), уровень выходной мощности (Power Reference) и управление антенным переключателем.

Основные технические характеристики этой радиостанции представлены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Характеристики радиостанции «Motorola»

№ п/п	Параметры	Значения
1	Выходная мощность передатчика, Вт	5 (1)
2	Максимальная девиация, кГц	5,0
3	Чувствительность передатчика с входа микрофона, мВ	$1,0 \pm 0,5$
4	Чувствительность приемника (СИНАД), мкВ	0,32
5	Избирательность по соседнему каналу, дБ	70
6	Выходная мощность приемника, мВт	500

Функциональная схема радиостанции «Motorola» представлена на рис. 5.10, вкладка.

На этой схеме показаны следующие блоки:

HARMONIC FILTER — фильтр гармоник;

RECEIVER — приемник;

1st MIXER — первый смеситель;

IF — тракт промежуточной частоты;

2 MIXER DEMODULATOR — второй смеситель и детектор;

RF PA — усилитель мощности радиочастоты;

VCO — генератор, управляемый напряжением;

SYNTHESIZER — синтезатор частоты;

MP — микроконтроллер;

AUDIO FILTER — схема фильтров звуковой частоты;

SPEAKER — громкоговоритель;

MIC — микрофон;

Audio PA — усилитель низкой частоты;

Channel Switch — переключатель каналов;

Push Buttons — нажимные кнопки.

Транкинговые системы связи. Под термином «транкинг» понимается многостанционный доступ или полудоступное подключение большого количества абонентов к ограниченному числу каналов. Несмотря на разнообразие транкинговых систем, все они построены по одним и тем же принципам. Транкинговая система может быть однозонаной или многозонаной. В каждой зоне устанавливается базовая станция (БС-ретранслятор), через которую обеспечивается радиосвязь с абонентами системы. В качестве абонентских (ПС — персональная станция) используются автомобильные или носимые радиостанции, работающие в симплексном, дуплексном или полудуплексном режиме. В транкинговых системах с частотным разделением каналов (FDMA — МДЧР — частотное разделение) на каждый рабочий канал приходится один ретранслятор, приемник и передатчик, работающие на разных (разнесенных) частотах. В многозональных системах БС содержит маршрутизатор, который осуществляет обработку вызовов, выбор маршрута и коммутацию абонентов, а в многозональных системах отслеживает перемещение абонентов из одной зоны в другую. Интерфейс использует сопряжение БС с телефонной сетью общего пользования (ТФОП).

В России в настоящее время находят широкое использование аналоговые транкинговые системы на основе протоколов «Smag Trunk-II» и

МРТ1327. Ведутся разработки по внедрению цифровой системы «Тетра» применительно к условиям железных дорог России.

Система «Smag Trunk» впервые была разработана в 1992 г. Недорогая компактная система стандарта Smag Trunk-II, которая за короткий срок стала мировой. Эта система относится к новому поколению популярной радиотелефонной системы.

Основные технологические данные

Рабочий диапазон частот — 146...174 МГц и 403...470 МГц

Количество каналов — до 16 дуплексных пар

Количество абонентов — до 1100 на систему

Типы вызовов:

радиоабонент — ТФОП, ТФОП — радиоабонент;

радиоабонент — радиоабонент (ПС-ПС);

групповой, срочный, аварийный, приоритетный, диспетчерский

Формат сигналов управления — цифровой ВРСК

Файл конфигурации системы — сохраняется на диске компьютера либо загружается с диска в контроллеры ST-852.

Контроллеры ST-852 программируются посредством системы меню. Обеспечивают до 1800 записей и сохранение данных о состоявшихся сеансах связи, даты и времени продолжительности разговора, типа вызова, а также их вывод на печать. Контроллер имеет возможность программирования таймера активности радиоабонентов и таймера ожидания ответов (от 1 до 255 с), аварийного номера (до 15 цифр), идентификатора базовой станции (до 20 сигналов) и кода доступа (пароля — 6 цифр). База данных контроллера рассчитана на 1100 радиоабонентов с описанием возможностей (максимальная длительность переговоров, разрешение на ведение междугородних переговоров и т. п.). Конфигурация системы не стирается при сбоях питания контроллера. Каждому абоненту присваивается личный добавочный номер длиной от одной до пяти цифр, а также групповой номер для диспетчерской связи. Для различных категорий пользователей существует 10 уровней приоритета. Структурная схема одноканальной системы приведена на рис. 5.11, а четырехканальной системы — на рис. 5.12.

В четырехканальной системе основными элементами являются базовая БС станция (TX/RX — приемопередатчик) и контроллер ST-852. Все радиоканалы независимы друг от друга, что позволяет различать оборудование системы на значительное расстояние друг от друга. Контроллер каждого канала имеет выходы на две двухпроводные абонентские ли-

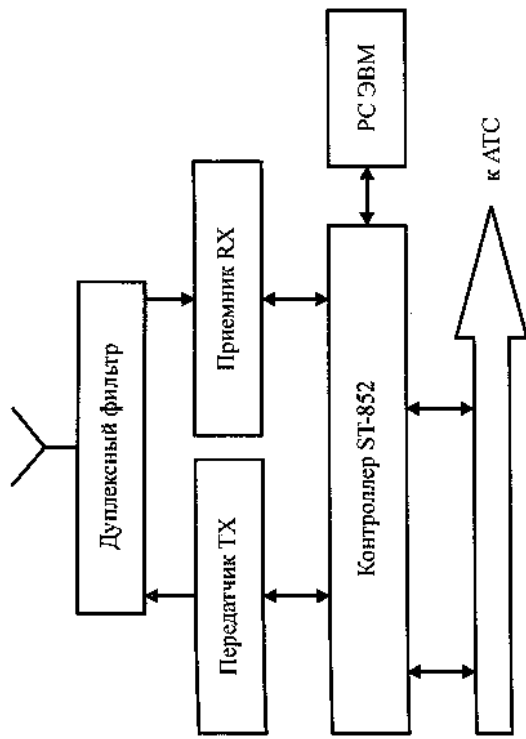


Рис. 5.11. Одноканальная транкинговая система

нии. Обычно один из выходов подключается к городской АТС, а другой — к местной (учрежденческой) линии связи. Набор в линию импульсный или тональный (DTMF-dual-tone multi-frequency — двухтональная многочастотная система сигнализации). Набор со стороны АТС — тональный или импульсный.

Базовое оборудование системы имеет комбайнер — устройство, позволяющее складывать сигналы от нескольких передатчиков и направлять их в общую передающую антенну. Распределительная панель содержит фильтры, разделяющие рабочие частоты четырех каналов.

Связь в направлении *радиоабонент* — *радиоабонент* (ПС-ПС) проводится через радиотранслятор БС.

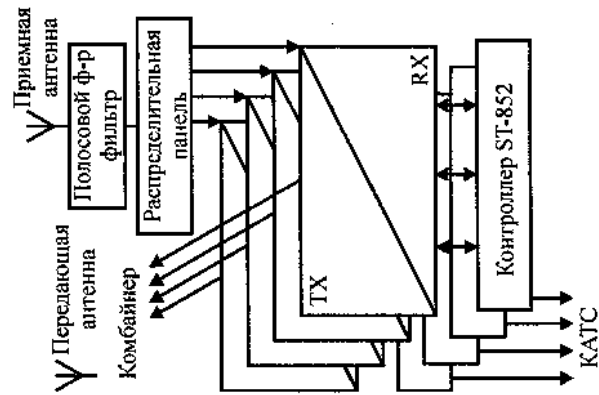


Рис. 5.12. Четырехканальная транкинговая система

В исходном состоянии ретрансляторы системы работают на прием, абонентские радиостанции ПС сканируют по частотам. В случае вызова абонентская радиотрансляция «захватывает» свободный канал (ретранслятор) и посылает «запрос» в виде цифрового пакета.

Ретранслятор, получив запрос от мобильного абонента, включает передатчик и излучает пилот — сигнал на тональной частоте 1200 Гц длительностью 0,3 с, подтверждающий включение ретранслятора на установление связи. Все свободные абонентские радиостанции прекращают сканирование и задерживаются на этом канале, ожидая вызова. Когда все свободные абонентские станции собрались на выбранном радиоканале, радиотранслятор передает вызывной пакет (пейдж), в котором содержится адрес вызываемой станции. В результате вызываемая станция остается на канале и начинается сеанс связи, а остальные абонентские радиостанции продолжают режим сканирования.

Процедура вызова мобильным абонентом радиосети абонента ТФОП заключается в наборе номера ТФ (до 14 цифр), после чего посылается вызов «один» (первая линия). Абонентская радиостанция, скалируя, находит свободный канал (ретранслятор), получает ответ от ТФОП (зуммер) и посылает телефонный номер. При необходимости после соединения возможен тональный донабор, например, для доступа к дополнительным номерам местной АТС.

Процедура вызова абонентом ТФОП мобильного абонента заключается в наборе номера, по которому подключен контроллер ST-852 и, если линия свободна, донабор номера мобильного абонента. Если мобильный абонент занят, или его радиостанция выключена, или он находится вне зоны действия системы, то абонент ТФОП получает ответ «занято». Если система имеет несколько мест расположения ретрансляторов (при многоканальной системе), то можно выйти на другие ретрансляторы (каждый имеет свой телефонный номер) и проверить, не там ли находится вызываемый абонент. Часть абонентских номеров можно использовать в качестве групповых. Вызвать группу радиостанций можно как с другой радиостанции, так и с телефона абонента ТФОП. Правила набора те же, что и для отдельных радиоабонентов. Диспетчерская связь внутри своей группы не требует набора номера, достаточно нажать кнопку «передача» на базовой радиостанции, и все радиостанции группы будут слышать вызов.

Срочный вызов оператора системы можно осуществить путем набора комбинации «9». В случае бедствия или опасности набор комбинации «0» приведет к автоматическому набору заранее запрограммированного номера (например, милиции). Если при наборе этих комбинаций все каналы окажутся занятыми, то система принудительно прервет один из разговоров для прохождения срочного или аварийного вызова.

Сотовая связь. Принцип сотовой связи состоит в делении обслуживаемой территории на соты и при этом возможно повторное использование частот, как показано на рис. 5.13.

Каждая из сот обслуживается многоканальным радиопередатчиком (БС — базовая станция). БС является интерфейсом между абонентом и центром коммутации подвижной связи. Число каналов базовой станции кратко 8, 16, 32... Один из каналов является управляющим (control channel). На этом канале происходит непосредственное управление мобильными станциями, производится установление соединения при вызове подвижного абонента, а сам разговор начинается только после того, как будет найден свободный в данный момент канал и произойдет переключение на него. Любой канал представляет пару частот для дуплексной связи.

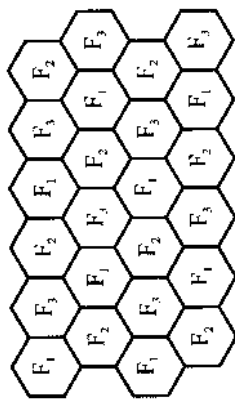


Рис. 5.13. Распределение частот в системе сотовой связи

Рассмотрим принципы работы сотовых систем на примере наиболее распространенной системы связи стандарта GSM-900.

Система GSM является цифровой системой передачи данных, речь кодируется и передается в виде цифрового потока. Абоненты GSM могут осуществлять обмен информацией с абонентами ТФОП, сетей с коммутацией пакетов и сетей связи с коммутацией каналов. Возможна передача факсимильных сообщений при использовании соответствующего адаптера.

Рабочий диапазон частот 890...915 МГц (для MS) и 935...960 МГц (для BS). В стандарте GSM используется узкополосный многостанционный доступ с временным разделением каналов (TDMA). В структуре TDMA кадра содержится 8 временных позиций на каждой из 124 несущих частот. Модуляция выбрана частотная гауссовская с минимальным сдвигом (GMSK — Gaussian Minimum Shift keying) и индексом модуляции равным 0,3. Дуплексный разнос частот передачи и приема составляет 45 МГц, а ширина полосы канала связи — 200 кГц.

Скорость передачи сообщений в радиоканале равна 270,833 кбит/с, а скорость преобразования речевого кодека — 13 кбит/с. Максимальное количество каналов базовой станции составляет 16—20, а максимальный радиус соты равен 35 км.

Функциональное построение и интерфейсы, принятые в стандарте GSM, иллюстрируются структурной схемой, представленной на рис. 5.14, на которой ПС — подвижная станция абонента, ППС — приемопередающая станция, в которой принятый сигнал демодулируется и посылается на КБС (контроллер базовой станции БС), ТКУ — трансформирующее устройство, которое осуществляет кодирование и декодирование информации при обмене между ППС и ЦКС (центром коммутации подвижной станции), передачу управляющей информации и согласование различных скоростей в сети. Устройство ППС, КБС и ТКУ образуют оборудование базовой станции, которая, в свою очередь, вместе с ПС образует радиосистему.

Центр коммутации подвижной связи ЦКС обслуживает группу сот и обеспечивает все виды соединений, в которых нуждается в процессе

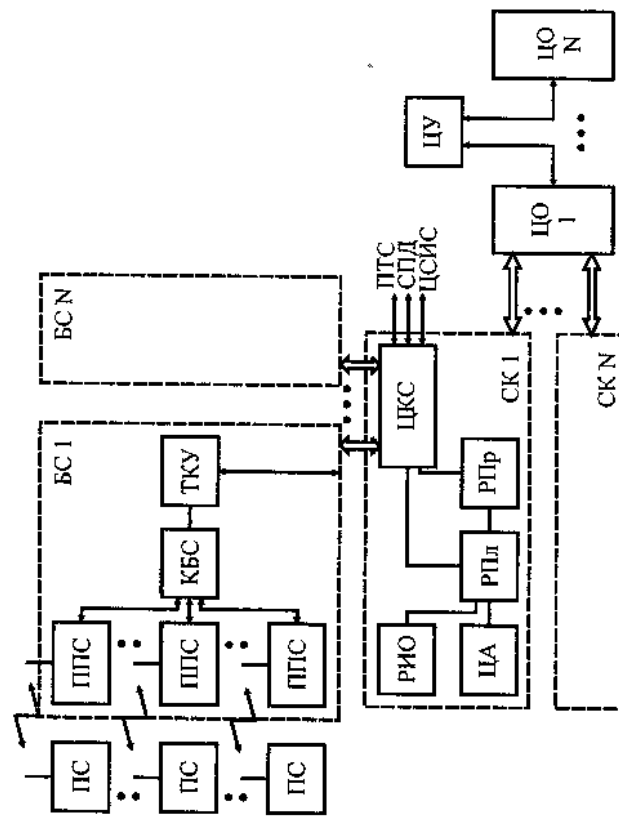


Рис. 5.14. Структурная схема системы GSM

работы подвижная станция. ЦКС аналогичен ЦСИС (цифровая сеть с интеграцией служб) коммутационной станции и представляет собой интерфейс между фиксированными сетями (ТФОП — проводная телефонная сеть общего пользования, сеть пакетной передачи данных СПД, оптоволоконные сети, спутниковые каналы связи и т. д.) и сетью подвижной связи. Он обеспечивает маршрутизацию вызовов и функции управления вызовами. Кроме выполнения функций обычной ЦСИС коммутационной станции, на ЦКС возлагаются функции коммутации радиоканалов. К ним относятся «эстафетная передача», в процессе которой достигается непрерывность связи при перемещении подвижной станции из соты, и переключение рабочих каналов в соте при появлении помех или неисправностях.

Каждый ЦКС обеспечивает обслуживание подвижных абонентов, расположенных в пределах определенной географической зоны. ЦКС управляет процедурами установления вызова и маршрутизации. Для телефонной сети общего пользования (ТФОП) ЦКС обеспечивает функции сигнализации по протоколу SSN7, передачи вызова или другие виды интерфейсов в соответствии с требованиями конкретного проекта. ЦКС поддерживает также процедуры безопасности, применяемые для управления доступами к радиоканалам. ЦКС не только участвует в управлении вызовами, но также управляет процедурами регистрации местоположения и передачи управления, кроме передачи управления в подсистеме базовых станций (БС). Регистрация местоположения подвижных станций необходима для обеспечения доставки вызова перемещающимся подвижным абонентам от абонентов телефонной сети общепользования или других подвижных абонентов.

Процедура передачи вызова позволяет сохранять соединения и обеспечивать ведение разговора, когда подвижная станция перемещается из одной зоны обслуживания в другую. Передача вызовов в сотах, управляемых одним контроллером базовых станций (КБС), осуществляется этим КБС. Центр коммутации осуществляет постоянное слежение за подвижными станциями, используя регистры положения (РПл) и перемещения (РПр). В РПр хранится та часть информации о местоположении какой-либо подвижной станции, которая позволяет центру коммутации доставить вызов станции. Регистр РПл содержит международный идентификационный номер подвижного абонента. Он используется для опознавания подвижной станции в центре аутентификации (ЦА). Регистр РИО проверяет, авторизовано (соответствует стандартам связи данного

региона и является зарегистрированным в данной сети) или нет обслуживания, с которого осуществляется вызов.

ЦО — центр эксплуатации и технического обслуживания, который является центральным элементом сети GSM и обеспечивает контроль и управление другими компонентами сети и контроль качества ее работы. ЦО обеспечивает функции обработки аварийных сигналов, предназначенных для оповещения обслуживающего персонала, и регистрирует сведения об аварийных ситуациях в других компонентах сети. В зависимости от характера неисправности ЦО позволяет обеспечить ее устранение автоматически или при активном вмешательстве персонала.

Центр управления сетью ЦУ позволяет обеспечивать рациональное иерархическое управление сетью GSM. Он обеспечивает эксплуатацию и техническое обслуживание на уровне всей сети, поддерживаемой центрами ЦО, которые отвечают за управление региональными сетями. ЦУ обеспечивает управление графиком во всей сети и обеспечивает диспетчерское управление сетью при сложных аварийных ситуациях, как, например, выход из строя или перегрузка узлов.

Оборудование базовой станции БС состоит из контроллера базовой станции (КБС) и приемопередающих базовых станций (ППС). Контроллер базовой станции может управлять несколькими приемопередающими блоками. КБС управляет распределением радиоканалов, контролирует соединения, регулирует их очередность, обеспечивает режим работы с прыгающей частотой, модуляцию и демодуляцию сигналов, кодирование и декодирование сообщений, кодирование речи, адаптацию скорости передачи для речи, данных и вызова, определяет очередность передачи сообщений персонального вызова.

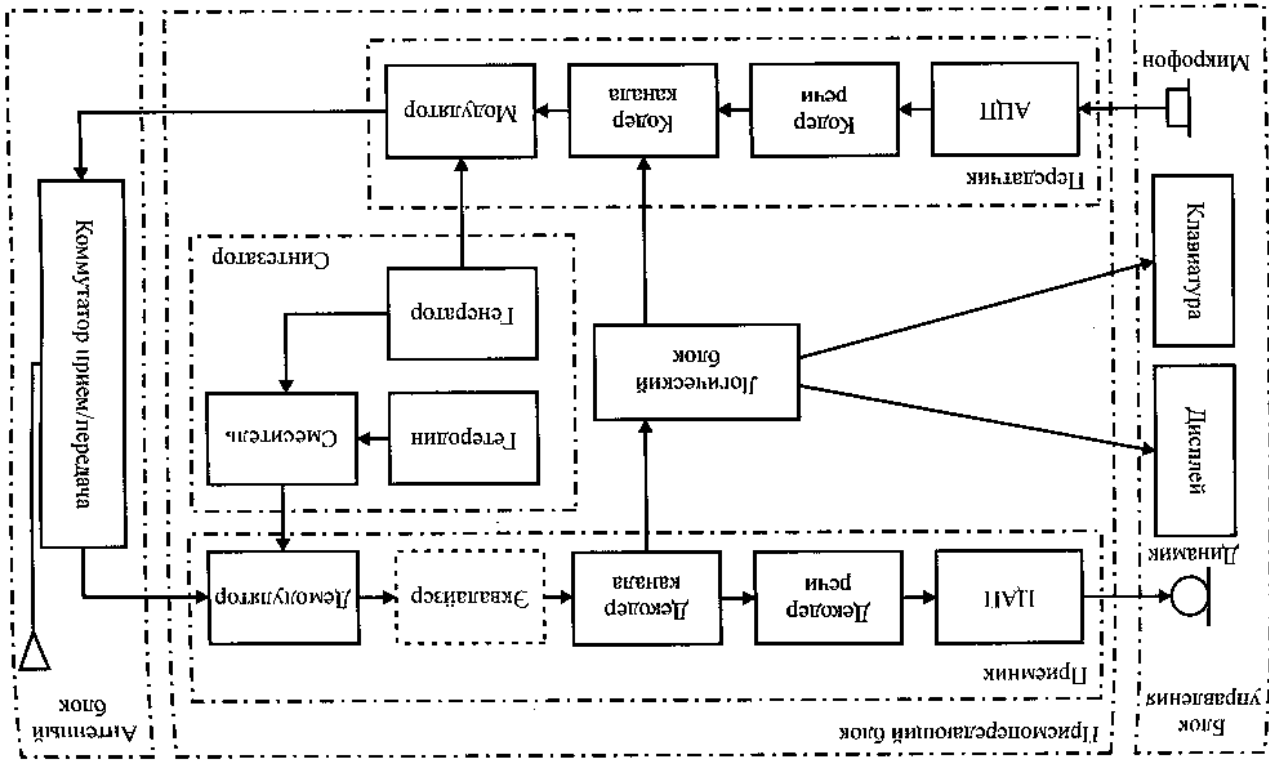
Транскoder ТКУ обеспечивает преобразование выходных сигналов канала передачи речи и данных (64 кбит/с ИКМ) к виду, соответствующему рекомендациям GSM по радиоинтерфейсу. В соответствии с этими требованиями скорость передачи речи, представленной в цифровой форме, составляет 13 кбит/с.

Блок-схема подвижной станции (ПС) приведена на рис. 5.15. В ее состав входят: блок управления, приемопередающий блок, антенный блок.

Блок управления включает в себя микрофонную трубку (микрофон и динамик), клавиатуру и дисплей. Приемопередающий блок состоит из передатчика, приемника, синтезатора частот и логического блока.

В состав передатчика входят: *аналого-цифровой преобразователь АЦП* — преобразует в цифровую форму сигнал с выхода микрофона, и

Рис. 5.15. Структурная схема мобильной радиостанции



РАДИОПОМЕХИ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ

6.1. Классификация источников и реценгоров электромагнитных помех

Радиопомехи являются электромагнитными колебаниями, которые воздействуют на вход и другие элементы радиоприемного устройства и искажают передаваемую по радиоканалу полезную информацию. Радиопомехи являются основным фактором, ограничивающим дальность действия радиотехнических средств.

Источники электромагнитных помех можно разделить по происхождению на две группы: естественные и искусственные.

Источники естественных помех могут быть земные (электрические разряды в атмосфере — грозы, полярные сияния, накопления статических зарядов, неоднородности среды распространения), внеземные (электромагнитные излучения солнца, планет, звезд, магнитные бури) и собственные шумы устройств.

Источниками искусственных электромагнитных помех в основном являются:

- радиозлектронные устройства, принцип работы которых связан с излучением электромагнитной энергии, т. е. средства радиовещания, радиолинии связи, средства навигации, радиолокационные системы, аппаратура спутниковой связи и др.;
 - устройства электротехники, т. е. токоисточники, генераторы электроэнергии, преобразователи электроэнергии, линии электропередачи и распределения энергии, средства автоматизации;
 - электрооборудование (промышленное оборудование, станки, инструменты, средства оргтехники и контроля);
 - системы зажигания (двигатели внутреннего сгорания, электротранспорт, осветительные приборы, бытовые приборы);
 - аппаратура промышленная широкого применения (сварочные аппараты, ультразвуковые устройства, медицинское оборудование).
- Индустриальные помехи* имеют различный спектральный состав и интенсивность. С такими помехами приходится считаться до частот в

вся последующая обработка сигнала речи производится в цифровой форме; кодер речи — осуществляет кодирование сигнала речи; кодер канала — добавляет в цифровой сигнал после кодера речи дополнительную (избыточную) информацию для защиты информации от ошибок при передаче по каналу связи; с той же целью информация подвергается определенной переулаковке (перемежению); кроме того, кодер канала входит в состав передаваемого сигнала информацию управления, поступающую от логического блока; модулятор — осуществляет перенос информации кодированного видеосигнала на несущее колебание. На выходе передатчика включен усилитель мощности.

Приемник построен по супергетеродинной схеме, на выходе которого включен демодулятор принятого кодированного сигнала. Затем сигнал проходит обработку в декодере канала и декодере речи и в цифровом аналоговом преобразователе ЦАП, из цифровой формы преобразуется в аналоговую форму и поступает на динамик.

Эквалайзер — служит для частичной компенсации искажений сигнала вследствие многолучевого распространения; по существу он является адаптивным фильтром, настраиваемым по обучающей последовательности символов, входящих в состав передаваемой информации; этот блок не является обязательным и в некоторых случаях может отсутствовать. *Логический блок* — это микрокомпьютер, осуществляющий управление работой подвижной станции.

Синтезатор — является источником колебаний несущей частоты, используемой для передачи информации по радиоканалу. Наличие гетеродина и преобразователя частоты обусловлено тем, что для передачи и приема используются различные участки спектра (дуплексное разделение по частоте).

Антенный блок включает в себя антенну (в простейшем случае четвертьволновой штырь) и коммутатор прием/передача.

Блок-схема подвижной станции является упрощенной, на ней не показаны усилители, селектирующие цепи, генераторы сигналов синхронизации, схемы контроля мощности на передачу, схема управления частотой генератора для работы на определенном частотном канале и т. д.

Блок-схема аналоговой приемной станции проще цифровой за счет отсутствия блоков АЦП/ЦАП и кодеров, но сложнее за счет более громоздкого дуплексного антенного переключателя, поскольку в отличие от цифровой станции в аналоговой приходится работать одновременно на передачу и на прием.

несколько сотен мегагерц. Расстояния от источника помех, на которых радиоприемники ощущают воздействие помехи, могут достигать нескольких километров.

Уровень помех измеряют либо в единицах напряженности поля (V/m , $mкВ/m$, $дБмкВ/m$, где $дБмкВ/m$ означает измерение в децибелах относительно уровня в $1 мкВ$), либо в единицах плотности мощности ($Вт/m^2$, $дБВт/m^2$). Для характеристики загрузки спектра частот помехой ее измеряют также в единицах, показывающих распределение уровня помехи по частоте (например, $дБМВт/m^2 кГц$).

Приведенная характеристика учитывает связь помехи с источником. По спектральным и временным характеристикам различают помехи: сосредоточенные по спектру, импульсные, флюктуационные. Сосредоточенные (узкополосные) помехи обычно представляют колебания, сравнительно медленно меняющиеся, например радиосвязь. Импульсные помехи являются широкополосными (например, грозовые разряды), флюктуационные помехи носят случайный характер (например, космические шумы, собственные шумы).

Помехи воздействуют на различные системы и устройства, объединенные понятием *рецепторы электромагнитных помех*. Рецепторы так же, как источники, можно разделить на естественные и искусственные. Искусственные рецепторы можно разделить на две группы: рецепторы, работающие на принципах извлечения информации из окружающего электромагнитного поля, и рецепторы, которые по принципу своей работы не должны реагировать на внешние электромагнитные поля. Первую группу составляют радиоприемные устройства. Одними из основных характеристик радиоприемников являются: полосу пропускания, чувствительность по основному и восприимчивость по нежелательным каналам приема, которая понимается как чувствительность приемника к уровням помех, частоты которых не попадают в полосу частот, занимаемую полезным сигналом. Измеряют ее в дБ по отношению чувствительности приемника к полезному сигналу.

Вторую группу составляют радиоэлектронные устройства (усилители ПЧ, видеочастоты, ЗЧ, средства связи — телефон и др.) и аппаратура промышленного и широкого применения (контроля, управления, автоматики, средств отображения и др.).

Этапами решения проблемы воздействия помех являются следующие. Первый этап решения проблемы предполагает всесторонний анализ электромагнитной обстановки, основанный на измерениях и моделировании.

Такой анализ позволяет определить пораженные помехой рецепторы и наиболее опасные источники помехи, а также каналы проникновения помех в аппаратуру. На основе накопления статистической информации возможно построение модели для расчетов.

Второй этап решения проблемы заключается в обеспечении помехозащищенности радиоэлектронных средств. На этом этапе обычно выделяются технические и организационные мероприятия для решения проблемы. Технические мероприятия осуществляются обычно на уровне отдельных РЭС и сводятся к улучшению характеристик аппаратуры (дополнительная фильтрация, экранирование, специальные схемы защиты от помех, увеличение динамического диапазона тракта РЭС и т. д.).

Организационные мероприятия осуществляются на уровне совокупности РЭС и сводятся к созданию такой структуры рассматриваемой большой радиосистемы, при которой обеспечивается эффективное использование участка спектра, выделенного для данной совокупности РЭС, и удовлетворяются требования качества работы (присвоение частот, пространственное размещение РЭС, управление временным режимом, определение технических характеристик системы).

Для того чтобы учесть эффекты, связанные с взаимодействием мешающих сигналов на нелинейностях приемника, на определенном этапе анализа рассматривают воздействие на приемник излучений двух или более источников одновременно. При этом для ускорения анализа в модели используют отбор потенциально опасных излучений и исключение из рассмотрения источников, не представляющих опасности нормальному функционированию РЭС. Такой отбор производят по заранее выбранному *порогу сравнения*.

Алгоритм анализа электромагнитного воздействия между парами приемник — передатчик приведен на рис. 6.1. Отбор производят в несколько этапов. На первом этапе оценивают только энергетические показатели (амплитудный отбор); на втором этапе производят частотный отбор, учитывающий селективные свойства приемника; на третьем — возможны другие оценки.

Отбор таким образом потенциально опасных источники помех, вычисляя для них пороговое и прогнозируемое отношение сигнал-помеха. После завершения анализа воздействия отдельных излучателей по основному и побочным каналам приема, модель переходит к исследованию нелинейных эффектов.

6.2. Нежелательные излучения передатчиков

Нежелательные излучения сопровождаются основным излучением, которое определяется ГОСТом как излучение РПУ в необходимой полосе радиочастот, предназначенное для передачи сигнала. Необходимой полосой радиочастот является минимальная полоса частот данного класса радиоизлучения, достаточная для передачи сигнала с требуемыми скоростью и качеством.

При основном радиоизлучении в зависимости от класса излучения устанавливаются нормы на необходимую ширину полосы частот для каждого класса.

На практике излучения передатчиков занимают более широкую полосу частот, при этом ширина занимаемой полосы частот радиоизлучения, за пределами которой излучается заданная часть средней мощности излучения радиопередающего устройства, составляет по нормам $\leq 20\%$ полосы необходимой.

Для измерений вводят следующие понятия: полоса частот радиоизлучения на уровне X дБ (относительно исходного уровня в 0 дБ). Обычно X принимают равной -30 дБ, B_3 — занимаемая полоса частот (рис. 6.2).

Отклонение несущей (центральной) частоты излучения создает дополнительные помехи работающим рядом по частоте другим РЭС. Поэтому установлены международные нормы на допустимое отклонение частоты радиопередатчика от присвоенной частоты. Например, для радиостанции сухопутной подвижной службы с угловой модуляцией $\sim 10^{-5}$ максимальное значение относительного отклонения частоты выходного колебания от номинального значения в режиме 100% несущей в течение месяца составляет не более $(+5, -5) \cdot 10^{-8}$.

Обеспечение заданных норм отклонения частоты передатчика решается в основном применением кварцевой стабилизации частоты и созданием синтезированных генераторов задающей частоты.

Применение кварцевых резонаторов (вакуумных, герметизированных и негерметизированных) обеспечивает класс точности 15 градаций от $\pm 0,5 \cdot 10^{-6}$ до $100 \cdot 10^{-6}$ (10^{-4}) в диапазоне рабочих температур $-10 \dots +60$ °С.

Для повышения стабилизации частоты применяется термостатирование кварца. Для этого помещается кварцевый резонатор в термостат, поддерживающий постоянное значение температуры. Точность

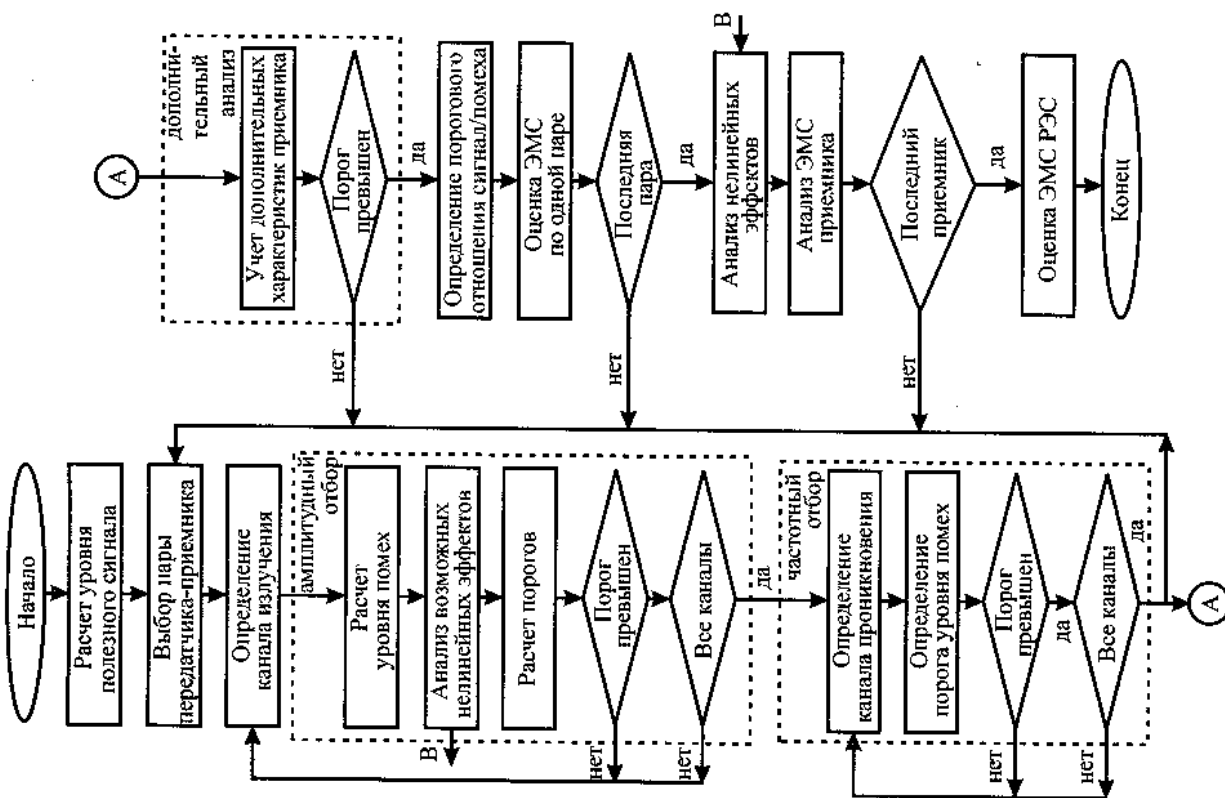


Рис. 6.1. Алгоритм определения мешающих воздействий

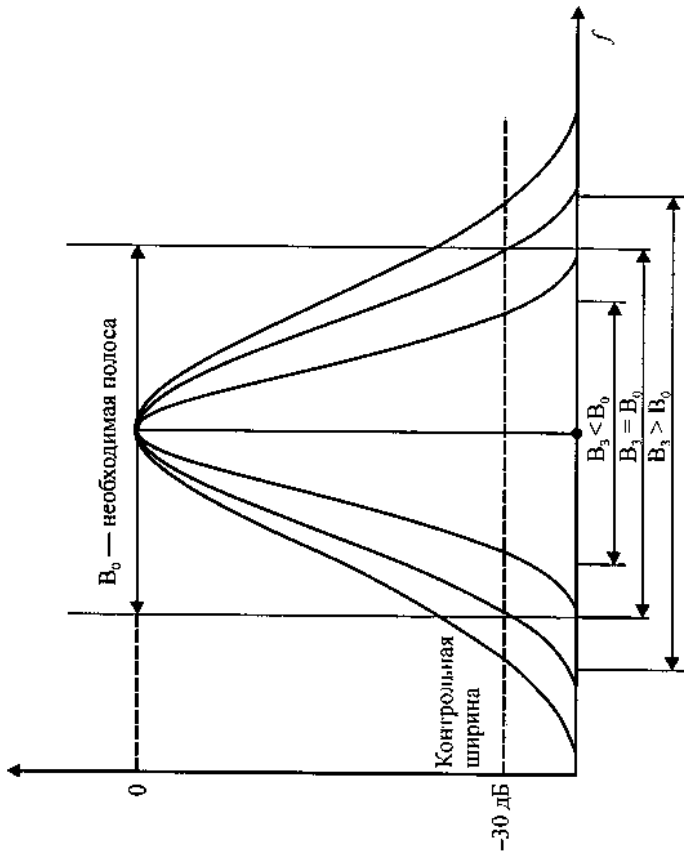


Рис. 6.2. Излучения передатчика

поддержания температуры зависит от датчика, который может изменять ее от 1...2 °С до 0,01 °С. Генераторы при термостабилизации поддерживают частоту в пределах от $\pm 2,5 \cdot 10^{-5}$ до $\pm 5 \cdot 10^{-8}$ и даже $\pm 5 \cdot 10^{-9}$.

При перестройке генератора применяют *синтезаторы частот*. Перестройка может осуществляться по двум принципам: прямым синтезом (непосредственным) и непрямым синтезом, при котором сигнал вырабатывается в самом перестраиваемом генераторе. Интервалы сравниваются с эталонной частотой с помощью системы ФАПЧ.

Нежелательные радиозлучения (радиозлучения за пределами необходимой полосы радиочастот) разделяются на внеполосные и побочные радиозлучения.

Внеполосное радиозлучение — нежелательное радиозлучение в полосе частот, примыкающей к необходимой полосе радиочастот, являющейся результатом модуляции сигнала.

Побочное радиозлучение — нежелательное радиозлучение, возникающее в результате любых нелинейных процессов в РПУ, кроме процесса модуляции. В побочное радиозлучение входят: радиозлучение на гармониках и субгармониках, комбинированное, интермодуляционное и паразитное радиозлучения.

Внеполосные излучения можно уменьшить, если ограничить спектр модулирующего радиозлучения (фильтрация). Кроме этого, есть причины в нелинейности (перемодуляции, ограничении) модуляционных характеристик, при которых появляются гармоники модуляционного колебания и комбинации частот. Желательно иметь линейную модуляционную характеристику. Однако это ведет к ухудшению энергетических показателей генератора. Так, например, для линейной модуляционной характеристики при работе генератора в недонапряженном режиме и угле отсечки $> 90^\circ$ существенно снижается коэффициент полезного действия генератора, поэтому вынуждены применять нелинейный режим модуляционных характеристик.

Из курса радиопередающих устройств известно, что для увеличения коэффициента полезного действия передатчика его выходные каскады должны работать в режиме с углом отсечки $\theta < 180^\circ$, при этом происходит нелинейное ограничение сигнала, которое приводит к появлению высших гармоник.

Одним из способов борьбы с излучениями на четных гармониках является применение в выходных каскадах двухтактных схем. Теоретически в двухтактной схеме и при угле отсечки $\theta = 90^\circ$ должны отсутствовать четные гармоники, а также и третья, так как при указанной отсечке коэффициент разложения $\alpha_3 = 0$. Однако практически, вследствие асимметрии схемы, которая всегда имеется, четные гармоники существуют (хотя и ослаблены), а из-за трудности поддержания угла отсечки нельзя исключить и третью гармонику. Особенно это трудно поддерживать в диапазонных (перестраиваемых) передатчиках, когда при перестройке изменяется режим выходного каскада и меняется согласование выходного каскада с антенно-фидерным трактом. Другим важным средством уменьшения уровня гармоник является применение антенного фильтра нижних частот отражательного или поглощательного типа.

Фильтры отражательного типа (фильтр — пробка) применяются на частотах ниже 1 ГГц, вследствие отражения энергии на гармониках они существенно влияют на режим выходного каскада, поэтому на более высоких частотах чаще применяют фильтры поглощающего типа. Ком-

плексное применение всех средств подавления гармоник позволяет оценить их уровень (40...60 дБ) относительно основного излучения.

Другой механизм возникновения радиоизлучения на гармониках обусловлен нелинейностями преобразительных и задающих цепей. Такие излучения наиболее характерны для передатчиков, использующих в преобразительных каскадах умножение частоты задающего генератора. Промежуточная и конечная фильтрация несущего колебания не всегда полностью подавляет составляющие спектра на субгармониках.

В Российской Федерации существуют нормы на уровни побочных радиоизлучений, основную долю которых составляют излучения на гармониках и субгармониках. Так, например, средняя мощность любого побочного излучения составляет не более 50 мВт. Нормы фиксируются либо в уровнях по отношению к основному излучению (40, 60 дБ) или в абсолютных значениях мощности для мощных устройств (> 50 мВт, 25 мкВт).

6.3. Индустриальные помехи

Индустриальные радиопомехи представляют собой электромагнитные возмущения, создаваемые различными устройствами, которые могут оказывать мешающее действие радиоприему (к ним не относятся излучения передатчиков на присвоенных частотах).

Развитие энергетики приводит к созданию мощных *электрических сетей*. Современные электростанции имеют мощности до нескольких миллионов кВт, имеются высоковольтные ЛЭП напряжением до 750 кВ переменного тока частотой 50 Гц и 800, 1500 кВ постоянного тока. Наибольшее влияние излучения в радиодиапазоне наблюдается от ЛЭП за счет коронирования проводов, утечки тока и потерь в изоляторах в условиях стационарного режима нагрузки линии. Потери в изоляторах обусловлены наличием дефектов: волосяные трещины на внешней поверхности, внутренние трещины, пористость керамики или глазури, раковины в фарфоре и загрязнение поверхности. Разряды по поверхности изоляторов могут возникать при достаточном больших значениях удельного поверхностного и объемного сопротивлений диэлектрика, когда $P_s > 10^{12}$ и $\rho > 10^{13}$. При таких значениях удельных сопротивлений материала токи проводимости не влияют на распределение напряженности поля, поэтому разряды определяются в основном емкостными процессами. Частичные разряды на изоляторах сопровождаются появлением пачек импульсов. Количество импульсов в пачке зависит от рабочего

напряжения линии и возрастает с его увеличением. Так, например, для ВЛ 6/10 кВ в пачке содержится 4—6 импульсов, а для линий ДПР — от 5 до 9 импульсов.

Помехи контактного происхождения возникают не только из-за коммутационных процессов в ВЛ, но и из-за нарушения контакта между отдельными изоляторами в гирлянде (между пестиком и шпалкой соседних изоляторов из-за попадания туда грязи). Такой дефект является местом частичных разрядов и сопровождается интенсивными радиопомехами.

При наличии напряжения на проводах линии в пространстве вокруг них существует электрическое поле, которое характеризуется напряженностью. Если на проводе имеются неоднородности (царапины, заусенцы или загрязнения), то в этих местах возникают области повышенных градиентов потенциалов. В точках, где градиент потенциала превышает пробивное напряжение воздуха, появляется электрический разряд, называемый местной короной. Местный коронный разряд обычно развивается в виде очень коротких импульсов тока (10^{-7} — 10^{-8} с), возникающих в пространстве вокруг провода перпендикулярно его поверхности. Уровень помех от коронирования в значительной мере зависит от состояния поверхности проводов. Поэтому основным способом снижения этих помех является тщательная очистка поверхности проводов от налипших к ним частиц.

ГОСТ на индустриальные радиопомехи от линии электропередачи и электрических подстанций регламентирует допустимые помехи в полосе частот 0,5...1000 МГц в уровнях дБмкВ/м (относительно уровня 1 мкВ). В полосе 0,15...30 МГц падающая характеристика спектра примерно в дБ/октава от 48 дБ на 0,15 МГц, до 12 дБ на 30 МГц и 30 дБ от 30 МГц до 1000 МГц. Измерения проводятся на расстоянии 10—100 м от проекции ЛЭП на землю (в зависимости от напряжения ЛЭП) и 2—10 км от подстанции. Аналогично измеряются радиопомехи от подстанций. Значительные отклонения от нормативов возможны в ЛЭП при перенапряжениях (коммутационные и квазистационарные).

Коммутационные перенапряжения связаны с внезапными изменениями схемы или ее параметров (короткое замыкание, аварийные отключения, включения и др.), при этом амплитуда токов переходного процесса достигает значений до 100 кА. Вследствие высокой добротности контура ЛЭП переходный процесс колебательный, во время которого и происходят перенапряжения.

Квазистационарные перенапряжения обусловлены емкостью линии совместно с возможными нелинейными явлениями силовых трансформаторов с насыщенным магнитопроводом. При этом режиме излучаются не только радиопомехи на промышленной частоте 50 Гц, но и на гармониках в диапазоне 0,1...3,5 кГц. Эти гармоники достигают особенно больших значений в трехфазных линиях передачи установок с выпрямителями (тяговые подстанции, плавильные печи и др.).

Близкой по своим параметрам является контактная сеть электро-транспорта. Городской электротранспорт (трамвай) имеет напряжение 600...800 В постоянного напряжения. Для магистральных железных дорог, электрифицированных постоянным током, напряжение составляет 3300 В, а электрифицированных переменным током — 27,5 кВ. Электромагнитные помехи контактной сети возникают при протекании через нее постоянных и переменных тяговых токов и токов короткого замыкания (от 0,1 кА до 14 кА), которые создают значительные радиопомехи РЭС, находящимся вблизи железных дорог или транспортирующимся по ним. К основным источникам радиопомех на локомотивах и моторвагонном подвижном составе относятся: нарушения токосъема и электрооборудование, находящееся внутри кузова, включая тяговые двигатели. Для подвижного состава существуют нормы в полосе частот 0,15...300 МГц: для электровозов 65...40 дБмкВ/м (0,15...30 МГц) и далее по частоте до 40 дБмкВ/м (на 300 МГц); пригородных электропоездов 60...34 дБмкВ/м (0,15...300 МГц) и далее 34 дБмкВ/м (до 300 МГц).

Для подавления радиопомех все отечественные электровозы и электропоезда оборудуются устройствами помехоподавления. Единные гребования по оборудованию магистральных и маневровых локомотивов, электро- и дизель-поездов средствами радиосвязи и помехоподаляющими устройствами приведены в инструкции ЦШ-4783.

Помехоподаляющие устройства на подвижном составе состоят из устройств, уменьшающих уровень радиопомех на частоте поездной радиосвязи и на частотах радиовещательного диапазона и снижающих уровень помех от внутреннего электрооборудования и от нарушения контакта между токоприемником и контактным проводом.

Снижение уровня помех, возникающих при работе внутреннего оборудования, достигается устранением пути проникновения помех в высоковольтные шины, расположенные на крыше электровоза или электропоезда и далее через токоприемник в контактную сеть. В качестве устройств, снижающих уровень помех от внутреннего электрооборудования

вания используются блокировочные конденсаторы, которые подключаются к высоковольтному вводу или к выводам вторичных обмоток силового трансформатора (на ЭПС переменного тока), и зашитающие контуры, включаемые в шины высоковольтного ввода. Снижение уровня радиопомех, создаваемых нарушением контакта между контактным проводом и ползцом токоприемника, осуществляется увеличением сопротивления в цепи растекания токов помех. Для этой цели используются электрические фильтры, состоящие из дросселя для электроподвижного состава переменного тока, и зашитающие контуры, которые настраиваются на частоту поездной радиосвязи.

Электрооборудование локомотивов (поездов), имеющее с радиостанцией общую питающую сеть и работа которого сопровождается интенсивными радиопомехами, должно оснащаться индивидуальными помехоподаляющими фильтрами. В качестве фильтров могут использоваться помехоподаляющие фильтры типов ФП-5, ФП-6. Фильтры являются симметричными П-образными ФНЧ. В качестве емкостных элементов используются проходные конденсаторы КБП или К75-42, а в качестве индуктивных элементов — специальные дроссели. Основные технические данные фильтров ФП5 и ФП-6 приведены в таблице.

Таблица

Характеристики фильтров

Параметры	ФП-5	ФП-6
Полоса частот	0,15...1000 МГц	0,15...1000 МГц
Число проводов	2	2
Рабочий ток	10 А	20 А
Вносимое затухание	60 дБ	60 дБ
Номинальное напряжение (фаза—корпус), В:		
постоянного тока	500	500
переменного тока частотой 50 Гц	220	220
400 Гц	115	115

Помехоподаляющие устройства для электровозов переменного тока (рис. 6.3) должны состоять из дросселей L, устанавливаемых у каждого токоприемника, зашитающего контура L_кC_к, настроенного на частоту

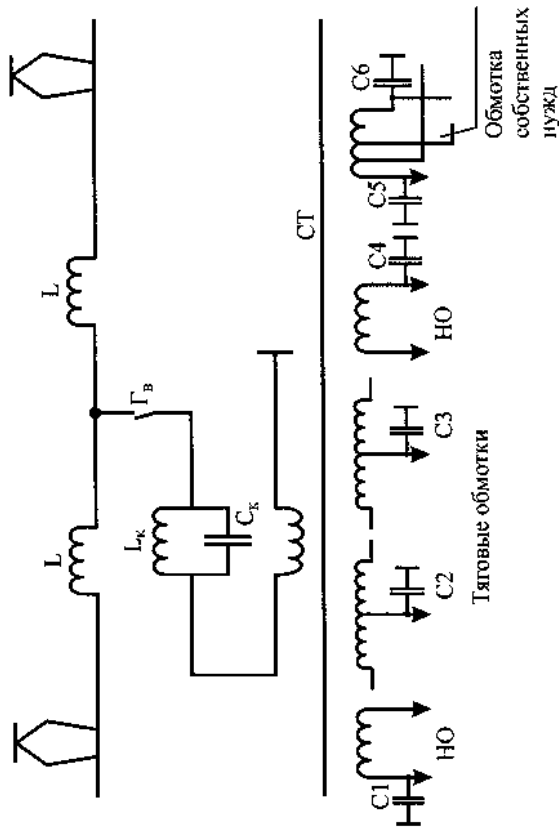


Рис. 6.3. Схема подавления помех на электропоезде переменного тока

поездной радиосвязи 2,13 МГц и включенного в цепь высоковольтного ввода, блокировочных конденсаторов \$C_1—C_6\$, подключаемых к концам выводов вторичных несекционированных обмоток НО силового трансформатора СТ. Емкость этих конденсаторов составляет 0,01...0,05 мкФ, номинальное напряжение 10 кВ.

Помехоподавляющие устройства электропоездов постоянного тока (рис. 6.4) должны состоять из фильтра \$L, C_\phi\$, которым оборудуется каждый токоприемник.

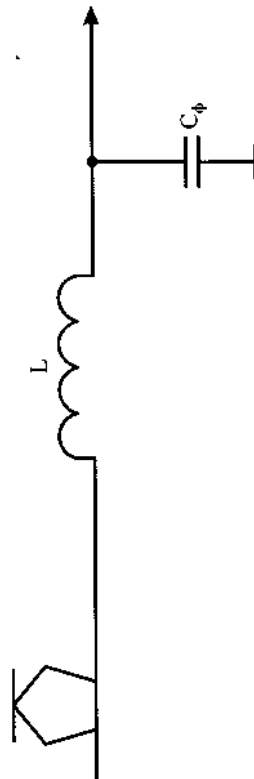


Рис. 6.4. Подавление радиопомех на электропоездах постоянного тока

В состав помехоподавляющих устройств на электроподвижном составе должны входить фильтры, обеспечивающие допускаемое значе-ние напряжения помех в бортовой сети (фильтры на регуляторах напряжения типов СРН, ВР, на генераторах управления и т. д.).

Все тепловозы и дизель-поезда с электрической передачей должны быть оборудованы помехоподавляющими устройствами. К числу агрегатов, под-лежащих оборудованию, относятся: главный генератор и тяговые двигатели, вспомогательные электрические машины (генератор возбуждения, вспомо-гательный генератор, электродвигатели вентиляторов и различных насосов, тахогенераторы), контактные регуляторы напряжения бортовой сети.

Значительный уровень помех создают устройства с разрывом или рез-ким изменением сопротивления электрической цепи. Среди электричес-ких машин коллекторные электродвигатели и генераторы представляют собой источники наиболее интенсивных радиопомех. Это обусловлено изменением сопротивления при переходе щетки с одной коллекторной пластины на другую. Чрезвычайно высокого уровня помехи возникают от аппаратов дуговой сварки. Спектры излучений от аппаратов различ-ной конструкции различаются друг от друга. Работа сварки может обна-руживаться за несколько километров даже в условиях города.

Значительный рост парка автомобилей с двигателями внутреннего сгорания заставляет учитывать радиопомехи от системы зажигания, ко-торые имеют норму до 20 дБмкВ/м на расстоянии 10 м.

6.4. Защита от промышленных помех

Комплексная система устранения промышленных радиопомех (ИРП) — оптимальный в технико-экономическом отношении комплекс технических и организационных средств, обеспечивающих определен-ное качество радиоприема в заданной радиосети.

Комплекс технических средств включает:

- средства помехоподавления в местах образования ИРП:* отражаю-щие и поглощающие фильтры; искрогасители и синхронные выключачи; устройства замедленного пуска; симметрирующие устройства (в том числе скрутка проводов); отражающие и поглощающие экраны;
- средства помехоподавления в среде распространения ИРП:* фильтра-ция помехонесущих сетей; экранирование помехонесущих сетей; сим-метрирование сетей (в том числе скрутка проводов); пространственный разнос и оптимизация топографии помехонесущих и помеховосприни-мающих цепей, включая антенные системы; гальваническое разделение цепей (в том числе контуров заземления);

средства защиты радиоприемных устройств: фильтрация цепей питания, управления, передачи сигнала; экранирование РПУ и антенно-фидерного тракта; устройства компенсации наведенных помех; применение направленных антенн; рациональный частотный разнос разных радиосистем.

Основными методами подавления индустриальных помех являются экранирование и фильтрация.

Экранирование осуществляется металлическими экранами в виде кожухов, стенок, перегородок, перемишек и т. д. Основная задача экранирования заключается в локализации или изоляции электромагнитного поля источника радиопомех от окружающего пространства. Для подавления высокочастотных электромагнитных полей применяют экраны из металлов — сталь, медь, алюминий, ферропласты. Низкочастотные поля более ослабляются ферромагнитными материалами — ферриты, пермаллой и др. Электромагнитный режим работы экранов основывается на действии в их толще вихревых токов. Электромагнитное экранирование может быть представлено как поглощение и многократное отражение электромагнитной энергии от металлической толщи экрана. Поэтому составляющие экранирования: *отражение* проявляется на более низких частотах (~ до 10 МГц), а поглощение — на более

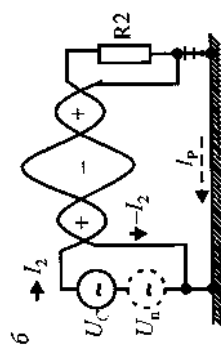
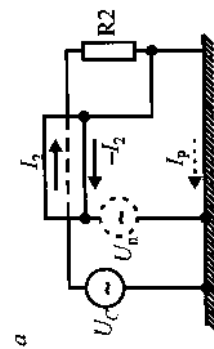


Рис. 6.5. Экранирование проводников: а — емкостное; б — индуктивное

низких частотах. При емкостном экранировании (см. рис. 6.5, а) обратные токи I_2 сигнала протекают по поверхности экрана, а ЭДС в соседних петлях противофазны и компенсируют друг друга. Действие индуктивного экранирования см. на рис. 6.5, б.

Конкретное выполнение *скручивания* и *заземления* проводников показано на рис. 6.6. Рядом со схемой приведены значения затухания экранирования в дБ. Скручивание проводников применяют на нижних частотах (до единиц МГц), коаксиальное экранирование применяют на высоких частотах (до единиц ГГц).

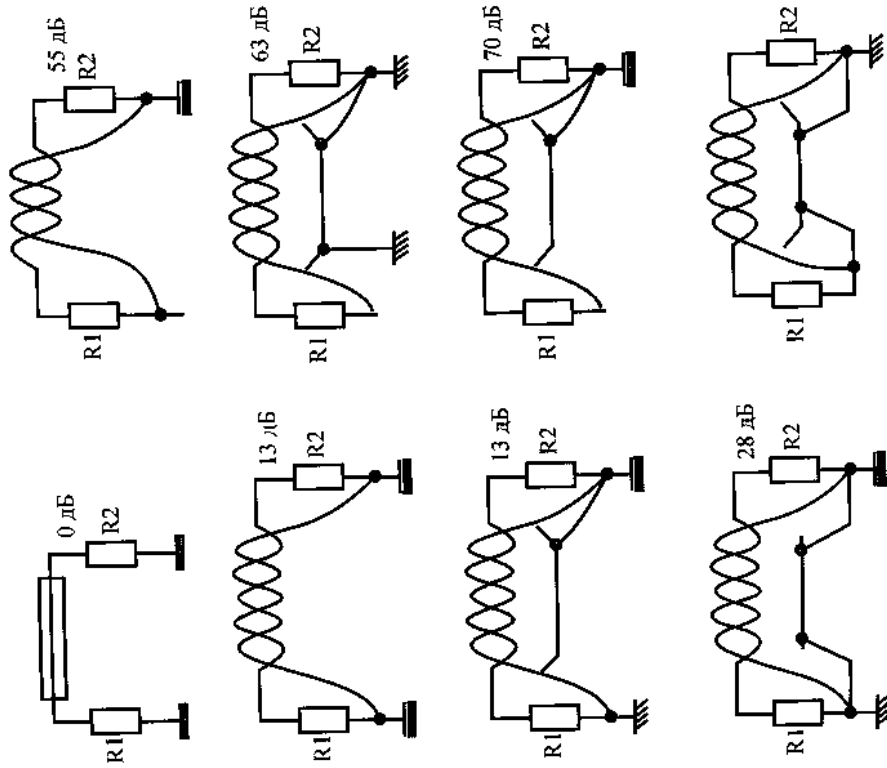


Рис. 6.6. Скручивание и заземление проводников

Требования к экранам по индуктивной и емкостной связи не совпадают. Заземление экрана в одной точке уменьшает индуктивную связь, но не уменьшает емкостную. Поэтому на низких частотах приходится использовать более сложные схемы с двойной оплеткой — триаксиальные кабели (рис. 6.7).

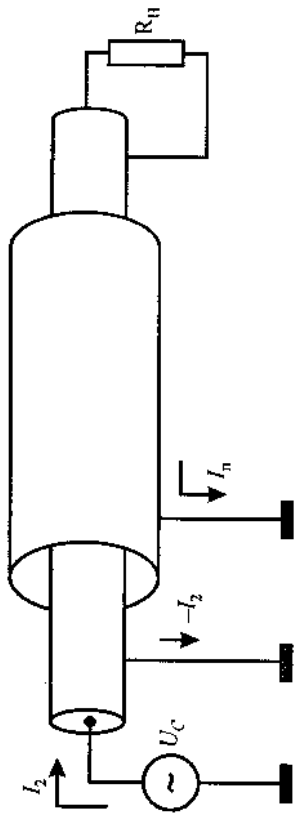


Рис. 6.7. Триаксиальный кабель

Наружная оплетка изолирована от цепи релактора и играет роль экрана, ослабляя емкостную связь, внутренняя используется в качестве возвратного проводника.

На более высоких частотах, когда толщина экрана значительно превышает глубину проникновения поля, необходимость в двойном экра-

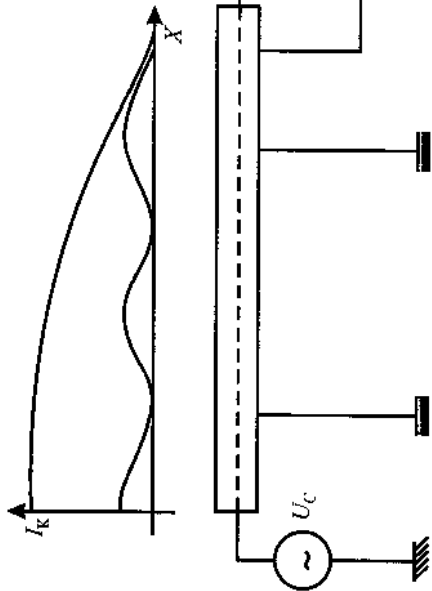


Рис. 6.8. Распределение напряжения по кабелю

нирования отпадает. При этом по внутренней поверхности оплетки текут обратные токи, а внешняя поверхность является экраном. Распределение напряжения по кабелю показано на рис. 6.8.

В протяженных проводниках, когда длина волны соизмерима с длиной проводника, на экране возможны образования стоячей волны. Нужно заземлять экран в нескольких точках на расстоянии $d \sim 0,1 \lambda_{\text{ст}}$. При таком заземлении ухудшается экранирование на низких частотах.

Огромное значение в экранировании имеет рациональное заземление. Основная задача заземления — обеспечение эквипотенциальности. При этом возникают две проблемы: из-за омических сопротивлений и индуктивностей заземление оказывается не эквипотенциальным; большие токи в цепях заземления вызывают значительные индукционные эффекты, что приводит к возникновению помех в цепях РЭС.

Заземляющие системы можно разбить на две категории: защитные и рабочие заземления. Назначение защитных заземлений — поддерживать элементы конструкции при одном и том же потенциале и обеспечивать низкоомную нагрузку для опасных токов (авария, молния). Рабочие заземления включают в себя заземление силового оборудования и сигнальное (или схемное) заземление. Заземляющие системы рабочего заземления могут быть:

- одноточечной системой (система ежа или елочки), которая используется для небольших комнатных систем при исключении петель наведения, однако, если размеры заземления соизмеримы с длиной волны, то могут возникнуть резонансные явления, приводящие к несовместимости;

- «плавающей» системой заземления, при которой каждый экранированный объект имеет свою систему заземления; связь между объектами изолирующая, например оптоэлектронная;

- многоточечной системой заземления, в которой каждая подсистема РЭС экранирована, заземлена и связана друг с другом посредством кабелей.

Различные варианты заземления коаксиального кабеля представлены на рис. 6.9. На низких частотах лучше использовать вариант рис. 6.9, б (без контура) или вариант рис. 6.9, в. На высоких частотах, особенно если размеры заземления соизмеримы с λ , лучше иметь многократное заземление кабеля (рис. 6.9, а).

Фильтрация индукционных помех заключается в снижении напряжения помех на сетевых зажимах электроустройств — источников ра-

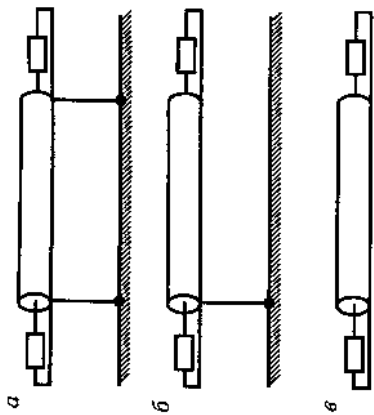


Рис. 6.9. Заземление кабеля

с $Z_i \geq 150 \text{ Ом}$ достаточно применять одну симметричную емкость (рис. 6.10, а и б); на рис. 6.10, в приведен сетевой фильтр ЗБ с конденсаторами $K75-37$, $C_1 = 0,22 \dots 0,68$; $C_2 = C_3 = 0,0047 \text{ мкФ}$.

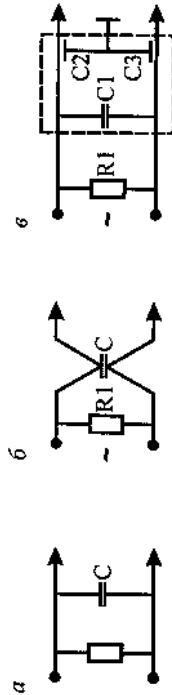


Рис. 6.10. Сетевые фильтры

На рис. 6.11 представлены схемы фильтрации индустриальных помех. При работе контактов образуется искрообразование на них, что влечет за собой появление помех ИРП. Эти помехи увеличиваются при загрязнении и обгорании контактов. Поэтому существуют различные схемы защиты от помех ИРП (см. рис. 6.11, а, б, в). Тиристорными регуляторами мощности создаются наиболее интенсивные помехи ИРП. Для защиты от таких помех создан стандартный защитный блок (см. рис. 6.11, г).

Для снижения уровня помех ИРП промышленность выпускает стандартные П-образные фильтры НЧ типа ФП-1—ФП-2У для сети частотой 50 Гц и 400 Гц, номинальным напряжением 250, 500, 1000 и 1500 В

постоянного тока и 110, 220, 380 В переменного тока от 1 до 70 А. Для области высоких частот используют фильтры ФБ2, 3, 4 для постоянного, пульсирующего и переменного тока от 60 до 500 В и от 1 до 100 А. В полосах СВЧ используются широкополосные заградительные фильтры типа ФПС1—ФПС5 для сети напряжением 250, 500 В на рабочих частотах до 1000 Гц и токком 1...100 А.

Симметрирование линии связи (рис. 6.12) эффективно при межблочных связях (до 60...80 дБ). При симметрировании оба проводника и их цепи имеют одинаковые полные сопротивления и равные, но контрфазные потенциалы относительно земли.

6.5. Способы защиты радиоприемных устройств от помех

Непреднамеренные помехи могут проникать на выход радиоприемного устройства и не проникать. К непреднамеренным помехам, проникающим на выход приемника, относятся помехи, воздействующие по основному, соседним и побочным каналам приема непосредственно и интермодуляционные помехи. К непреднамеренным помехам, не проникающим на выход, относятся помехи перекрестных искажений и блокирования.

Схема каналов приема представлена на рис. 6.13.

Первая группа технических способов обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) соответствует защите приемника по каналу К2, основанной на улучшении свойств приемника и устранении причин появления помехи из-за пределов ОКП — это способы совершенствования

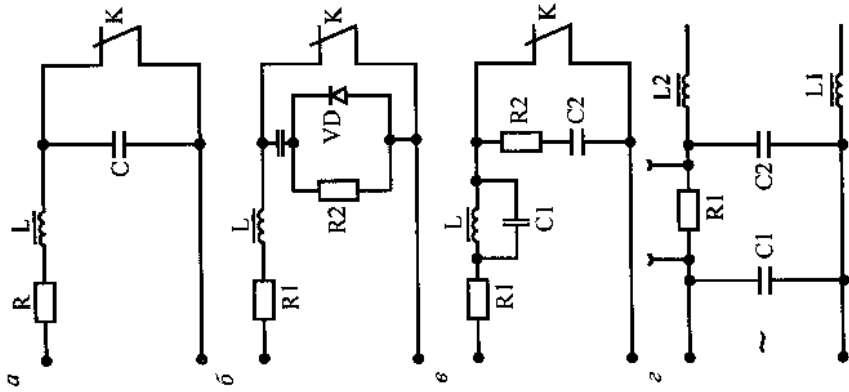


Рис. 6.11. Фильтрация индустриальных помех

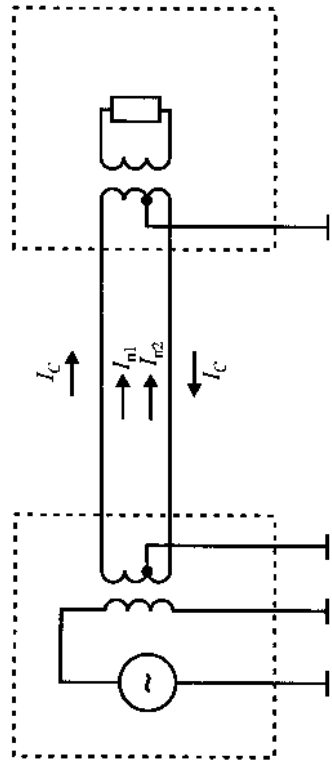


Рис. 6.12. Симметрирование цепей

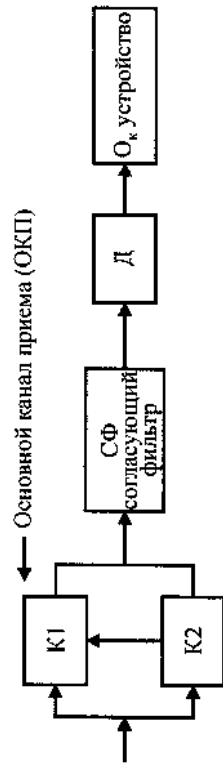


Рис. 6.13. Каналы восприимчивости помех

ния характеристик частотной избирательности (ХЧИ) в широкой полосе частот, которые реализуются в высокочастотном тракте до УПЧ включительно.

Вторая группа технических способов защиты по каналу К1 основана на повышении отношения сигнал/помеха на выходе приемника с помощью специальных устройств защиты, которые могут реализовываться в любой части радиоприемника.

Способы защиты, основанные на улучшении линейности высокочастотного тракта (ВЧТ). Повышение порогов восприимчивости нелинейного элемента ВЧТ может осуществляться следующим образом.

1. Использование в каскадах ВЧТ мощных электронных приборов, имеющих наибольший участок линейности вокруг рабочей точки. Это, однако, будет сопровождаться увеличением энергопотребления и возрастанием коэффициента шума каскадов ВЧТ, а значит, снижением чувствительности приемника, что ограничивает применение данного метода.

2. Снижение коэффициента усиления (передачи) каскадов, содержащих нелинейный элемент. Возможности использования этого способа ограничены возрастанием коэффициента шума (а чувствительность снижается).

3. Применение отрицательной обратной связи, которая уменьшает нелинейность, однако падает усиление и возрастают шумы.

4. Использование в смесителях более совершенных приборов, например диодов с барьером Шоттки и балансных схем. Это, однако, требует более высоких уровней сигналов на входе.

5. Улучшение избирательных свойств преселектора, с тем чтобы снизить уровень помех вне ОКП (в основном повысить избирательность входных цепей до первых нелинейных элементов НЭ). Это, однако, приводит к снижению чувствительности приемника из-за имеющегося затухания в полосе прозрачности преселектора и увеличивает сложность и массогабаритные показатели.

Способы защиты, основанные на совершенствовании фильтративности помех, проникающих на выход. Для улучшения избирательности по зеркальной помехе необходимо значение ПЧ выбрать так, чтобы она лежала выше рабочего диапазона частот. Это позволяет в преселекторе иметь простой ФНЧ, имеющий малое затухание в полосе (т. е. не снижающий чувствительности). При этом, однако, ВЧТ не защищен от помех, вызывающих нелинейные эффекты. Поэтому следующим шагом является разделение рабочего диапазона на узкие поддиапазоны. Это несколько снижает чувствительность приемника, но в целом улучшает качество функционирования РЭС.

Для улучшения избирательности по соседнему каналу необходимо применять фильтры УПЧ с большей прямоугольностью, что достигается сегодня с помощью пьезофильтров или, как уже говорилось, двойным преобразованием частоты в приемнике.

Снижению побочных каналов могут служить фильтры от гетеродина к смесителю, которые снижают гармоники гетеродина.

Наилучшим способом фильтрации сигнала на фоне известной помехи является применение согласованного фильтра по критерию максимума отношения сигнал/шум.

Для обеспечения оптимальной помехоустойчивости следует применить согласованную фильтрацию или, в крайнем случае, квазиоптимальную фильтрацию с максимальным приближением к оптимальности.

Прямоугольная частотная характеристика фильтра ПЧ создает условия для длительного колебательного переходного процесса от импульсной помехи. Для сглаживания и укорочения переходного процесса следует применить не прямоугольную, а колокольную характеристику, для которой, как известно, время переходного процесса минимально при всех остальных равных условиях.

Дополнительные способы защиты от помех. Во всех радиостанциях, работающих в симплексном режиме применяется устройство — шумоподавитель (ШП). Он предназначен для закрытия тракта звуковой частоты при отсутствии полезного сигнала и тем самым избавляет абонента от прослушивания шумов в режиме дежурного приема и в паузах между переговорами. Функциональная схема ШП представлена на рис. 6.14.

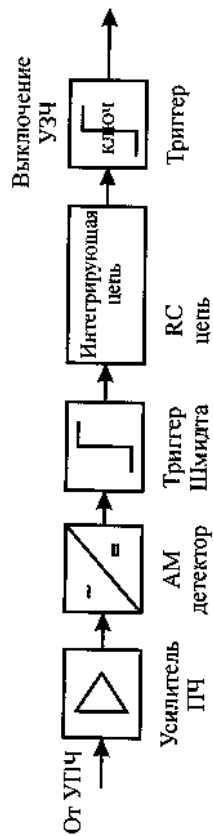


Рис. 6.14. Устройство шумоподавления

Для работы ШП крайне важно выделить полезный сигнал на фоне помех. При отсутствии сигнала или помех на выходе АМ детектора отсутствует выходное напряжение и ШП не включает УЗЧ. При наличии полезного сигнала ЧМ на выходе АМ детектора присутствует сигнал с постоянной (и длительной) амплитудой, на выходе АМ детектора постоянная составляющая переключает триггер Шмидта, выходной каскад которого выключается. Емкость интегрирующей цепи начинает заряжаться с постоянной времени $t_{зар} = RC$ и при достижении порога, определяемого стабилитроном в схеме, переключает одностабильный триггер, выполняющий роль ключа питания УЗЧ. Емкость интегратора имеет относительно малую постоянную разряда $t_{раз} \ll t_{зар}$, поэтому если на входе ШП присутствует не длительное постоянное напряжение ЧМ сигнала, а кратковременные импульсные помехи, то эта емкость успеет разрядиться между импульсами помехи, не достигая порогового значения, и, как следствие, не включает питание УЗЧ.

Основная помеха для радиотехнических средств на железнодорожном транспорте — импульсная помеха промышленно-технологического происхождения. Поэтому главные средства помехоустойчивости РЭС направлены на борьбу именно с импульсными помехами (ИП). ИП характеризуются весьма малыми длительностями (по сравнению с изменением полезного сигнала) и поэтому имеют более расширенный спектр и большую длительность переходного процесса в узкополосных системах.

Один из методов повышения помехоустойчивости по импульсным помехам реализован в схеме ШОУ (широкая полоса — ограничитель узкая полоса). Структурная схема, включающая ШОУ, представлена на рис. 6.15.

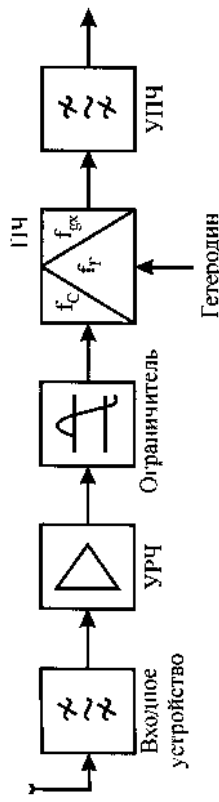


Рис. 6.15. Структурная схема ШОУ

Входное устройство имеет полосу пропускания относительно широкую, а фильтр промежуточной частоты имеет относительно узкую полосу, ограничитель включен перед преобразователем. Получилась типичная схема ШОУ. В ограничителе сигнал подвергается амплитудному ограничению, т. е. «клипированию» (рис. 6.16).

Энорные напряжения приведены на рис. 6.17.

В схеме ШОУ короткая помеха увеличивает длительность и снижает амплитуду в узкополосной системе (дополнительно уменьшается амплитуда за счет ограничителя), полезный сигнал проходит без изменений. При правильно выбранном пороге ограничения можно получать выигрыш в 10—16 дБ.

В системе «Транспорт» (УППШ, УПП2, УПП3) используются еще один метод борьбы с импульсными помехами, так называемый ПИП — прерыватель импульсных помех, запирающий

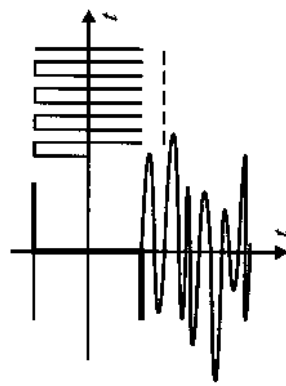


Рис. 6.16. Клипированный сигнал

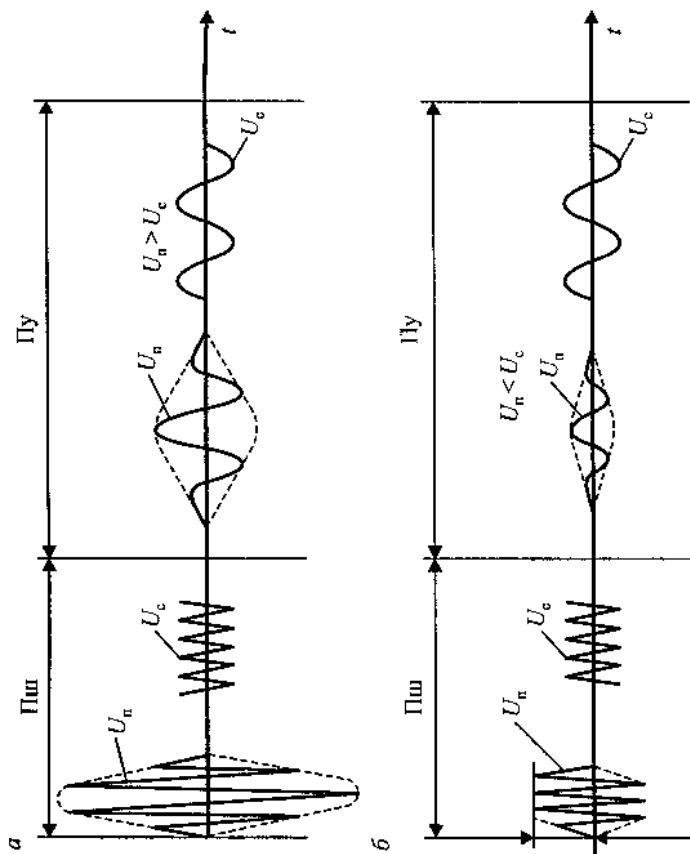


Рис. 6.17. Сигналы в схеме ШОУ:

a — без ограничителя; *б* — с ограничителем

тракт приемника сигналов на время действия импульсной помехи. Записать тракт имеет смысл той части приемника, где помеха имеет естественную малую длительность, т. е. в широкополосной части приемника. Для этих целей фильтр УПЧ на промежуточной частоте 10,7 МГц разбит на два участка; сначала стоит широкополосный кварцевый фильтр ФСС с полосой 210...230 кГц, а затем узкополосный кварцевый фильтр ФСС с полосой 18 кГц (ФСС2). Структурная схема ПИП представлена на рис. 6.18.

После первого контура УПЧ сигнал импульсной помехи через усиление поступает на детектор, выход которого управляет диоды, стоящие параллельно, который, в свою очередь, открывает диоды, стоящие параллельно последнему контуру УПЧ и шунтирующие его на время действия импульсной помехи. Кратковременное прерывание сигнала (в том числе и полезного) в широкополосном тракте не вызывает прерывания огибающей сигнала ПЧ в узкополосном кварцевом фильтре из-за инерцион-

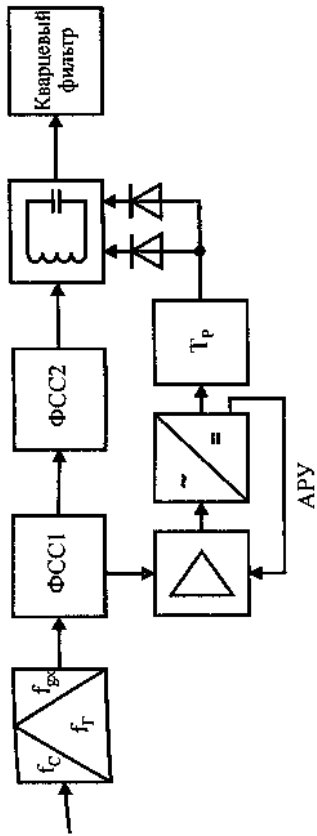


Рис. 6.18. Структурная схема ПИП

ности последнего. Поэтому этот метод повышения помехоустойчивости обладает высокой эффективностью, дает реальный выигрыш в отношении сигнал/помеха 30...35 дБ. Применение ПИП тем эффективнее, чем короче импульсная помеха и шире полоса пропускания тракта УПЧ (широкополосная часть).

Вместе с тем полоса пропускания ПЧ определяет избирательность по соседнему каналу. Для системы ЖРУ, в которой соседний канал находится на частотном расстоянии в 50 кГц, можно допустить полосу ПЧ до 28 кГц, для системы «Транспорт», в которой соседний канал находится на частотном расстоянии в 25 кГц, полоса ПЧ не превышает 17...18 кГц, что приводит к проигрышу в помехоустойчивости по сравнению с ЖРУ на 4...5 дБ. Дальнейшее снижение частотного разнеса между каналами до 12,5 кГц приводит к расчетному снижению помехоустойчивости на 9...11 дБ по сравнению с ЖРУ. Оптимальный частотный разнос с учетом загруженности частотного ресурса на сегодня составляет 25 кГц (принят в системе «Транспорт»).

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБСЛУЖИВАНИЯ РАДИОАППАРАТУРЫ

7.1. Организация обслуживания радиоаппаратуры

Аппаратура средств радиосвязи с подвижными объектами и подразделениями изготавливается централизованно на радиотехнических предприятиях в соответствии с техническими указаниями ТУ и после приемосдаточных испытаний поступает в службы связи железных дорог. Вместе с радиостанциями завод посылает потребителю техническое описание и инструкцию по эксплуатации, формуляр инструкции по эксплуатации некоторых важных комплексуемых изделий. По отделению записку некоторым потребителям могут быть направлены и заводские ТУ.

ТУ содержат технические требования к изделию, перечень его возможностей, значение наработки на отказ, нормы на электрические, климатические параметры, тип антенны, режимы работы, нормы на излучение помех, виброустойчивость, ударной устойчивости, пылезащитенности, требования к маркировке, упаковке, правила приемки и виды испытаний (приемо-сдаточные, периодические, типовые, контрольные).

Приемо-сдаточные испытания проводятся ОТК предприятия-изготовителя на соответствие требованиям ТУ. Периодические испытания выполняются 1—2 раза в год для проверки соответствия изделия всем требованиям ТУ; типовые испытания — в случаях изменения принципиальной схемы, конструкции, технологии изготовления; контрольные испытания — головным предприятием в соответствии с Положением о контроле качества аппаратуры. В ТУ описываются методы измерения всех параметров изделия, даются указания по транспортировке и хранению, эксплуатации и техническому содержанию, излагаются гарантийные условия.

Техническое описание и инструкция по эксплуатации определяют название и сферу применения изделия. В этих документах приводятся основные технические данные изделия, описывается его работа, порядок обслуживания радиостанции на рабочем месте и подготовка ее к работе, приведены рекомендации по использованию измерительных приборов, перечислены характерные неисправности и методы их устранения, даны рекомендации на проведение регламентных работ при техническом обслуживании.

Сети радиосвязи проектируются по рекомендациям, методическим указаниям, техническим требованиям.

Основная задача технического обслуживания радиоаппаратуры заключается в создании условий ее бесперебойного функционирования. Особое значение это имеет для железнодорожной аппаратуры, которая работает на локомотивах без постоянного наблюдения. Радиоборудование поездов и локомотивов может быть проверено только при заходе локомотивов в депо, причем время осмотра часто ограничено. Стационарные радиостанции, хотя находятся в лучших условиях, но тоже работают без постоянного наблюдения. Все это осложняет обслуживание устройств поездов и станции радиосвязи и требует серьезного внимания и непрерывного совершенствования методов текущего обслуживания и ее организации. Все работы по обслуживанию устройств выполняются по планам-графикам (годовому, квартальному, месячному). В годовой комплексный план включают мероприятия по повышению безопасности движения поездов, технике безопасности, производительности труда, совершенствованию технологии работы, модернизации устройств и оборудования, технической учебе и вводу новой техники. На основе годового плана составляют квартальные и месячные планы. Техническое обслуживание стационарных и локомотивных радиостанций и линейных устройств радиосвязи (согласующие контуры, возбуждающие провода, нагрузочные и ограничительные сопротивления, коаксиальные кабели, разделительные и блочные конденсаторы) проводят работники дистанции сигнализации и связи. На локомотивное депо возлагается обслуживание установленных на локомотивах преобразователей напряжения, переключателей питания, антенных стоек с изоляторами и трубопроводов с соединительными проводами. Воинскими бригадами обслуживают работники энергоучастков совместно с районными дистанциями сигнализации и связи. Локомотивные радиостанции проверяют на контрольных пунктах (КП), которые расположены в местах входа локомотивов в депо или выхода их под составы.

На крупных железнодорожных станциях, имеющих локомотивное депо, устанавливаются контрольные радиостанции (КР), предназначенные для технической проверки локомотивных радиостанций. Кроме контрольных радиостанций, обслуживаемых операторами, применяют автоматические контрольные пункты (АКП), которые позволяют дежурному электромеханику и машинистам локомотивов определить исправность локомотивных радиостанций без участия дополнительного обслуживающего персонала.

На железнодорожных станциях с основными локомотивными депо, кроме КП, КР, АКП, организуют контрольно-ремонтные пункты (КРП), которые являются основной производственно-технической базой по ремонту, настройке и испытанию аппаратуры поездной и станционной радиосвязи.

Основными документами, определяющими порядок эксплуатации и обслуживания средств поездной радиосвязи, являются Правила эксплуатации поездной радиосвязи, а средств станционной радиосвязи — Инструкция по эксплуатации систем маневровой радиосвязи и связи громкоговорящего оповещения.

Техническое обслуживание организуют в соответствии с документами, которые регламентируют объем работы по текущему обслуживанию, проверке, регулировке аппаратуры радиосвязи с указанием перечня контрольно-измерительных приборов, методик по настройке блоков и других устройств и перечня наиболее часто встречающихся неисправностей. На некоторую аппаратуру поездной и станционной радиосвязи разработаны документы «Технологические процессы обслуживания».

7.2. Контроль и техническое обслуживание

Под контролем понимается проверка соответствия радиоаппаратуры установленным техническим характеристикам.

Контроль осуществляется в результате физического измерения контролируемых параметров и сравнения результатов измерения с допустимыми значениями. Технический контроль включает три этапа:

- 1) получение первичной информации о фактическом состоянии объекта контроля, контролируемых признаках и показателях его свойств;
- 2) получение вторичной информации — отклонении от заданных параметров путем сопоставления первичной информации с зашифрованными критериями, нормами и требованиями;
- 3) подготовка информации для выработки управляющего воздействия на объект контроля.

Техническое обслуживание (планово-предупредительная проверка состояния) радиоаппаратуры рекомендуется проводить раз в полгода (год). Технический персонал, производящий техническое обслуживание, должен быть аттестован по «Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденным Госэнергонадзором для электроустановок до 1000 В. Проверка основных электрических параметров производится также после ремонта. При проверке технического

состояния производится измерение параметров аппаратуры на соответствие предъявленным требованиям. Измерение контролируемых параметров необходимо производить при нормальных климатических условиях и напряжении питания 50 В с допустимым отклонением $\pm 2\%$ для радиостанций с блоком питания локомотивным (БПЛ) и 24 В с допустимым отклонением $\pm 2\%$ для радиостанций со стационарным питанием.

Нормальными климатическими условиями являются:

- температура окружающей среды от 15 до 35 °С;
- относительная влажность от 45 до 75 %;
- атмосферное давление от 86 до 105 кПа (от 650 до 800 мм рт. ст.).

Основой для контроля работы железнодорожных радиостанций является ГОСТ 12252—86 «Радиостанции с угловой модуляцией сухолучной подвижной службы. Типы, основные параметры, технические требования и методы измерений». Типы радиостанций и основные их характеристики приведены в табл. 7.1 и 7.2.

Таблица 7.1

Типы радиостанций

Тип радиостанции	Мощность несущей частоты	Основное эксплуатационное назначение
1	до 60 Вт	Стационарные
2	до 20 Вт	Стационарные, возимые
3	до 2 Вт	Стационарные, носимые
4	до 0,5 Вт	Носимые (портативные)

Таблица 7.2

Основные характеристики радиостанций

Наименование параметра	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4
1. Мощность несущей, Вт, не более	60	20	2	0,5
2. Коэффициент нелинейных искажений передатчика, %	7(5)	7(5)	10(7)	10
3. Отклонение амплитудно-частотной модуляционной характеристики (АЧМХ) передатчика от характеристики с предкоррекцией 6 дБ/октава, дБ, не более	+1,5 -3	+1,5 -3	+2 -3	+2 -3

Наименование параметра	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4
4. Максимальная девиация частоты передатчика, кГц, не более	5	5	5	5
5. Девиация частоты передатчика, Гц, не более, при модулирующих частотах, кГц:				
5	1500	1500	1500	-
10	300	300	300	-
20	60	60	60	-
6. Ширина полосы частот излучения передатчика, кГц, не более, для полосы звуковых частот от 0,3 до 3,0 кГц (от 0,3 до 3,4 кГц) на уровнях, дБ:				
30— контрольная		18,0 (18,8)		
40		21,9 (23,1)		
50		27,1 (28,8)		
60		32,9 (35,2)		
7. Уровень излучения передатчика в соседнем канале:		2,5		
для мощности несущей до 25 Вт, мкВт, не более	-70	-	-	-
для мощности свыше 25 Вт, дБ, не более				
8. Уровень побочных излучений: для мощности несущей до 25 Вт, мкВт, не более		2,5		
для мощности свыше 25 Вт, дБ, не более	-70	-	-	-
9. Отклонение частоты передатчика от номинального значения, не более, для частот, МГц:				
160		$10 \cdot 10^{-6}$		
330		$7 \cdot 10^{-6}$		
450		$5 \cdot 10^{-6}$		
10. Чувствительность приемника при отношении сигнал/шум (СИНАД) 12 дБ, 1/2 ЭДС, мкВ, не более, в диапазоне 160 МГц:				
в симплексном режиме		0,5		
в дуплексном режиме		0,8		
в диапазоне частот 330, 450 МГц:				
в симплексном режиме		0,8		
в дуплексном режиме		1,0		

Наименование параметра	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4
11. Коэффициент нелинейных искажений приемника, %, не более	5	5	7	10
12. Избирательность приемника по соседнему каналу, дБ, не менее, в диапазоне частот, МГц:				
160	80	80	70	70
330, 450	75	75	70	70
13. Избирательность приемника по побочным каналам приема, дБ, не менее	80	80	70	70
14. Интермодуляционная избирательность приемника, дБ, не менее, в диапазонах частот, МГц:				
160	70	70	60	65
330, 450	70	70	65	65
15. Защищенность приемника по цепям питания и управления, дБ, не менее	80	80	-	-

Конкретное номинальное значение мощности несущей передатчика устанавливаются в ТУ на радиостанции конкретного типа. В диапазоне частот 160 МГц номинальное значение мощности несущей передатчика радиостанций 1-го типа не должно превышать 40 Вт, 2-го типа — 10 Вт. При наличии в радиостанции управляемого дуплексного режима значение чувствительности приемника при включении передатчика не должно увеличиваться более чем на 2 дБ. Уровень фона приемника стационарных радиостанций 1-го типа не должен превышать -50 дБ при отсутствии входного сигнала и выключенном шумоподавителе.

Технические требования к радиостанциям

1. В радиостанциях должна применяться фазовая модуляция (частотная с предкоррекцией +6 дБ/октава в передатчике и послекоррекцией -6 дБ в приемнике).
2. Номинальный частотный разнос между соседними каналами должен быть 25 кГц.
3. Номинальный диапазон звуковых частот передаваемого информационного сигнала должен быть 0,3...3,4 кГц или 0,3...3,0 кГц.

4. Номинальное значение ширины полосы пропускания приемника на уровне 6 дБ устанавливается в ТУ на радиостанции конкретного типа в пределах 14,5... 18 кГц.

5. В приемниках радиостанций с симплексным режимом работы должен быть предусмотрен шумоподавитель. Возможность его включения указывается в ТУ на радиостанции конкретного типа. Минимальный порог срабатывания шумоподавителя не должен превышать порога чувствительности приемника.

6. Радиостанции должны быть предназначены для работы с несимметричными антенно-фидерными устройствами с номинальным волновым сопротивлением 50 или 75 Ом, установленным в ТУ на радиостанции конкретного типа.

7. В ТУ на радиостанции конкретного типа должны быть установлены требования к модуляционному входу передатчика и низкочастотному выходу приемника.

8. Радиостанции, питание которых осуществляется от внешних источников питания, должны допускать длительную работу без ограничения времени в режимах приема и дежурного приема. Носимые радиостанции должны быть рассчитаны для длительной работы при соотношении времени «дежурный прием»—«прием»—«передача» 8 : 1 : 1, при этом допускается продолжительность работы в режиме передачи не менее 5 мин.

Возимые и стационарные (кроме центральных) радиостанции должны быть рассчитаны для длительной работы при соотношении времени «прием»—«передача» 3 : 1, при этом допустимая продолжительность непрерывной работы в режиме передачи должна быть не менее 15 мин.

9. Обрыв или короткое замыкание не должны приводить к повреждению передатчика при его работе.

10. По требованиям к разборчивости речи радиостанции должны соответствовать ГОСТ 16600—72. Класс качества по разборчивости речи устанавливается в ТУ на радиостанции конкретного типа.

Измерение параметров радиостанций. Измерения параметров производят не ранее чем через пять минут после включения радиостанции. Для радиостанций с двумя одноименными пультами измерения производят с каждого пульта, входящего в состав радиостанции. При измерении параметров радиоприемника подаватели шумов и импульсных помех должны быть выключены. При проведении измерений в одном диапазоне второй диапазон должен находиться в дежурном режиме. Перед проведением измерений рекомендуется отключить автоматическую регулировку громкости.

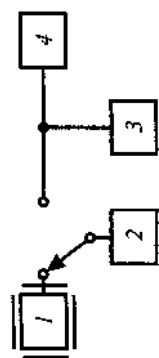


Рис. 7.1. Схема измерения мощности несущей

Приведем методику измерения наиболее важных параметров радиостанций.

Измерение мощности несущей передатчика производится по схеме, приведенной на рис. 7.1. В этой схеме используются следующие приборы: 1 — передатчик; 2 — высокочастотный ваттметр; 3 — высокочастотный вольтметр; 4 — испытательная нагрузка передатчика.

Передатчик не модулируют. Мощность несущей измеряют высококачественным ваттметром, подключенным к антенному выходу передатчика. Допускается измерять мощность несущей косвенным методом при обеспечении необходимой точности измерения путем измерения напряжения на испытательной нагрузке. В этом случае мощность несущей вычисляют в Вт по формуле

$$P_n = U_n^2 / R,$$

где U_n — напряжение несущей; R — сопротивление испытательной нагрузки, Ом.

Если в радиостанциях предусмотрен синтезатор частоты, обеспечивающий возможность настройки на рабочие частоты в данном диапазоне частот, мощность несущей допускается измерять только в начале, середине и в конце диапазона частот.

Измерение коэффициента нелинейных искажений передатчика осуществляется по схеме, показанной на рис. 7.2.

На этой схеме приведены следующие приборы: 1 — низкочастотный генератор сигналов; 2 — передатчик; 3 — испытательная нагрузка передатчика; 4 — измеритель девиации частоты; 5 — низкочастотный полосо-вой фильтр; 6 — интегрирующее устройство; 7 — измеритель нелинейных искажений.

На модуляционный вход передатчика подают нормальный модулирующий сигнал с уровнем, при котором девиация частоты равна стандартной девиации.

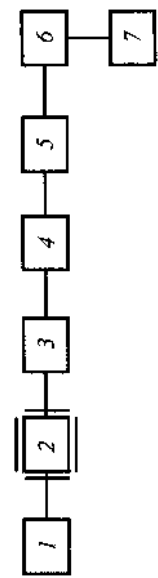


Рис. 7.2. Измерение коэффициента нелинейных искажений передатчика

дартной испытательной девиации. Коэффициент нелинейных искажений измеряют измерителем нелинейных искажений.

Измерение максимальной девиации частоты передатчика происходит по схеме, приведенной на рис. 7.3, на которой имеются следующие приборы: 1 — низкочастотный генератор сигналов; 2 — передатчик; 3 — испытательная нагрузка передатчика; 4 — измеритель девиации.



Рис. 7.3. Измерение максимальной девиации передатчика

На модуляционный вход передатчика подают нормальный модулирующий сигнал и определяют уровень, при котором девиация частоты равна стандартной испытательной девиации. Увеличивают полученный уровень входного сигнала на 10 дБ. Поддерживая уровень модулирующего сигнала постоянным, изменяют его частоту от 300 до 3400 Гц и измеряют девиацию частоты передатчика. Максимальную девиацию частоты передатчика определяют как наибольшее значение девиации, полученное в данном диапазоне звуковых частот.

Измерение девиации частоты передатчика при модулирующих частотах 5, 10 и 20 кГц (см. рис. 7.3) производится следующим образом.

На модуляционный вход передатчика подают нормальный модулирующий сигнал с уровнем, при котором девиация частоты равна стандартной испытательной девиации. Поддерживая уровень модулирующего сигнала постоянным, устанавливают его частоту 5, 10 и 20 кГц и измеряют девиацию частоты измерителем девиации.

Измерение ширины полосы частот излучения передатчика производится по схеме, приведенной на рис. 7.4. В этой схеме используются следующие приборы: 1 — генератор шумовых сигналов; 2 — низкочастотный генератор сигналов; 3 — формирующий фильтр; 4 — передатчик; 5 — испытательная нагрузка передатчика; 6 — анализатор спектра; 7 — измеритель частотной модуляции; 8 — низкочастотный вольтметр.

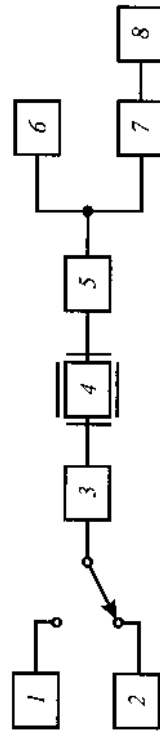


Рис. 7.4. Измерение ширины полосы частот излучения передатчика

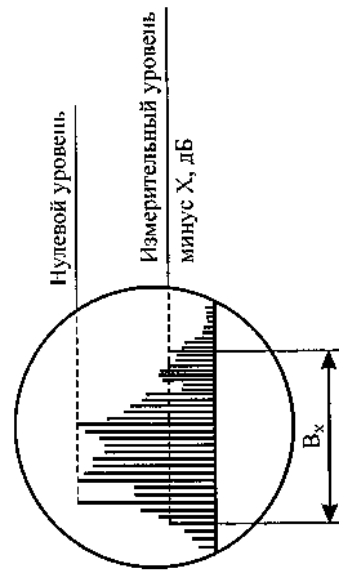
В необходимых случаях между формирующим фильтром и передатчиком включают согласующий четырехполосник.

Полосу рабочих частот генератора шумовых сигналов устанавливают от 20 Гц до 20 кГц. Ширину полосы спектра измеряют при пропуске спектра от 30 до 150 Гц на уровне -3 дБ, времени развертки не менее 10 с и постоянной времени последовательной цепи анализатора спектра 0,05 с.

На модуляционный вход передатчика подают нормальный модулирующий сигнал с уровнем, превышающим на 10 дБ уровень, при котором девиация частоты передатчика равна стандартной испытательной девиации. Измеряют уровень сигнала на выходе измерителя девиации. Затем вместо низкочастотного генератора к передатчику подключают генератор шумовых сигналов. Устанавливают уровень шумового сигнала таким, при котором напряжение на выходе девиометра равно 0,47 значения, полученного ранее.

Устанавливают нулевой уровень шумового спектра на экране анализатора спектра в пределах боковой полосы частот (без учета несущей) как наибольшее значение огибающей спектра из числа не менее 5 последовательных реализаций (рис. 7.5).

Ширину полосы частот излучения передатчика измеряют на уровнях -30, -40, -50 и -60 дБ. Нижнее значение измерительного уровня определяют возможными используемого стандартного анализатора спектра. Установку нулевого уровня и измерение ширины полосы частот излучения производят при одних и тех же параметрах анализатора спектра (пос-



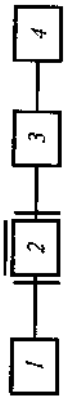
B_x — ширина полосы частот на уровне минус X, дБ

Рис. 7.5. Измерение полосы излучения передатчика

ле пропускания на уровне -3 дБ времени развертки и постоянной времени). За ширину полосы частот излучения принимают наибольшее значение из числа не менее 5 последовательных реализаций измеряемого спектра.

Измерение уровня излучения передатчика в соседнем канале производится по схеме на рис. 7.6, где 1 — низкочастотный генератор сигнала;

2 — передатчик; 3 — испытательная нагрузка передатчика; 4 — измерительный приемник.



На модуляционный вход передатчика подают сигнал частотой 1250 Гц и уровнем, при котором девиация частоты равна стандартной испытатель-

ной девиации. Увеличивают полученный уровень входного сигнала на 10 дБ. Настраивают измерительный приемник на номинальную частоту одного из соседних каналов. Устанавливают ослабление аттенюатора измерительного приемника, равное значению b_1 , при котором показание вольтметра измерительного приемника превышает уровень его собственного шума не менее чем на 10 дБ. Настраивают измерительный приемник на частоту несущей передатчика. Определяют новое значение ослабления аттенюатора b_2 , при котором показание вольтметра измерительного приемника равно значению, полученному при предыдущем измерении.

Измерение повторяют при настройке измерительного приемника на номинальную частоту другого соседнего канала.

Отмечают значение мощности несущей, измеренной ранее (см. рис. 7.1). Затем уровень излучения передатчика в соседнем канале P_c вычисляют в децибелах относительно мощности несущей по формуле

$$P_c = b_1 - b_2,$$

где b_1 и b_2 — значения ослабления аттенюатора, дБ.

Измерение уровня побочных излучений передатчика осуществляется по схеме на рис. 7.7, где 1 — передатчик; 2 — высокочастотный генератор сигналов; 3 — испытательная нагрузка передатчика; 4 — аттенюатор; 5 — режекторный фильтр; 6 — измерительный приемник. Измерительный приемник, режекторный фильтр и аттенюатор в необходимых случаях размещают в экранированной камере. Вместо измерительного приемника допускается использовать высокочастотный анализатор спектра.

Режекторный фильтр настраивают на максимальное подавление несущей передатчика. В испытательной нагрузке измеряют следующие побочные излучения:

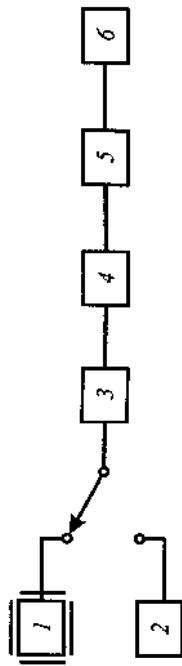


Рис. 7.7. Измерения уровня побочных излучений передатчика

- излучения на частотах гармоник, являющихся целыми кратными частоты несущей;
- комбинационные излучения, которые появляются в результате взаимной модуляции между колебаниями на несущей частоте, частотах, формирующих несущую, и их гармониках;
- паразитные излучения на частотах, не зависящих от частоты несущей и от частот, формирующих ее.

Измерения проводят в диапазоне частот, указанном в ТУ на радиостанции конкретного типа, от самой низкой до самой высокой частот, имеющих место в процессе формирования несущей, но не ниже третьей гармоники частоты несущей передатчика. При этом измерение допускается проводить до верхней частоты, не превышающей 1000 МГц, если отсутствуют стандартные измерительные приемники с возможностью измерения в диапазоне частот выше 1000 МГц.

Уровень побочных излучений измеряют методом замещения на сопротивлении R испытательной нагрузки. Передатчик не модулируют. Измеряют мощность несущей в испытательной нагрузке в соответствии с ранее приведенной методикой (см. рис. 7.1). Измерительный приемник настраивают на частоты измеряемых побочных излучений и отмечают его показания.

Вместо передатчика к сопротивлению R нагрузки подключают генератор сигналов, который настраивают на частоты побочных излучений и регулируют до получения ранее отмеченных показаний измерительного приемника. В этом случае показание калиброванного аттенюатора генератора сигналов равно напряжению соответствующего побочного излучения.

Уровень побочных излучений вычисляют в ваттах P_{Π} по формуле

$$P_{\Pi} = \frac{U_{\Pi}^2}{R}, \text{ Вт},$$

где U_{Π} — напряжение побочного излучения, В,

или в децибеллах L_n по формуле

$$L_n = 10 \lg \frac{P_n}{P_n}, \text{ дБ},$$

где P_n — мощность несущей передатчика.

Измерение отклонения частоты передатчика от номинального значения проводится по схеме на рис. 7.8, где 1 — передатчик; 2 — испытательная нагрузка передатчика; 3 — высокочастотный частотомер. Передатчик не модулируют. Изменяют частоту несущей передатчика и определяют наибольшее отклонение частоты передатчика от номинального значения в киллогерцах или в миллионных долях.

При измерении отклонения частоты передатчика от номинального значения в условиях воздействия климатических факторов перед началом проведения климатических испытаний допускается проводить подстройку частоты передатчика до номинального значения регулятором неоперативной подстройки частоты.

Измерение чувствительности модуляционного входа передатчика осуществляется по схеме на рис. 7.2.

На модуляционный вход передатчика подают нормальный модулирующий сигнал и измеряют девиацию частоты. Чувствительность модуляционного входа определяют как уровень входного сигнала, выраженный в ЭДС, при котором девиация частоты передатчика равна стандартной испытательной девиации.

Измерение чувствительности приемника производится по схеме на рис. 7.9, где 1 — высокочастотный генератор сигналов; 2 — приемник; 3 — испытательная нагрузка приемника; 4 — низкочастотный вольтметр; 5 — измеритель нелинейных искажений.

Органы управления приемника устанавливают следующим образом:

Регулятор шумоподавителя устанавливают в положение, при котором обеспечивается максимальная чувствительность приемника, а при наличии выключателя



Рис. 7.8. Измерение отклонения частоты передатчика

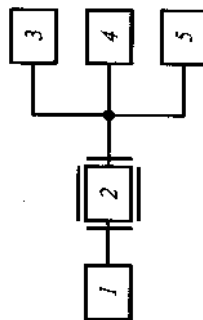


Рис. 7.9. Измерение чувствительности приемника

шумоподавитель выключают. При отсутствии органов регулировки и выключения шумоподавителя измерения производят с шумоподавителем.

Выходную мощность приемника устанавливают регулятором громкости. При отсутствии регулятора громкости измерения проводят при такой выходной мощности, которая получается при данном уровне испытательного сигнала.

На вход приемника подают стандартный испытательный сигнал. Регулятором громкости устанавливают испытательную мощность на выходе приемника. Не изменяя положения регулятора громкости, уменьшают уровень входного сигнала и измеряют отношение сигнал/шум на выходе приемника методом «СИНАД», который заключается в том, что измерение производится при помощи измерителя нелинейных искажений без выключения сигнала генератора по формуле

$$h = \sqrt{(U_c^2 + U_{ш}^2 + U_n^2)} + \sqrt{(U_{ш}^2 + U_n^2)},$$

где $\sqrt{(U_c^2 + U_{ш}^2 + U_n^2)}$ — среднее квадратичное значение полного напряжения шума и нелинейных искажений на выходе приемника;

$\sqrt{(U_{ш}^2 + U_n^2)}$ — среднее квадратичное значение суммарного шума приемника и нелинейных искажений на выходе приемника.

Отношение сигнал/шум, определенное вышеприведенной формулой, измеряют в последовательности, принятой при измерении нелинейных искажений. Показание прибора равно 25 % соответствует отношению сигнал/шум (СИНАД) 12 дБ.

Чувствительность приемника определяют как уровень, равный $1/2$ ЭДС генератора сигналов, при котором отношение сигнал/шум равно 12 дБ. Если при данном отношении сигнал/шум выходная мощность приемника оказывается ниже выходной мощности, равной $1/2$ испытательной выходной мощности, то за чувствительность приемника принимают минимальный уровень, равный $1/2$ ЭДС генератора сигналов, при котором выходная мощность приемника равна $1/2$ испытательной выходной мощности.

В многоканальных радиостанциях с синтезатором частоты допускается проводить измерения только в начале, середине и в конце диапазона частот радиостанции. В других многоканальных радиостанциях измерения проводят на каждом рабочем канале.

Измерение коэффициента нелинейных искажений приемника проводится по ранее приведенной схеме (см. рис. 7.9). Органы управления приемника устанавливаются также по вышеприведенной методике.

На вход приемника подают стандартный испытательный сигнал. При помощи регулятора громкости устанавливают номинальную мощность на выходе приемника. Коэффициент нелинейных искажений измеряют при помощи измерителя, нелинейных искажений.

Измерение уровня фона приемника осуществляется по схеме на рис. 7.10, где 1 — высокочастотный генератор сигналов; 2 — приемник; 3 — испытательная нагрузка приемника; 4 — низкочастотный вольтметр. Органы управления приемника устанавливаются по вышеприведенной методике.

На вход приемника подают стандартный испытательный сигнал. При помощи регулятора громкости устанавливают испытательную выходную мощность на выходе приемника. Измеряют выходное напряжение приемника U_1 . Выключают модуляцию генератора сигналов и измеряют остаточное выходное напряжение U_2 .

Уровень фона L_{Φ} приемника вычисляют в децибеллах по формуле

$$L_{\Phi} = 20 \lg \frac{U_1}{U_2}$$

Измерение избирательности приемника по соседнему каналу осуществляется по схеме на рис. 7.11, где 1, 2 — высокочастотные генераторы сигналов; 3 — согласующее устройство 1-го типа; 4 — приемник; 5 — испытательная нагрузка приемника; 6 — низкочастотный вольтметр; 7 — измеритель нелинейных искажений. Органы управления приемника устанавливают в прежнее положение.

На вход приемника от одного генератора при отсутствии мешающего сигнала от второго генератора подают нормальный испытательный сигнал и устанавливают уровень U_1 ,

Рис. 7.11. Измерение избирательности по соседнему каналу

при котором отношение сигнал/шум на выходе приемника, измеренное ранее (см. рис. 7.9) при испытательной выходной мощности, равно 12 дБ. Увеличивают уровень входного сигнала на 3 дБ.

Затем от второго генератора, настроенного на номинальную частоту одного из соседних каналов, подают мешающий сигнал, модулированный сигналом частотой 400 Гц с девиацией, равной 0,6 максимально допустимой девиации. Увеличивают уровень мешающего сигнала до значения U_2 , при котором отношение сигнал/шум на выходе приемника становится равным прежнему значению, т. е. 12 дБ. Измерение повторяют при настройке генератора мешающего сигнала на номинальную частоту другого соседнего канала.

Избирательность приемника по соседнему каналу S_c вычисляют в децибелах по формуле

$$S_c = 20 \lg \frac{U_2}{U_1}$$

Измерение избирательности приемника по побочным каналам производится по схеме на рис. 7.11. В необходимых случаях, указанных в ТУ на радиостанции конкретного типа, к антенному входу приемника подключают аттенуатор с ослаблением не менее 10 дБ для исключения рассогласования в измерительном тракте на частотах измерения. Органы управления устанавливают в прежнее положение.

На вход приемника от одного генератора при отсутствии мешающего сигнала от второго генератора подают нормальный испытательный сигнал, уровень которого устанавливают равным значению U_1 , при котором отношение сигнал/шум на выходе приемника, измеренное ранее (см. рис. 7.9) при испытательной выходной мощности, равно 12 дБ. Увеличивают уровень входного сигнала на 3 дБ.

Затем от второго генератора подают мешающий сигнал, модулированный сигналом частоты 400 Гц с девиацией, равной 0,6 максимально допустимой девиации. Увеличивают уровень сигнала второго генератора до значения, необходимого для обнаружения побочных каналов (на 10—20 дБ выше нормы избирательности). Изменяют частоту второго генератора непрерывно в диапазоне частот, указанном в ТУ на радиостанции конкретного типа, от наименьшей промежуточной частоты, применяемой в приемнике, до утроенного значения номинальной частоты приемника или частоты соответствующего зеркального канала, если она выше этого утроенного значения, и находят побочные каналы, в том числе:

каналы на каждой промежуточной частоте — $f_{пр}$; зеркальные каналы на частотах — $f_{зер} = f_c \pm 2f_{пр}$; каналы на частотах — $f_c \pm f_{пр}/2$; другие возможные побочные каналы на частотах

$$f_n = \pm \frac{m}{n} f_{з.г} \pm \frac{1}{n} f_{пр},$$

где $f_{з.г}$ — частота задающего генератора каждого гетеродина приемника; $m = 0, 1, 2, \dots$; $n = 1, 2, \dots$;

f_c — частота полезного сигнала.

На побочном канале подстраивают частоту второго генератора так, чтобы побочный канал проявлялся в наибольшей степени. Определяют уровень мешающего сигнала U_2 , при котором отношение сигнал/шум на выходе приемника становится равным прежнему значению, т. е. 12 дБ.

Избирательность приемника по побочному каналу S_n вычисляют в децибеллах по формуле

$$S_n = 20 \lg \frac{U_2}{U_1}.$$

Побочные каналы, являющиеся следствием наличия гармоник выходного сигнала второго генератора, не учитывают. В необходимых случаях эти гармоники исключают, используя соответствующие фильтры.

Измерение интермодуляционной избирательности приемника проводится по схеме на рис. 7.12, где 1, 2, 4 — высокочастотные генераторы сигналов; 3 — согласующее устройство 2-го типа; 5 — приемник; 6 — испытательная нагрузка приемника; 7 — низкочастотный вольтметр переменного тока; 8 — измеритель нелинейных искажений. Органы управления приемника устанавливают в прежнее положение.

На вход приемника от одного генератора (при отсутствии мешающих сигналов от второго и третьего генераторов) подают нормальный испытательный сигнал и устанавливают уровень U_1 , при котором отношение сигнал/шум равно 12 дБ. Увеличивают уровень входного сигнала на 3 дБ.

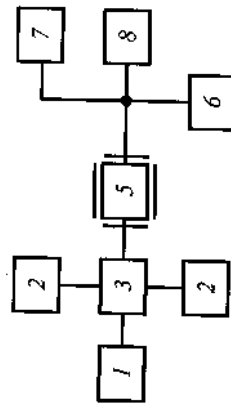


Рис. 7.12. Измерение интермодуляционной избирательности

Включают немодулированные мешающие сигналы от второго и третьего генераторов, установив частоту второго генератора выше номинальной частоты приемника на удвоенное значение разности между соседними каналами и частоту третьего генератора выше на значение разности между соседними каналами, увеличенное в 4 раза. Поддерживая уровень мешающих сигналов одинаковыми, увеличивают их до значений, при которых отношение сигнал/шум на выходе приемника начинает уменьшаться. Подстраивают частоту одного из генераторов мешающих сигналов до максимального уменьшения отношения сигнал/шум.

Определяют уровень сигнала U_2 от второго или третьего генератора, при котором отношение сигнал/шум снова становится равным 12 дБ. Измерения повторяют при установке частоты мешающих сигналов от второго и третьего генераторов ниже номинальной частоты приемника соответственно на два и четыре разности между соседними каналами.

Интермодуляционную избирательность приемника S_n вычисляют в децибеллах по формуле

$$S_n = 20 \lg \frac{U_2}{U_1}.$$

7.3. Диагностика радиоаппаратуры

Под диагностикой понимают методику поиска неисправностей в аппаратуре. Существующие методы диагностики (поиска неисправности) подразделяются на последовательный, комбинационный, комбинационно-последовательный. При последовательном методе диагностики поиск производится поочередно по контрольным точкам РЭС, выбранным по определенному критерию. Этот метод постепенно приближает нас к отказавшему элементу. Программа поиска, определяемая выбранным критерием, может быть жесткой (не изменяемой в результате контроля) и гибкой (изменяемой по результатам контроля).

Комбинационный метод предусматривает определение места отказа по совокупности измеренных параметров во всех контрольных точках. Такой метод требует значительного времени и полного комплекта измерительной аппаратуры. Наиболее часто он применяется к системам, не имеющим достаточно подробных контрольных точек, например к комбинированным микросхемам.

Комбинационно-последовательный метод занимает промежуточное место между последовательным и комбинационным методами и предусматривает последовательную обработку результатов комбинационного контроля, проведенного для отдельных участков РЭС. Рассмотрим алгоритмы поиска неисправности для последовательного метода диагностирования.

Способ последовательного функционального анализа. Алгоритм этого способа определяют исходя из контроля основной функции РЭС, чаще всего выходной величины. Последовательный опрос контрольных точек с выхода системы к ее входу приводит к определению поврежденного функционального элемента. Главная проблема состоит в подробном расчленении общей схемы РЭС на функциональные элементы. Так, например, радиоприемное устройство супергетеродинного типа имеет обобщенную функциональную схему рис. 7.13. Эту схему можно разложить на более подробные функциональные элементы, как показано на рис. 7.14.

Схема поиска неисправностей при последовательном функциональном анализе представлена на рис. 7.15. Полученную схему поиска неисправностей называют деревом функций, а решения представляют в виде матрицы:

- У₀ — неисправен динамик;
- У₁ — неисправен выходной трансформатор;
- У₂ — неисправен оконечный усилитель;
- У₃ — неисправен предварительный усилитель звуковой частоты;
- У₄ — неисправен детектор АРУ;
- У₅ — неисправен детектор;
- У₆ — неисправен фильтр промежуточной частоты;
- У₇ — неисправен усилитель промежуточной частоты;
- У₈ — неисправен фильтр преобразователя;
- У₉ — неисправен контур гетеродина;
- У₁₀ — неисправен гетеродин;
- У₁₁ — неисправен преобразователь частоты;
- У₁₂ — неисправен контур усилителя радиочастоты;
- У₁₃ — неисправен усилитель радиочастоты;
- У₁₄ — неисправен антенный контур.

Алгоритм поиска неисправностей способа последовательного функционального анализа прост, нагляден, требует минимальной априорной информации от диагностируемой аппаратуры, однако он не оптимален ни по времени анализа, ни по экономическим затратам.

Рис. 7.13. Функциональная схема радиоприемника

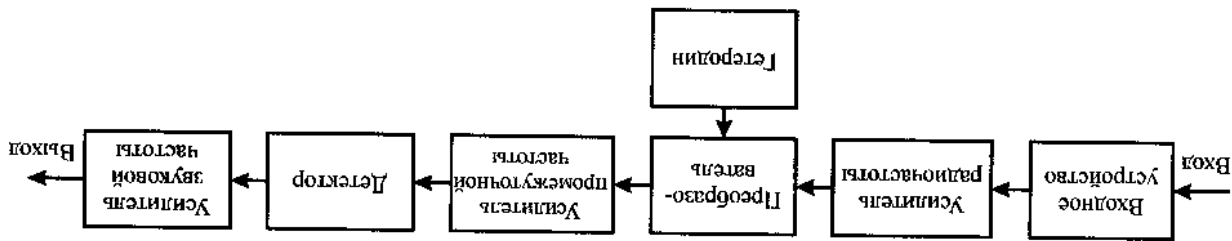
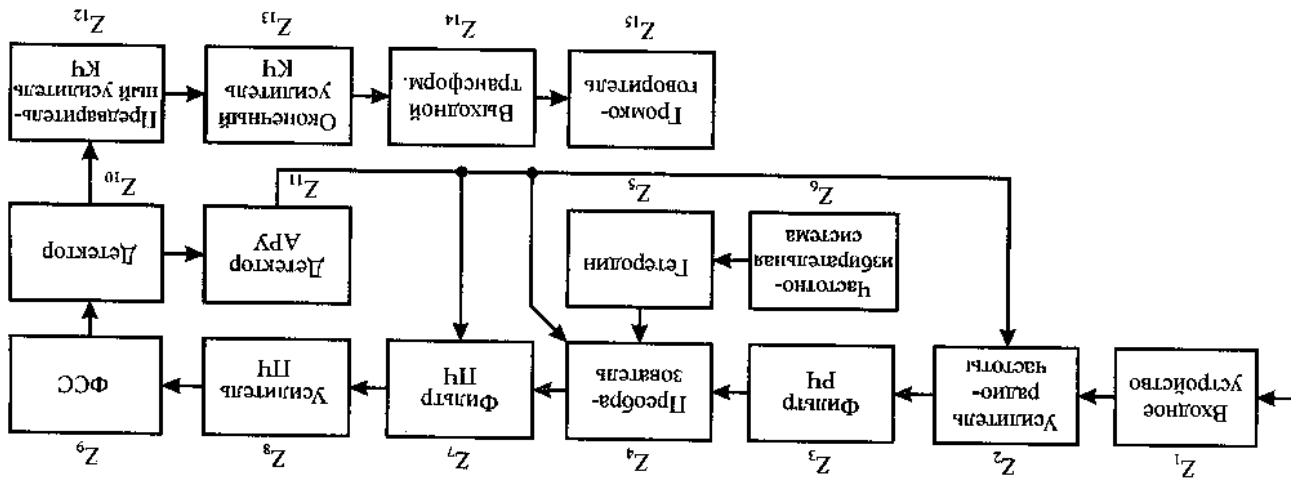


Рис. 7.14. Разложение функциональной схемы



Способ половинного разбиения (дихотомии). Этот способ применяются чаще всего тогда, когда РЭС можно представить последовательным набором функциональных элементов. Суть метода заключается в том, что с учетом вероятности выхода из строя функциональных элементов, структура РЭС разделяется на две близкие по вероятности отказа части ($P_{отк} = 0,5$) и в точке раздела проводится первый контроль. По результатам контроля выясняется, в какой из половин разбиения РЭС произошел отказ. Выделенную половину структуры РЭС также делят на две части с примерно равными вероятностями отказа и в средней точке производят контроль. По результатам последнего контроля в части РЭС, где отмечен отказ, снова проводят деление пополам (в смысле примерного равенства вероятностей отказа) и так до окончательного определения отказавшего элемента.

Продолжим рассмотрение радиоприемного устройства. Отметим, что полная вероятность отказавшего устройства равна 1, т. е. $P = 1$. Сумма вероятностей отказов функциональных элементов также равна 1, т. е. $\sum P_i = 1$. Вероятности отказов зависят от деталей и узлов, входящих в функциональный элемент. Рассмотрим два случая.

Случай 1. Распределение вероятностей отказов по отдельным элементам производим с учетом предварительного условия: вероятность отказа каскада с активным элементом вдвое превышает вероятность отказа диодной схемы и в четыре раза превышает вероятность отказа пассивного элемента (например, фильтра): $P_a = 4P_0, P_g = 2P_0, P_{пз} = P_0, P_0$ — вероятность отказа пассивного элемента. Такое условие весьма приближенное и определено только для учебных целей. Реальное распределение вероятностей отказов следует находить по статистическим данным элементов, входящих в функциональный узел.

Составим функциональную схему приемного устройства (рис. 7.16) с учетом распределения вероятностей отказов.

Объединим элементы Z_4, Z_5, Z_6 и Z_{10}, Z_{11} (рис. 7.17).

Определим значение

$$P_0 = \frac{1}{15 \sum_{i=1}^{11} Z_i(P_0)} = \frac{1}{50}$$

Первое деление приходится на участок с $P = 1/2 = 25/50$ ($P \approx 0,5$), контрольная точка может быть после Z_9 или Z_9 ($P = 24/50$ и $P = 25/50$

Рис. 7.16. Функциональная схема приемника с учетом вероятностей отказов

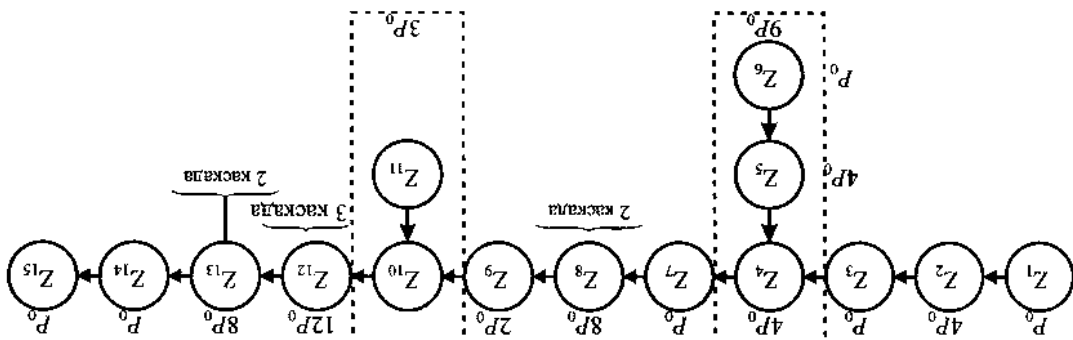
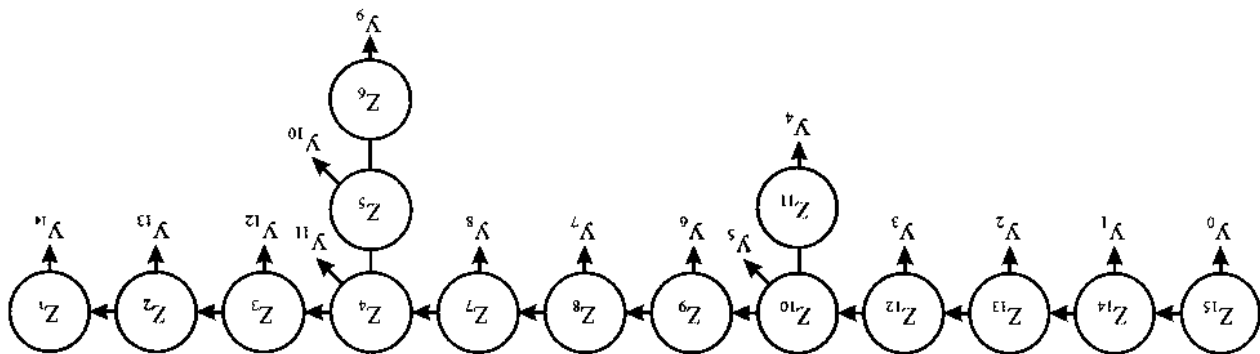


Рис. 7.15. Схема поиска неисправностей при последовательном анализе



соответственно), так как $P = 25/50$ ближе к средней вероятности 0,5, то первую контрольную точку выбираем после элемента Z_9 , т. е. между первым фильтром ФСС и детектором. Второй этап деления определит следующие точки контроля $25/50 : 2 = 12/50$. Это точки будут между $Z_{4,6}$ и Z_7 ($P_{1-3} = 6/50$, $P_{4-7} = 10/50$) (не совсем пополам, но это уже определяет-ся схемой устройства) и между Z_{12} и Z_{13} . Третий этап деления системы приводит нас к контрольным точкам между Z_3 и Z_4 , между $Z_{4,6}$ и Z_8 , между Z_8 и Z_7 , между Z_{10} и Z_{13} . На этом этапе деления уже сложнее выдержать половинное равенство деления вероятностей отказов по различным функциональным элементам. Вместе с тем мы максимально быстро приблизились к отказавшему элементу.

Теперь схема алгоритма поиска неисправностей методом дихотомии (контроль на выходах функциональных элементов) выглядит так, как показано на рис. 7.18. Если, например, отказал усилитель промежуточной частоты (Z_8), то поиск такого отказа будет производиться по схеме: $Z_7 - Z_{11} - Z_8$. За три измерения будет найден отказавший элемент.

Случай 2. Рассмотренный алгоритм поиска неисправностей может быть существенно упрощен, если принять, что вероятности отказов равномерно распределены по всем функциональным элементам. Такой подход оправдан, если неизвестна принципиальная схема РЭС. Тогда, если считать, что вероятность отказа одного функционального элемента $1/15$, алгоритм поиска неисправностей будет выглядеть, как показано на рис. 7.19.

Теперь отказавший элемент Z_8 (УПЧ) будет найден по следующей схеме: $Z_7 - Z_{10} - Z_9 - Z_8$, потребуется четыре контрольных замера для определения отказавшего функционального элемента.

Способ время—вероятность. Этот способ основан на учете не только вероятностей отказов функциональных элементов, но и необходимого времени контроля, которое состоит из времени доступа к контрольной точке t_g плюс время подготовки и подключения контрольно-измерительной аппаратуры t_n и времени анализа состояния контрольной точки t_a :

$$t_g = t_g + t_n + t_a$$

Время анализа состояния t_a определяется временем переходного процесса измерительного прибора и обычно для радиочастот не превышает 1...3 с (в среднем 2 с).

Время подготовки и подключения контрольно-измерительных приборов t_n определяется временем приведения приборов в исходное состоя-

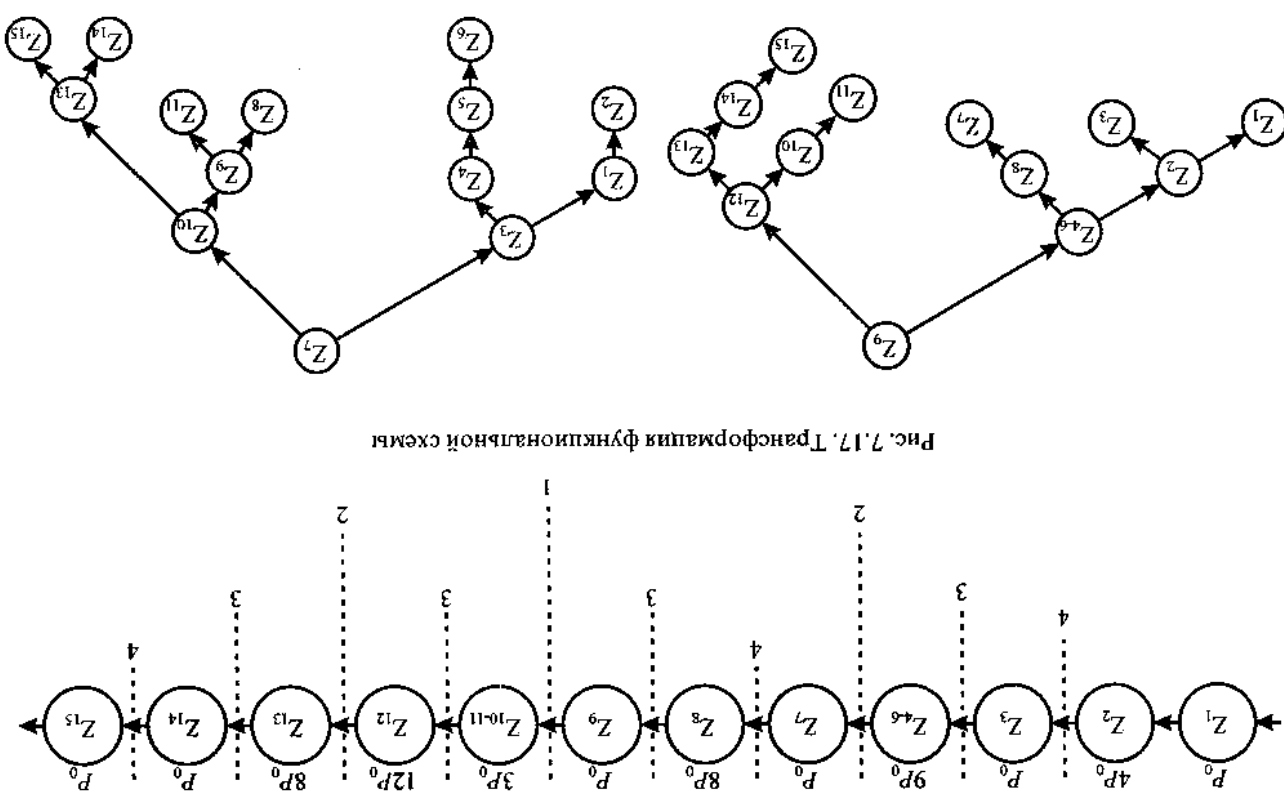


Рис. 7.17. Трансформация функциональной схемы

Рис. 7.18. Алгоритм поиска неисправностей (1-й случай) Рис. 7.19. Алгоритм поиска неисправностей (2-й случай)

ние (обычно не превышает 10...20 с) и временем непосредственного подключения (3...5 с), т. е. $t_{\Pi} = 15...25$ с (в среднем 20 с).

Время доступа к контрольной точке $t_g = 0$. Если контрольная точка выведена на лицевую панель контролируемого прибора, то $t_g = 5-10$ с, если контрольная точка выведена на заднюю или боковую панель прибора — в среднем 8 с. Намного сложнее, если для доступа к месту контроля приходится снимать кожух прибора (60 с) и отыскивать контрольную точку по монтажной схеме (30 с), тогда общее время доступа $t_g \approx 90$ с.

Итак, возможные значения времени контроля составят:

$t_{k1} = 22$ с — для контрольной точки на лицевой панели;

$t_{k2} = 30$ с — для контрольной точки на задней панели.

$t_{k3} = 100$ с — для контрольной точки внутри кожуха прибора.

Алгоритм поиска неисправностей строится исходя из соотношения P_k/t_k (вероятности отказа элемента к времени контроля элемента). Построив ряд $P_{k1}/t_{k1} > P_{k2}/t_{k2} > \dots > P_{kn}/t_{kn}$ по убывающим значениям, получим последовательность контроля аппаратуры.

Так, для нашего случая контроля радиоприемного устройства: внешние контрольные точки имеются на самом входе приемного и на входе предварительного усилителя звуковой частоты (на задней панели радиоприемного устройства), т. е. на выходе функционального элемента Z_{10} . Время контроля в этой точке составит 30 с; для всех остальных контрольных точек — 100 с.

Вероятность отказа: $Z_{12} = 12P_0$, $Z_{4-6} = 9P_0$, $Z_8 = Z_{13} = 8P_0$, $Z_2 = 4P_0$, $Z_{10-11} = 3P_0$, $Z_9 = 2P_0$, $Z_1 = Z_3 = Z_7 = Z_{14} = Z_{15} = P_0$, т. е. имеем соотношение:

$$\left(\frac{Z_{12}}{t_{12}} = \frac{12P_0}{100} \right) > \left(\frac{Z_{10-11}}{t_{10-11}} = \frac{3P_0}{30} \right) > \left(\frac{Z_{4-6}}{t_{4-6}} = \frac{9P_0}{100} \right) > \left(\frac{Z_{4-6}}{t_{4-6}} = \frac{8P_0}{100} = \frac{Z_8}{t_8} \right) > \left(\frac{Z_2}{t_2} = \frac{4P_0}{100} \right) > \left(\frac{Z_9}{t_9} = \frac{2P_0}{100} \right) > \left(\frac{Z_{15}}{t_{15}} = \frac{Z_{14}}{t_{14}} = \frac{Z_7}{t_7} = \frac{Z_3}{t_3} = \frac{Z_1}{t_1} = \frac{P_0}{100} \right).$$

При равенстве отношений в контрольных точках применим метод последовательного функционального анализа — с выхода ко входу, т. е. определение последовательности контрольных точек сначала с большими номерами, затем с малыми. Тогда последовательность контроля определится, как показано на рис. 7.20.



Рис. 7.20. Алгоритм поиска неисправностей при последовательном контроле

Для определения отказавшего элемента в нашем примере — ИЧП — Z_8 нужно произвести замеры: $Z_{12} - Z_{10}$, $Z_{11} - Z_4$, $Z_6 - Z_{13} - Z_8$, т. е. про- извести пять контрольных измерений.

7.4. Оборудование и аппаратура контрольно-ремонтных пунктов

Оснащенность приборами и оборудованием определяется задачами, которые решают отдельные подразделения в системе обслуживания устройств поездной и станционной радиосвязи.

Работу радиостанций на установление связи проверяют с помощью контрольной радиостанции. Систематические записи контролируемых параметров вместе с номерами локомотивов позволяют прогнозировать состояние радиостанций и своевременно предупредить отказы в работе радиосредств.

В контрольно-ремонтных пунктах (КРП) проводят плановую проверку и ремонт аппаратуры радиосвязи, а также внеплановый ее ремонт при повреждении и отказах. Для выполнения указанных работ КРП укомплектовывают соответствующим количеством контрольно-измерительных приборов, испытательных стенов и источников питания. В последнее время для серийной аппаратуры появились также серийные испытательно-настроечные стенды, такие как, например, комплекс СТОР — система технического обслуживания и ремонта, для контроля, ремонта и наладки радиостанций РС-46.

Комплекс СТОР РС-46М. Этот ремонтный комплекс и комплекс СТОР СР-234М выпускает Владимирский завод «Электроприбор».

Комплекс СТОР РС-46М предназначен для выполнения технологических процессов по техническому обслуживанию и ремонту радиостанции РС-46М и входящих в ее состав блоков. Он устанавливается в помещениях контрольно-ремонтных пунктов радиосвязи (КРП) для оснащения подразделений, занимающихся техническим обслуживанием и ремонтом радиостанций РС-46М.

В состав комплекса СТОР РС-46М входят:

- контрольно-испытательный стенд КИС РС-46М;
- универсальный стенд;

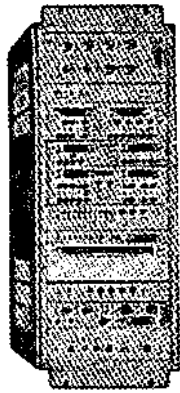


Рис. 7.21. Стенд КИС РС-46М

длимы для проверки и ремонта радиостанции РС-46М низкочастотные сигналы, формирует посылки сигналов необходимой длительности для проверки устройства АТУ, имитирует сигналы порядкительной станции СР-234М при проверке устройства ППС, имитирует блок управления БУП при проверке режима управления постоянным током. Для проверки пульта управления ПУС в составе КИС РС-46М входит эквивалент линии длиной 15 км. Режимы проверки вводятся с пульта ПУТ аналогично вводу параметров в конфигурактор радиостанции РС-46М. Результат на конкретном этапе проверки выводится на индикатор ПУТ.

Стенд КИС РС-46М позволяет производить проверку приемопередатчиков УПП-1М, УПП-1МВ, УПП-2М, УПП-2МВ. В состав стенда для проверки приемопередатчиков УПП входят нагрузки с $KCB = 1$, $KCB = 2$, $KCB = 4$. При установке устройств УКПУС, УКПГС, УК УПП в серийную радиостанцию РС-46М с соответствующей заменой программно обеспечения возможна работа такой радиостанции в качестве стенда КИС РС-46М.

Стенд КИС РС-46М обеспечивает контроль основных параметров:

- тракта передачи радиоканала: мощность несущей частоты, отклонение несущей частоты от номинального значения, коэффициент нелинейных искажений, отклонение амплитудно-частотной модуляционной характеристики от амплитудно-частотной модуляционной характеристики от характеристики с предкоррекцией, проверка девиации частоты, чувствительность модуляционного входа тракта передачи радиоканала;

- тракта приема радиоканала: чувствительность ПРМ, коэффициент нелинейных искажений, отклонение амплитудно-частотной модуляционной характеристики от характеристики с послекоррекцией, уровень напряжения выходного сигнала и уровень фона;

- тракта передачи 2-проводного окончания: уровни выходного сигнала, коэффициент нелинейного искажения, психометрическое напряжение собственных шумов;

- тракта приема 2-проводного окончания: эффективность работы АРУ, порог срабатывания АРУ, время восстановления АРУ, время срабатывания АРУ;

- тракта приема/передачи для 4-проводного окончания: номинальные уровни входных и выходных сигналов, коэффициент нелинейных искажений;

- тракта передачи с пультами ПУС: уровни выходного сигнала, наклон АЧХ корректора, коэффициент нелинейных искажений, ток короткого замыкания;

- тракта приема с пультов ПУС: номинальный уровень сигнала, коэффициент нелинейных искажений;

- тракта формирования тональных частот в проводном и радиоканале (устройство ППС): номинальные частоты сигналов.

Стенд КИС РС-46М представляет собой центральный блок с набором кабелей. При проверке или ремонте кабели подключаются от стенда к внешним разъемам радиостанции РС-46М. Ремонт и настройка блоков радиостанции РС-46М производится в составе стенда КИС РС-46М через ремонтные кабели. Стенд выполнен в прочном металлическом исполнении, позволяющем устанавливать приборы или проверяемую станцию непосредственно на крышку стенда. Габаритные размеры стенда составляют $520 \times 70 \times 280$ мм. Масса 8 кг.

При работе со стендом КИС РС-46М используются стандартные измерительные приборы: вольтметр универсальный В7-58; генератор сигналов высокочастотный Г4-164; генератор сигналов низкочастотный ГЗ-118; измеритель модуляции вычислительный СКЗ-45; измеритель мощности МЗ-56; измеритель нелинейных искажений С6-11; источник питания постоянного тока Б5-71; милливольтметр ВЗ-38; осциллограф двулучевой С1-127/1; псофометр П-323ИШ; цифровой мультиметр АМ-645; частотомер электронно-счетный 43-63/1; генератор высокочастотный Г4-158; милливольтметр ВЗ-52/1.

Стенды АНСУ и универсальный, внешний вид которых приведен на рис. 7.22, предназначены для выполнения технологических процессов по техническому обслуживанию и ремонту антенно-согласующего устройства АНСУ-С. Стенд АНСУ обеспечивает проверку согласования входного сопротивления приемопередатчиков УПП с различными дискретными значениями эквивалентов нагрузок, КПД АНСУ, затухания гармоник передатчика в АНСУ. Кроме того, стенд обеспечивает проверку антенно-согласующего устройства при различных дискретных значе-

ниях индуктивных и емкостных эквивалентов нагрузок.

Стенд универсальный обеспечивает контроль следующих параметров источников питания:

- выходных напряжений по цепям при изменении входного напряжения и токов нагрузки;
- пульсации выходных напряжений по цепям при изменении входного напряжения и токов нагрузки;
- схем защиты по цепям;
- целей индикации;

- токов потребления по входным цепям и др.

При проверках обеспечивается изменение входного напряжения сети ~220 В от 0 до 240 В и его контроль при этом.

Стенд универсальный представляет собой центральный блок с набором кабелей. При проверке или ремонте кабели подключаются к внешним разъемам проверяемых устройств. Конструктивно стенд выполнен в виде переносной настольной конструкции в прочном металлическом корпусе. Все коммутационные и контрольные элементы имеют гравировки.

При работе со стендом используются стандартные измерительные приборы: вольт-амперметр М253; вольтметр Э515/3; амперметр Э538; осциллограф С1-96; милливольтметр В3-38; источник питания ТЭС 5010. Данные приборы могут быть заменены на аналогичные, соответствующие указанному по диапазону измерений и классу точности.

Габаритные размеры стенда 538 × 240 × 206 мм. Масса стенда 10 кг.

В соответствии с условиями размещения по допустимым механическим и климатическим воздействиям данные изделия относятся к классификационной группе 1, степень жесткости II по ГОСТ 16019—78. По безопасности изделия соответствуют требованиям ГОСТ 12251—86; по способу защиты человека от поражения электрическим током — ГОСТ 12.007.0—75 для первого класса.

Комплекс СТОР СР-234М. Этот комплекс предназначен для выполнения технологических процессов по технологическому обслуживанию и ремонту распорядительной станции 234М и входящих в ее состав блоков.

В состав комплекса СТОР СР-234М входят: стенд КИС СР-23М и универсальный стенд.

Стенд КИС СР-234М предназначен для полуавтоматической проверки параметров станции распорядительной СР-234 и настройки и ремонта блоков, входящих в ее состав.

Стенд КИС обеспечивает контроль следующих параметров:

- уровня сигналов, коэффициента нелинейных искажений (КНИ) и частотной характеристики приема/передачи двухпроводных и четырехпроводных окончаний;
 - времени срабатывания/восстановления АРУ 2-проводного тракта;
 - уровня, КНИ и частотной характеристики трактов приема/передачи связи с ближними и дальними пультами;
 - сигнальных цепей и линий управления стыка ТУ-ТС;
 - сигнальных цепей и линий управления подключения магнитофона;
 - сигнальных цепей и линий управления подключения технологиической трубки;
 - выходных уровней внутренних динамиков и внешних громкоговорителей;
 - сигналов генератора тональных посылок;
 - приема сигналов тональных посылок и др.
- Стенд КИС СР-234М представляет собой центральный блок с набором кабелей. При проверке или ремонте кабели подключаются к внешним разъемам распорядительной станции. Ремонт и настройка блоков распорядительной станции производится в составе станции через ремонтную плату. При работе со стендом КИС СР-234М используются стандартные измерительные приборы: осциллограф С1-127/1; генератор сигналов низкочастотный Г3-118; измеритель нелинейных искажений С6-11; два милливольтметра В3-38; цифровой мультиметр АМ-645.

Стенд универсальный предназначен для проверки параметров источников питания, входящих в состав радиостанции РС-46М и распорядительной:

- выходных напряжений по цепям при изменении входного напряжения и токов нагрузки;
- пульсации выходных напряжений по цепям;
- схем защиты по цепям;
- токов потребления по входным цепям;
- целей индикации и др.

Конструктивно стенд выполнен в виде переносной настольной конструкции в прочном металлическом корпусе. Аналогичный СТОР со-

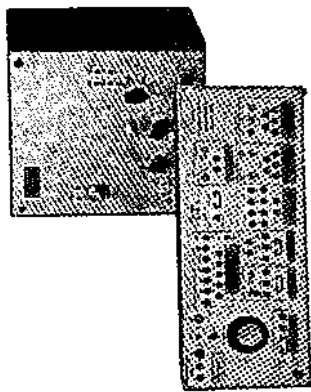


Рис. 7.22. Стенды АНСУ и универсальный

дается для радиостанции РС-46МЦ Ижевского радиозавода и для РВ-1.1М Воронежского завода. Для каждой радиостанции завод-изготовитель приводит примерный перечень наиболее часто встречающихся отказов с определением вероятной причины и методом устранения.

7.5. Техника безопасности при ремонте

Порядок обеспечения безопасных условий труда и предупреждения производственного травматизма определяют Правила электробезопасности для работников железнодорожного транспорта на электрифицированных железных дорогах и Типовая инструкция по охране труда для электромеханика и электромонтера сигнализации, централизации, блокировки и связи.

Право на техническое обслуживание и ремонт имеет технический персонал, имеющий квалификационную группу по технике безопасности не ниже III и изучивший руководство по эксплуатации обслуживаемой радиостанции.]

Каждый работник должен уметь пользоваться защитными средствами и предохранительными приспособлениями, быть обученным приемам освобождения людей, попавших под напряжение, уметь применять приемы искусственного дыхания и оказывать первую помощь при несчастных случаях.

Напряжение электроинструмента должно быть не более 220 В в помещениях без повышенной опасности и не выше 36 В в помещениях с повышенной опасностью и вне помещений.

Перед включением радиостанции в сеть следует заземлить оборудование радиостанции. Смену предохранителей производить после отключения радиостанции от сети.

Перед измерением параметров и ремонтом убедиться, что все измерительные приборы исправны и заземлены. Все приборы, которые используются при работе с радиостанцией, должны быть проверены и иметь действующее клеймо. Провода, используемые для соединений, не должны иметь видимых нарушений изоляции.

Запрещается:

- пользоваться неисправными инструментами и приборами;
- замена сгоревших предохранителей на самодельные;
- работа радиостанции при неисправностях в антенно-фидерном тракте;
- находиться при работающей радиостанции вблизи антенн, производить их настройку, обслуживание и ремонт.]

Напряженность электромагнитного поля в любой точке на расстоянии 0,25 м от внешней поверхности радиостанции не должна быть более 5 В/м по электрической составляющей и 5 А/м по магнитной составляющей.

При изготовлении и прокладке кабелей необходимо учитывать следующие:

- сечение проводов кабеля для подвода основной сети переменного тока напряжением 220 В должно быть не менее 0,5 мм², а в резервной сети напряжением 24 В сечение проводов должно быть не менее 2,0 мм²; - сечение проводов для шин заземления должно быть не менее 2,5 мм²;

- монтаж каждой из цепей, соединяющих радиостанцию с пультами ПУС, следует выполнять экранируемыми проводами сечением не менее 0,35 мм², заземление экраниров необходимо производить с одного конца линии связи.

Волноводный провод во время монтажа и в процессе ремонта заземляют двумя заземляющими штангами. Их устанавливают по обе стороны от места работы на расстоянии 100 м друг от друга. Заземления защищают обслуживающий персонал от наведенного на волноводном проводе напряжения.

Электромеханики, монтеры и электрослесари и другие лица, обслуживающие и пользующиеся устройствами радиосвязи при работе на электрифицированных участках, должны выполнять Правила техники безопасности и производственной санитарии при эксплуатации и ремонте контактной сети и электроподвижного состава.]

СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

8.1. Назначение систем спутниковой связи

Системы спутниковой связи (ССС) по существу развивают идею радиорелейных линий с тем отличием, что промежуточная станция — ретранслятор размещается на искусственном спутнике Земли (ИСЗ).

Если ИСЗ движется по достаточно высокой орбите, то движение сохраняется длительное время без затрат энергии. Электроснабжение бортового ретранслятора осуществляется от солнечных батарей. С высоколетящего ИСЗ имеется прямая видимость с большей частью земной поверхности, примерно с 1/3, так что трех ИСЗ достаточно для создания почти глобальной ССС.

В мире существует множество различных международных, региональных и национальных ССС, построенных по разным принципам и использующих разные варианты расположения спутников на орбите. Существует также множество различных национальных систем, обеспечивающих страны возможностью осуществлять обмен информацией со всем миром.

Несколько иная ситуация наблюдается в России. Огромные размеры территории, наличие большого количества труднодоступных и малоосвоенных регионов, слабая инфраструктура и недостаточные экономические возможности страны не позволили пока создать единую национальную ССС, которая дала бы возможность из любой точки России вести обмен информацией со всем миром. Поэтому сегодня актуальна задача разработки и создания такой национальной системы спутниковой связи, которая решала бы проблему обеспечения глобальности связи при допустимых затратах.

Рассмотрим ряд основных определений, используемых в описании ССС.

Космическая связь — радиосвязь, при которой используются космические станции, расположенные на ИСЗ и других космических объектах.

Космическая станция КС — станция, расположенная на объекте, находящемся за пределами основной части атмосферы.

Земная станция ЗС — станция радиосвязи, расположенная на земной поверхности и предназначенная для связи с КС или с другими ЗС через КС. В отличие от них станции наземных систем радиосвязи называются *наземными станциями*.

Спутниковая связь — связь между ЗС через КС.

Спутниковое вещание — частный случай спутниковой связи, отличающийся односторонней передачей радиовещательных программ (телевизионных или звуковых) от передающей ЗС к сети приемных ЗС через КС.

Сигнал (транспондер) ЗС, КС — приемопередающий тракт, в котором радиосигналы проходят через общие усилительные элементы системы в выделенной для ствола полосе частот. Число стволов на ИСЗ составляет 6—10, достигая на наиболее мощных 25—50. В зависимости от типа ЗС и назначения ССС возможны фиксированная ФСС, подвижная ПСС, радиовещательная РСС, спутниковые службы.

Зона покрытия — часть поверхности земного шара, в пределах которой создается необходимый для приема на ЗС уровень сигнала, излучаемого ИСЗ, а также обеспечивается необходимый уровень сигнала от ЗС на входе приемника ИСЗ.

Зона обслуживания — часть поверхности земного шара, на которой могут располагаться ЗС данной системы. В отличие от зоны покрытия в пределах зоны обслуживания не только обеспечивается необходимый уровень сигнала на линиях ИСЗ-ЗС и ЗС-ИСЗ, но и соблюдаются необходимые защитные соотношения по отношению к мешающим сигналам других систем (зона обслуживания никогда не выходит за пределы зоны покрытия).

Многостанционный доступ (МД) является принципиальной особенностью ССС и представляет метод передачи, при котором сигналы от нескольких ЗС принимаются и ретранслируются общим приемопередающим стволом бортового ретранслятора. Применяется потому, что обычно невозможно и нецелесообразно разместить на ИСЗ столько ствол-ретрансляторов, чтобы сигнал каждой ЗС усиливался отдельным стволом.

Принципиальной особенностью прохождения сигналов по линиям ССС является запаздывание сигнала на 300 мс из-за большой длины трассы распространения ЗС-КС-ЗС (до 80 000 км). Для каналов вещания или передачи изображений газетных полос это не имеет значения, но для каналов ТЧ задержка затрудняет контакт между абонентами; кроме

того, запаздывание делает более заметными на слух эхосигналы, возникающие во всех линиях связи из-за неидеального согласования с нагрузкой. В связи с этим возможно применение *эхоаградителей* (во время поступления речевого сигнала одного абонента запирается обратный канал, препятствуя возвращению эхосигнала). Но при этом затрудняется разговор (нельзя перебить собеседника), поэтому разрабатываются *эхокомпенсаторы*, использующие специальную обработку сигнала.

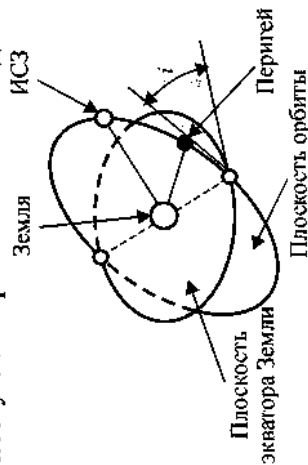


Рис. 8.1. Плоскости орбит спутника между этими плоскостями (рис. 8.1). Различают экваториальные $i = 0$, полярные $i = 90^\circ$, наклонные $0 < i < 90^\circ$ орбиты. *Подсудитниковая точка* — точка пересечения с поверхностью Земли радиуса-вектора, проведенного в данную точку орбиты из центра Земли (точка *C* на рис. 8.2). Долгота подсудитниковой точки при размещении ИСЗ в апогее называется долготой апогея и характеризует сдвиг большой оси орбиты относительно начального меридиана. Из подсудитниковой точки *C* виден ИСЗ точно в зените, т. е. ось луча антенны ЗС при наведении на ИСЗ должна быть перпендикулярна поверхности Земли. В любой другой точке *N* земной поверхности положение луча антенны ЗС характеризуется азимутом *A* и углом места ν .

Азимут — угол между направлением на север и проекцией направлением на ИСЗ на касательную плоскость. *Угол места* — угол между направлением на ИСЗ и проекцией этого направления на касательную плоскость.

Долгота точки *N* — угол λ_N между плоскостью Гринвичского меридиана и плоскостью меридиана, проходящего через *N*. *Широта* точки *N* — угол φ_N между радиусом *ON* и плоскостью экватора. *Период обращения* — время между двумя последовательными прохождениями ИСЗ через одну и ту же точку орбиты.

Синхронные орбиты — орбиты с периодом обращения, кратным времени оборота Земли вокруг своей оси (звездным суткам, 23 ч 56 мин 04 с). *Геостационарная орбита* ГО не только соответствует периоду обращения, равному длительности звездных суток, но является круговой

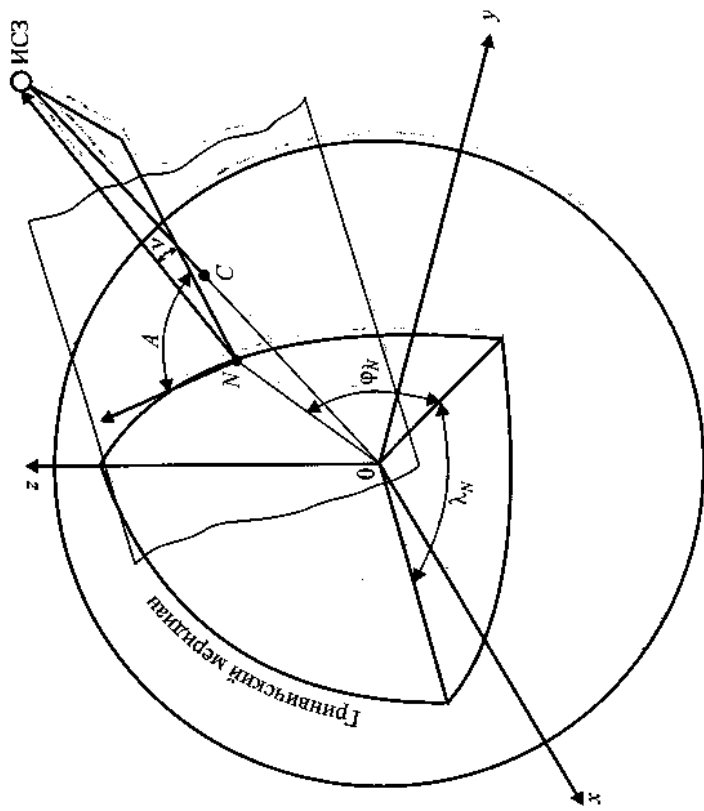


Рис. 8.2. Подсудитниковая точка орбиты

и экваториальной ($i = 0$), ИСЗ движется с запада на восток. Геостационарный ИСЗ неподвижен относительно поверхности Земли; он как бы висит над некоторой точкой поверхности Земли (расположенной на экваторе и имеющей постоянную долготу) на высоте 35 875 км от поверхности Земли, которая соответствует периоду обращения 24 ч.

Эффект Доплера — изменение частоты принимаемого сигнала из-за взаимного перемещения передатчика и приемника. На быстродвижущихся ИСЗ доплеровский сдвиг может достигать большой величины на отдельных участках орбиты. Так, на отдельных участках орбиты ИСЗ «Молния» он составляет 0,002. Доплеровский эффект вызывает нестабильность несущей и изменение разности между несущей и боковыми полосами частот.

Эффекты затенения ИСЗ и «засветки» антенн ЗС. Двигаясь по ГО, ИСЗ может оказаться в тени Земли, что приведет к прекращению рабо-

ты солнечных батарей, прекращению работы ретранслятора (при отсутствии громоздких аккумуляторных батарей) и резкому изменению температурного режима ИСЗ. Расчеты показали, что период проявления затенений около 1,5 месяца (дважды в год); длительность ежедневного непрерывного затенения достигает максимального значения 79 мин в дни равноденствия, снижаясь до нуля к началу и концу указанного выше периода.

8.2. Принципы построения систем спутниковой связи

Системы спутниковой связи используют орбиты с разными типами.

Геостационарные ССС. Как было отмечено выше, геостационарный ИСЗ неподвижен относительно поверхности Земли; он как бы висит над некоторой точкой поверхности Земли (расположенной на экваторе и имеющей постоянную долготу), что определяет следующие преимущества:

- обеспечивается непрерывность связи;
- сеанс связи становится круглосуточным;
- антенны ЗС могут после первоначальной установки оставаться почти или полностью неподвижными, что значительно упрощает их конструкцию.

Эти преимущества сделали геостационарную орбиту привлекательной и настолько «густонаселенной», что размещение новых ИСЗ оказывается практически невозможным из-за взаимных помех. В настоящее время на ГО размещены более трехсот ИСЗ разных стран при максимально возможном их числе около 360. Кроме того, не все точки стояния на ГО удобны для размещения спутников. Поэтому наращивание емкости за счет увеличения числа ИСЗ не перспективно.

ССС на эллиптических орбитах. При движении по эллиптической орбите ИСЗ «зависает» над выбранной зоной на длительное время. Так, спутник «Молния» с периодом обращения 12 ч, находясь в зоне апотея на протяжении 8 часов имеет угол склонения над Европой более 50°, а спутник «Тундра» с периодом обращения 24 ч и более вытянутой орбитой — на протяжении 12 ч.

В таких условиях снижаются замирания от затенений антенн мобильных станций, присущие геостационарным системам при малых углах склонения, и не требуются сложные и дорогие самонаводящиеся системы для высококачественной передачи речи. Достаточно иметь фиксированную, направленную в зенит антенну, которая к тому же менее восприимчива к

помехам от наземных систем. Достоинством 24-часовой орбиты является и то, что ИСЗ, перемещаясь по ней, никогда не входит в тень. В этом случае не нужны аккумуляторные батареи большой емкости.

Реализация технических преимуществ ССС на эллиптических орбитах связана с большими затратами, поскольку для обеспечения круглосуточного функционирования недостаточно одного ИСЗ и кроме того, возникает необходимость переключения трафика с одного ИСЗ на другой.

Недостатком является то, что для перекрытия определенной территории в течение активного периода ретрансляции угол луча антенны должен меняться. Существенным является и доплеровское смещение. Оно достигает 10 кГц в фидерной линии и 14 кГц в линии связи с мобильной станцией, что приводит к необходимости системы слежения за ИСЗ на ЗС.

Применение высокоэллиптической орбиты с углом наклона 63,4° и периодом обращения около 12 ч (спутник «Молния») предоставляет обслуживание территории России, включая приполярные районы, с обеспечением длительности сеансов не менее 8 ч, так что для круглосуточной работы достаточно 3 ИСЗ на орбите.

В системе поиска аварийных судов КОСПАС-SARSAT, где требуется контроль над всей поверхностью Мирового океана, используется круговая полярная орбита с высотой 850—1000 км, на которую выводится несколько ИСЗ.

Низкоорбитальные ССС. Реализация таких систем становится возможной по мере совершенствования технологий бортовых электронных комплексов и вычислительных средств, а также технологий создания малогабаритных станций.

Низкоорбитальные ССС строятся с использованием ИСЗ на орбитах с высотой до 1000 км и с периодом обращения 1,5—2 ч.

В них может использоваться одиночная космическая станция или ретрансляторы на множестве ИСЗ, функционирующих как единая коммутационная среда с коммутацией каналов и пакетов. Спутниковые ретрансляторы за несколько часов облетают Землю. Наземные диспетчерские станции обеспечивают общее управление движением ИСЗ, коррекцию орбит и координацию в пространстве, реконфигурацию системы при обнаружении нарушений и пр.

Космическая компонента ССС, в которую входит до 60—70 ИСЗ, эквидистантно размещенных по восходящим углам орбит, способна перекрыть всю поверхность Земли. При 20 ИСЗ время ожидания радиовиди-

мости достигает 25—30 мин. Время пролета ИСЗ над абонентской станцией может составлять 15—20 мин.

Если высота орбиты 900 км, угол ее склонения 74° и зона радиовидимости абонентской станции спутников над местным горизонтом порядка 7° , то радиус зоны обслуживания (радиовидимости от спутника) превышает 2500 км.

Достоинствами низкоорбитальных ССС по сравнению с ССС на ГО являются: глобальный характер обслуживания, более чем в 10 раз меньшие мощности (из-за этого более простые антенные и поративные дешевые примопередающие абонентские устройства), возможность предоставления пользователю значительно больших ресурсов для передачи длинных сообщений при относительно невысокой стоимости системы в целом.

Задержка сигнала на спутниковом участке линии связи определяется физическими причинами и не может быть устранена в ССС на ГО. И в этом случае более перспективны низкоорбитальные ССС, в которых задержка сигнала пропорциональна высоте орбиты, а его ослабление — квадрату высоты. Возможно, например, использование низких круговых орбит в плоскости экватора с периодом обращения ИСЗ 24 часа благодаря постоянно работающему двигателю. Упрощается и выведение ИСЗ на такую орбиту. Из-за уменьшения задержки становится достижимой допустимая для цифровых систем интегрального обслуживания ЦСИО вероятность ошибки на бит τ не более 10^{-7} .

8.3. Принципы построения систем спутниковой связи железнодорожного транспорта

В различных вариантах построения систем спутниковой связи федерального железнодорожного транспорта используется система спутниковой связи «Экспресс», включающая 13 спутников на геостационарной орбите с координатами подспутниковых точек $11^\circ, 14^\circ, 155^\circ$ западной долготы и $37,5^\circ, 40^\circ, 53^\circ, 80^\circ, 90^\circ, 96,5^\circ, 99^\circ, 103^\circ, 140^\circ, 145^\circ$ восточной долготы. Зона покрытия системы показана на рис. 8.3.

Вариант организации системы спутниковой связи транспорта (шифр «Сириус»). Основу составляют радиоканалы диапазона 4/6 ГГц, образующие ЗС через КА «Экспресс» на ГО. Предусмотрена аренда частотного ресурса ствола или части ствола КА в точке стояния на ГО, с которой обеспечивается максимальная видимость территории обслуживания железнодорожного транспорта: $80^\circ, 90^\circ, 96,5^\circ$ восточной долготы (см.

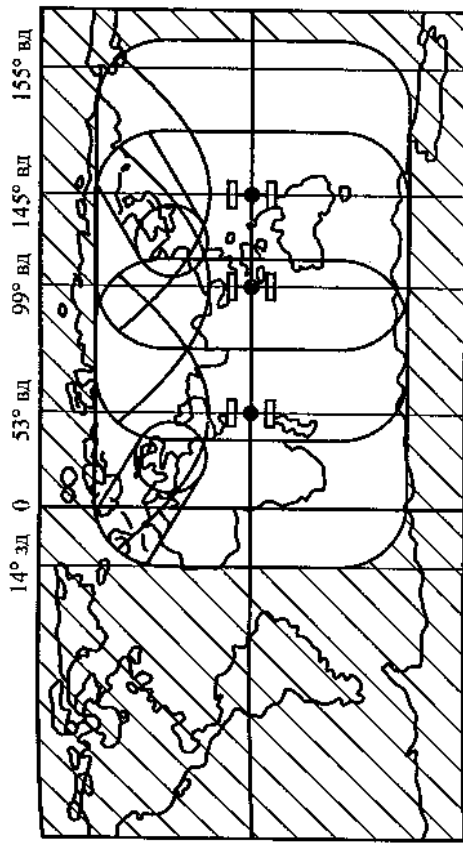


Рис. 8.3. Зона покрытия системы «Экспресс»

рис. 8.3). Для целей многоканальной телефонии выделяются три ствола ретранслятора КА по результатам анализа реальной загрузки стволов в указанных точках стояния. Для обеспечения связи ЗС между собой может быть организована ретрансляция сигналов через стволы разных КА.

При организации ССС «Сириус» приняты следующие меры повышения ее эффективности:

- объединение одиночных каналов передачи различных видов сообщений в общий пучок («групповой поток»), формируемый на центральном ЦУСС или дорожном ДУСС узле ССС;
 - организация групповых потоков различной емкости;
 - одновременное использование закрепленных и незакрепленных по частоте и во временных позициях одиночных и групповых потоков;
 - применение однонаправленных и многонаправленных симплексных групповых потоков в различных сочетаниях для организации дуплексных каналов связи;
 - осуществление режима незакрепленных каналов внутри общего неподоступного группового потока;
 - использование для уплотнения статистики пауз речевого сигнала.
- Связь в ССС «Сириус» организуется по иерархическому радиально-узловому принципу, а также по принципу «каждый с каждым» на уровне всех станций в системе. При этом используются мультиплексированные потоки трех типов:

– высокоскоростные 2,048 /4,096 Мбит/с от ЦУСС на ДУСС;
– среднескоростные 256 кбит/с от ДУСС к ЦУСС, от ДУСС к ЦУСС и между ДУСС;

– низкоскоростные 16 кбит/с от отделенческого узла спутниковой связи ОУСС к ДУСС и между станциями сети в режиме «каждый с каждым».

Управление в ССС осуществляется автоматизированной системой управления АСУСС и строится по иерархическому принципу с тремя уровнями.

– управление в радиальной сети и системой в целом, осуществляемое центральным комплексом управления (ЦКУ) на ДУСС;

– управление в узловых сетях, осуществляемое унифицируемыми комплексами управления (УКУ) на ДУСС;

– управление работой аппаратуры ЗС.

Аппаратно-программные средства АСУСС размещаются на каждом узле ССС.

ЦКУ осуществляет взаимодействие с Центральной станцией связи МПС, государственной сетью связи и организует работу системы до уровня узловых и, при необходимости, оконечных станций.

УКУ осуществляет взаимодействие с центром управления связью и информационными центрами Управлений железных дорог и организует (планирует) работу спутниковой узловой сети, согласуя ее с планом ЦУСС.

Вариант организации системы спутниковой связи (шифр «Трасса»). Организация системы спутниковой связи «Трасса» предполагает создание 12 земных станций, расположенных в Москве, Калининграде, Красноярске, Иркутске, Новосибирске, Чите, Хабаровске, Южно-Сахалинске, Вихоревке, Абакане, Ачинске, Махачкале. При этом организуются прямые закрепленные цифровые каналы связи между ОАО «РЖД», управлениями Калининградской, Красноярской, Восточно-Сибирской, Западно-Сибирской, Забайкальской, Дальневосточной и Южно-Сахалинской железных дорог и Махачкалинским отделением Северо-Кавказской железной дороги.

На первом этапе обеспечивается работоспособность 7 земных станций: в Москве, Калининграде, Красноярске, Иркутске, Вихоревке, Абакане и Ачинске, укомплектованных радиочастотным оборудованием фирмы «EF-DATA» и модемно-мультиплексорным оборудованием фирмы «ALCATEL», и 3 земных станций: в Москве, Южно-Сахалинске и

Махачкале, укомплектованных радиочастотным оборудованием и программным обеспечением, разработанным для отечественных станций «Полос-ЦСС».

На втором этапе обеспечивается работоспособность в объеме технических требований настоящего ТЗ еще 3 земных станций: в Новосибирске, Чите и Хабаровске. Связь между ОАО «РЖД» и Управлениями железных дорог, а также Управлений с отделениями организуется по закрепленным направлениям с групповыми потоками передачи информации от 64 до 128 кбит/с.

На объектах сети спутниковой связи устанавливаются станции «Полос-ЦСС-5С».

Программное обеспечение управления сетью станций должно обеспечить контроль и управление ЗС сети: в городах Новосибирске, Чите, Хабаровске, Южно-Сахалинске и Махачкале, дорожными узлами спутниковой связи (ДУСС) и абонентскими станциями (АС). Работа программного обеспечения должна обеспечивать режим мониторинга (диагноза) с любой управляемой станцией. Предусмотрена система управления сетью спутниковой связи. Система управления сетью на ЗС типа «Алиса» осуществляет контроль за состоянием станций сети.

Система управления станций типа «Полос-ЦСС» обеспечивает контроль за состоянием ЗС по направлениям связи и управление режимами работы АС и ДУСС сети, контроль их технического состояния. АСУ для ДУСС обеспечивает:

– контроль состояния 9 магистральных направлений связи и управление их оборудованием в объеме АС;

– контроль технического состояния оборудования автономных станций;

– программирование модемов АС;

– запрос аппаратных журналов АС.

АСУ для АС обеспечивает: автоматическое наведение антенн на ИСЗ; контроль качества связи в одном направлении; управление аппаратурой станции и контроль ее работоспособности; автоматическое ведение аппаратного журнала аварий оборудования и действий оператора; обмен текстовой служебной информацией между операторами.

Система управления сетью доступа обеспечивает управление и переконфигурацию любых каналов и интерфейсов, сбор статистики, оп-ределение, оповещение и локализацию неисправностей, а также выполнение режимов резервирования централизованно с Центрального

узла управления, выполненного на отдельном компьютере класса «рабочая станция» и расположенного на центральном узле сети. Каждое Управление дороги имеет возможность контроля и частичного управления своим сегментом сети доступа с терминала, установленного в здании Управления дороги. Канал управления организуется на скорости 9600 бит/с (с возможностью повышения до 64 кбит/с) с динамическим переключением и имеет наивысший приоритет перед любыми другими каналами.

Система управления поддерживает систему стандартов SNMP и TMN и обеспечивает управление различными видами трафика с выделением сетевых ресурсов на основе спроса и предложения.

8.4. Спутниковые системы мобильной связи

По регламенту радиосвязи спутниковую связь подразделяют на: фиксированную службу связи (ФСС), подвижную (ПСС) и радиовещательную (РСС).

Рассмотренная выше фиксированная служба связи предназначена для организации связи между стационарными пользователями. Подвижная спутниковая служба первоначально планировалась для связи транспортных средств. В настоящее время идет переориентация ПСС на обеспечение услуг персональной связи.

Радиовещательная спутниковая служба предназначена для передачи телевизионных и радиовещательных программ. Для ПСС характерна и новая услуга — определение местоположения подвижных абонентов, — необходимая для сопровождения транспортных перевозок.

Рассмотрим систему спутниковой связи на примере системы VSAT, установленной в Ленинградской области.

VSAT является полностью спутниковой системой связи, которая содержит терминалы, которые могут быть стационарными или транспортными, обслуживаемыми и необслуживаемыми; станцию управления доступом (ACS — Access Control Station), выполняющую функции управления и координации; космический сегмент, организованный на базе спутника LМI в KU диапазоне.

С точки зрения сигнализации, VSAT представляет собой звездообразную сеть с ACS в центре звезды. С точки зрения передаваемого трафика, VSAT является полносвязной сетью. Кроме того, группу терминалов можно организовать в виде звездообразной сети, где потоки трафика переносятся между малыми терминалами и большим термини-

налом, располагающимся в центре звезды. Полная схема сети приведена на рис. 8.4.

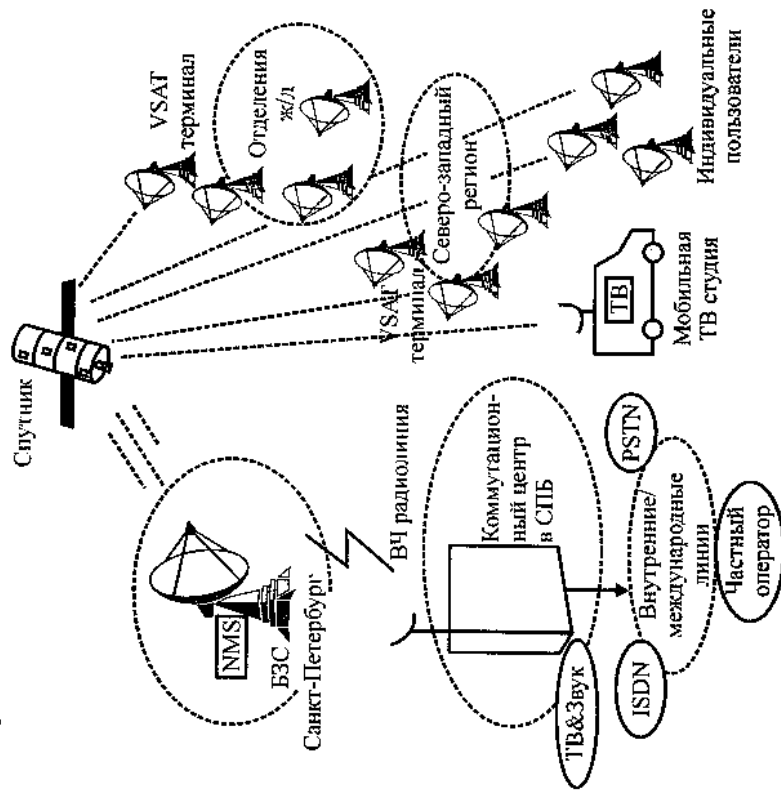


Рис. 8.4. Спутниковая сеть

Центральная станция оборудована антенной диаметром 6,7 м (рис. 8.5), радиочастотным и каналообразующим оборудованием фирмы «NERA» и располагается в Ленинградской области. Обеспечивает передачу информации в 20 направлениях связи со скоростью от 64 до 2048 кбит/с в каждом направлении в режиме DAMA или РАМА, а также передачу и прием телевизионной информации в формате MPEG-2 со скоростью от 1,5 до 10 Мбит/с.

Узловые (региональные) станции оборудуются антеннами диаметром 3,7 м (рис. 8.6), радиочастотным и каналообразующим оборудованием фирмы «NERA» и обеспечивают передачу информации

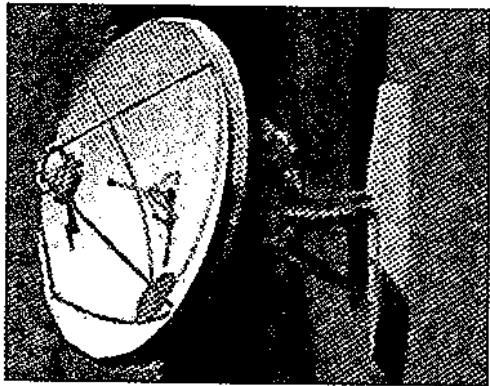


Рис. 8.5. Антенна центральной станции

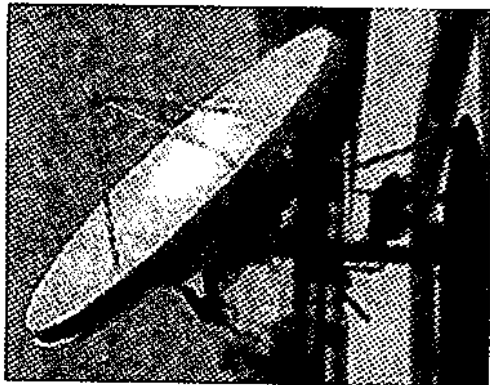


Рис. 8.6. Антенна узловой станции ССС

в 4 направлениях связи со скоростью от 64 до 2048 кбит/с в каждом направлении в режиме DAMA или РАМА, а также передачу и прием телевизионной информации в формате MPEG-2 со скоростью от 1,5 до 8 Мбит/с. Места расположения узловых станций: Москва, Калининград, Мурманск, Астрахань, Ярославль, Нижний Новгород, Новороссийск, Воронеж, Ростов-на-Дону, Саратов, Самара, Екатеринбург, Челябинск, Красноярск, Иркутск, Чита, Владивосток, Хабаровск, Южно-Сахалинск, Новосибирск.

Абонентские станции системы оборудованы антеннами диаметром 2,4 м (при необходимости — 3,7 м), будут установлены в районах крупных железнодорожных узлов.

Узловая станция спутниковой связи VSAT-NL состоит из радиочастотной, трафиковой подсистем и антенной системы. Структурная схема трафиковой подсистемы узловой станции связи приведена на рис. 8.7.

Радиочастотная подсистема состоит из повышающего конвертора, усилителя мощности, малощумящего усилителя и конвертора. Структурная схема радиочастотной подсистемы приведена на рис. 8.8. Радиочастотная подсистема представляет собой типичную ВЧ подсистему КИ-диапазона, которая передает и принимает диапазоны частот, установленные распределениями полосы для VSAT системы. Антенное

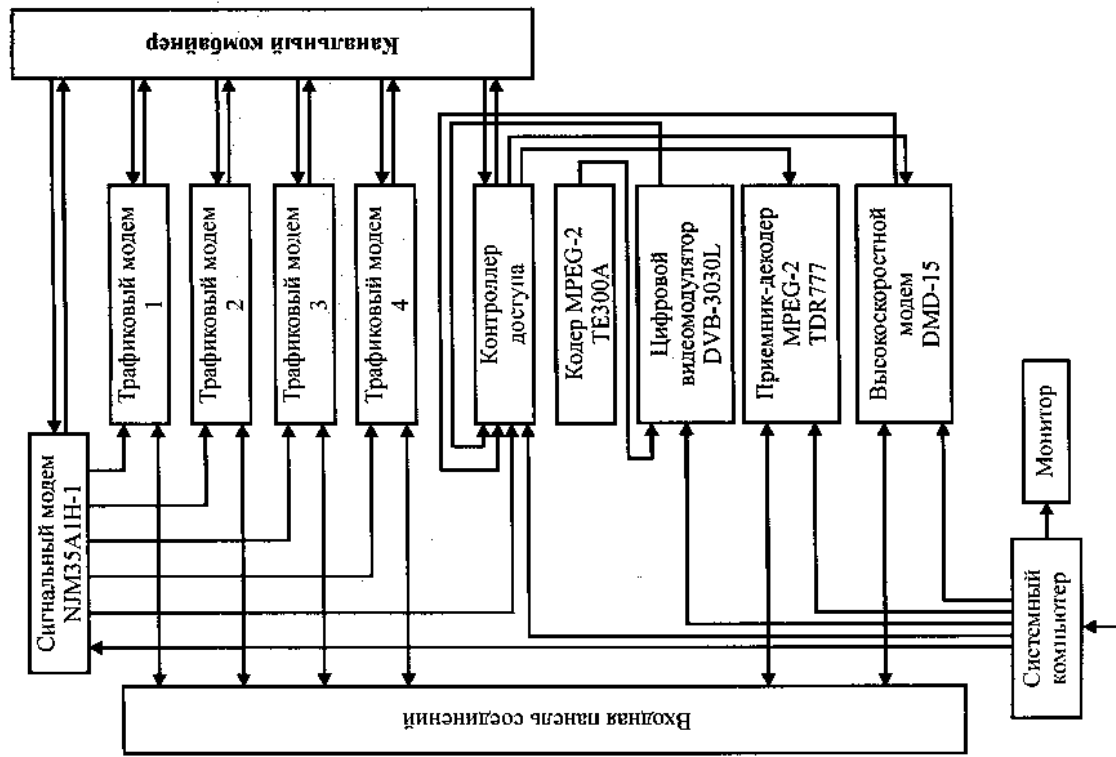


Рис. 8.7. Структурная схема трафиковой подсистемы

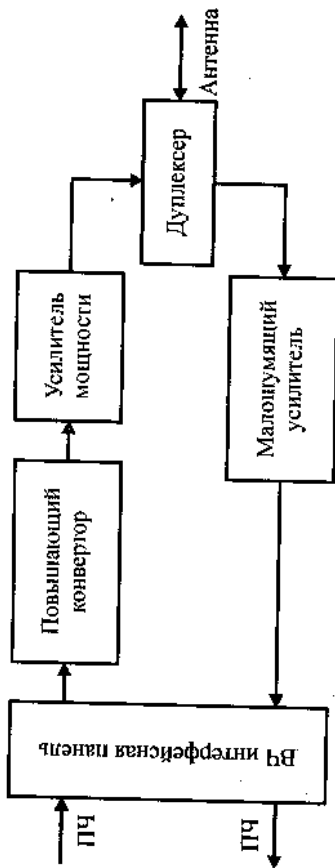


Рис. 8.8. Структурная схема радиочастотной подсистемы

разветвляющее устройство, которое объединяет передаваемый и принимаемый сигналы в антенне, установлено на антенне.

Повышающий конвертор повышает диапазон ПЧ 950...1450 МГц до С- или Ku-диапазона для передачи. Структурная схема повышающего конвертора приведена на рис. 8.9. Усилитель мощности вместе с антенной станции определяют мощность, которую станция может передать к спутнику, выраженную как эффективная изотропная мощность излучения (ЭИМИ). Емкость связи определяет минимум ЭИМИ в канале, который является необходимым для надежной связи. Чем больше количество каналов, которые станция может одновременно передать, тем большая мощность необходима, чтобы обеспечить минимум ЭИМИ в канале. Следовательно, Центральная станция, которая может передать

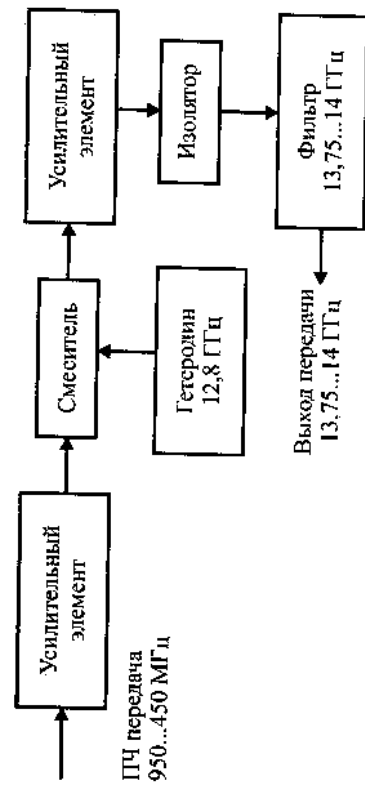


Рис. 8.9. Структурная схема повышающего конвертера

много каналов, имеет самую большую антенну; региональные станции, которые могут передать несколько каналов, имеют меньшую антенну; а абонентские пункты, которые передают только один канал каждый, имеют самую маленькую антенну.

Маломощный усилитель и конвертор понижают диапазон частот С- или Ku-диапазона до диапазона промежуточных частот 950...1450 МГц. В качестве гетеродина в конверторе применяется кварцевый генератор с фазовой автоподстройкой частоты.

Модемная подсистема трафиковой подсистемы узловой станции связи состоит из сигнального и четырех трафиковых модемов и контроллера доступа. Сигнальный модем отвечает за внутреннюю сигнализацию сети. Он передает на центральную станцию пакеты с запросами на вызовы станции VSAT и «слушает» TDM/TDMA QPSK модулированный канал, по которому передается ответ с центральной станции. Передача осуществляется по общему каналу сигнализации, т. е. по каналу TDMA. Скорость передачи этого канала 45,51 кбит/с (прямое исправление ошибок не применяется), используется модуляция BPSK.

Сообщения радиовещательного канала (передаваемые только станцией управления доступом) принимаются по каналу TDM со скоростью 68,27 кбит/с с уровнем исправления 3/4. Канал использует схему кодирования речи согласно протоколу V.35 MC3.

Процессор DAMA распознает сигналы, предназначенные для этой станции VSAT, и соответственно запускает нужный модем. Этот модем также осуществляет автоматическую подстройку частоты. Один модем M35 может управлять семью многоскоростными модемами трафика M36.

Структурная схема сигнала модема M35 приведена на рис. 8.10. Контрольный процессор состоит из мультиплексора/демультиплексора,

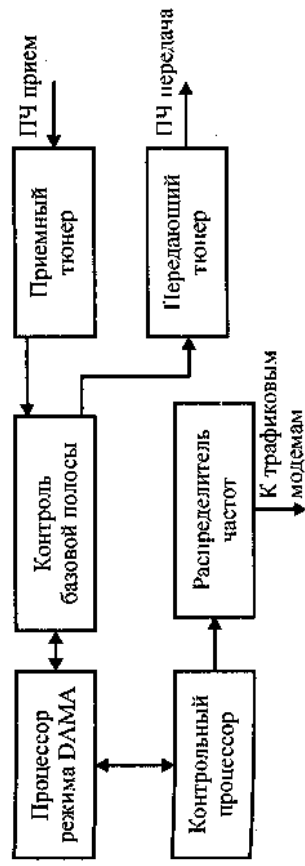


Рис. 8.10. Структурная схема сигнала модема

адаптера интерфейса и устройства контроля станции. Процессор DAMA передает до ЦС вызов по требованию, принимает от ЦС свободное распределение каналов и осуществляет связь между блоками. В блоке контроля базовой полосы осуществляется исправление ошибок кодирования/декодирование и скремблирование/дескремблирование.

Трафиковый модем M36 является основой инфраструктуры каналов связи сети VSAT. Он контролируется сигнальным модемом M35. При каждом сеансе связи можно реализовать следующие скорости соединения $N \times 64$ кбит/с, где $N = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30$. Модем может передавать и принимать симплексные, дуплексные, асимметричные и симметричные каналы. Это значит, что он может быть использован для реализации мультитиплексных соединений «точка — несколько точек». Модем осуществляет связь в режиме один канал на несущую, таким образом он занимает две частоты спутникового транспондера: одну для передачи, вторую для приема. Ширина полосы передачи 500 МГц, приема 800 МГц (вся ширина частотной полосы спутника LM-1).

Сетевой терминал трафикового модема содержит адаптер интерфейса и мультитиплексор/демультитиплексор. Сигнальный процессор производит исправление ошибок и операции скремблирования/дескремблирования. В приемном и передающем тнерах происходит демодуляция/модуляция сигналов и выбор канала.

Контроллер доступа K46 используется в высокоскоростных подсистемах трафика для объединения и разделения сигналов различных источников.

Широкополосная модемная подсистема трафиковой подсистемы состоит из кодера/декодера MPEG-2, цифрового видеомодулятора и высокоскоростного модема.

Кодер MPEG-2 TE-300A предназначен для компрессии входного аналогового телевизионного сигнала. Модуль поддерживает сжатые телевизионные пакеты от 1 до 15 Мбит/с и сжатые аудиопакеты от 32 до 348 кбит/с.

Приемник/декодер телевизионного сигнала формата MPEG-2 TDR 777 позволяет получать на своем выходе телевизионный сигнал в стандарте NTSC или PAL и аудиосигнал в аналоговой форме. Приемник/декодер позволяет получить видеозображение профессионального качества и четырехканальный звук. Возможно применять переменные скорости компрессированного видео-, аудио- и различные частоты дис-

критизации аудиосигнала. Данный блок предназначен для работы в паре с кодером TE-300A.

Высокоскоростной модем DMD15 предназначен для модуляции/демодуляции данных пользователя со скоростью передачи данных до 8,44 Мбит/с. Входной интерфейс модема поддерживает стандарты V.35 и RS422/449. Возможно применение избыточного кодирования. Структурная схема модема приведена на рис. 8.11.

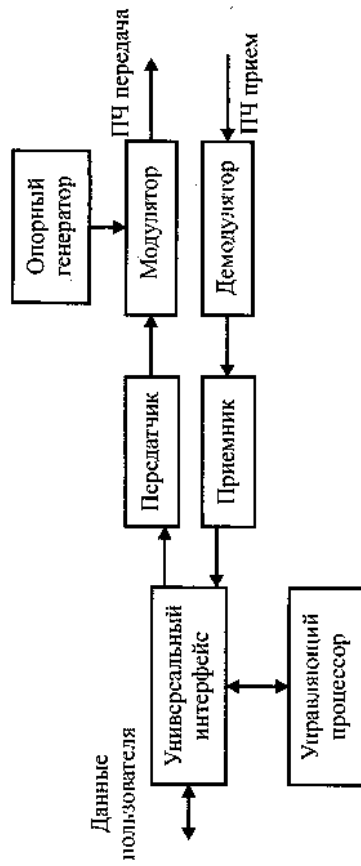


Рис. 8.11. Структурная схема модема

В составе узловой станции применяется двухзеркальная антенна типа Грегори диаметром 3,7 м. Усиление на фланце волновода облучателя на частотах приема 51...52,3 дБ, на частотах передачи 53,1...53,4 дБ. Поляризация линейная, ширина диаграммы по уровню 3 дБ не более 0,42°.

Угломерно-азимутальная опора антенны позволяет производить наведение от горизонта до горизонта в любой точке мира. Антенна оборудована антиобледенительной системой с датчиком дождя/снега.

Рекомендуемая литература

1. *Ваванов Ю. В.* и др. Радиотехнические системы железнодорожного транспорта. — М.: Транспорт, 1991. — 250 с.
2. *Возков А. А.* Радиопередаточные устройства железнодорожного транспорта. — М.: Маршрут, 2002. — 352 с.
3. *Горелов Г. В., Кудряшов В. А., Шмелинский В. В.* и др. Телекоммуникационные технологии на железнодорожном транспорте. Под редакцией Г. В. Горелова. — М.: УМК МПС России, 1999. — 576 с.
4. *Дмитренко И. Е., Дьяков Д. В., Саложников В. В.* Измерения и диагностирование в системах железнодорожной автоматики телемеханики и связи. — М.: Транспорт, 1994. — 263 с.
5. Системы спутниковой связи / Под ред. Л. Е. Кайлора. — М.: Радио и связь, 1992.
6. ГОСТ 12252-86 «Радиостанции с угловой модуляцией суходолупной подвижной службы. Типы, основные параметры, технические требования и методы измерений».
7. Методические указания по расчету системы стационной радиосвязи. — М.: Транспорт, 1991. — 46 с.
8. MOTOROLA GP 300 Portable Radios 146-174 MHz. Service Manual.
9. Правила организации и расчета сетей поездной радиосвязи, ЦШ-4818. — М.: Транспорт, 1991. — 93 с.
10. Правила и нормы по оборудованию магистральных и маневровых локомотивов, электро- и дизель-поездов средствами радиосвязи и помехоподавляющими устройствами, ЦШ-4783. — М.: Транспорт, 1991. — 31 с.
11. Правила эксплуатации поездной радиосвязи, ЦШ-4784. М.: Транспорт 1990. — 24 с.
12. Руководящие указания по организации и расчету ремонтно-оперативной радиосвязи, ЦШ-20/53. — М.: Транспорт, 1991. — 28 с.
13. Комплекс СТОР радиостанции РС-46М, ХЖ2.761.007 РЭ.
14. Комплекс СТОР станции распорядительной СР-234М, ХЖ2.761.004 РЭ.
15. Приемопередатчик УПП-1МВ. Руководство по эксплуатации ХЖ 2.000.133 РЭ.
16. Приемопередатчик УПП-2МВ. Руководство по эксплуатации. ХЖ 2.000.134 РЭ.
17. Радиостанция РС-46М «Транспорт РС-46М». Техническое описание и инструкция по эксплуатации ХЖ 1.100.023 ТО.
18. Радиостанция РС-23М «Транспорт РС-23М». Руководство по эксплуатации, ХЖ 1.100.026-24 РЭ.
19. Радиостанция 11 Р22 В «Транспорт РВ». Техническое описание и инструкция по эксплуатации, ДФЖ 1.100.000 ТО.
20. Радиостанция «Транспорт РВ-1». Техническое описание и инструкция по эксплуатации, ИП 1.100.095 ТО.
21. Радиостанция 55 Р22 В-1.1М «Транспорт РВ-1.1М». Техническое описание, А 174.464424.007 ТО.
22. Радиостанция носимая 1Р32 Н-4.3 «Ради-301». Руководство по эксплуатации, ЦВЯ.46511.020-01 РЭ.
23. Стационарная симплексная радиостанция РС-46МЦ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации, ЦВЯ 464514.001 ТО.
24. Станция распорядительная СР-234М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации, ХЖ 1.100.034 ТО.
25. Блок питания. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ИП 2.087.192 ТО.
26. ЗС-М. Руководство по эксплуатации зарядной станции ЦВЯ.421241.007.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. ОРГАНИЗАЦИЯ СВЯЗИ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	5
1.1. Организация управления на железнодорожном транспорте	5
1.2. Показатели качества радиосвязи	7
1.3. Радиочастоты и радиополучения	10
1.4. Электромагнитная совместимость в сетях подвижной радиосвязи	13
Глава 2. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АППАРАТУРЫ РСПО НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ	27
2.1. Приемопередатчики	27
2.2. Устройства низкочастотной части радиостанций	46
2.3. Системы электропитания радиостанций	60
Глава 3. СТАЦИОННАЯ РАДИОСВЯЗЬ	74
3.1. Сети стационной радиосвязи	74
3.2. Аппаратура стационной радиосвязи	79
Глава 4. ПОЕЗДНАЯ РАДИОСВЯЗЬ	89
4.1. Общие сведения	89
4.2. Линейная поездная радиосвязь	90
4.3. Направляющие линии в текстометровом диапазоне	93
4.4. Антенно-согласующие устройства	108
4.5. Зонная радиосвязь текстометрового диапазона	111
4.6. Аппаратура поездной радиосвязи	112
Глава 5. РЕМОНТНО-ОПЕРАТИВНАЯ РАДИОСВЯЗЬ	158
5.1. Сети ремонтно-оперативной связи	158
5.2. Аппаратура систем РОРС	171
Глава 6. РАДИОПОМЕХИ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ	187
6.1. Классификация источников и рецетторов электромагнитных помех	187
6.2. Нежелательные излучения передатчиков	191
6.3. Индустриальные помехи	194
6.4. Защита от индустриальных помех	199
6.5. Способы защиты радиоприемных устройств от помех	205
Глава 7. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБСЛУЖИВАНИЯ РАДИОАППАРАТУРЫ	212
7.1. Организация обслуживания радиоаппаратуры	212
7.2. Контроль и техническое обслуживание	214
7.3. Диагностика радиоаппаратуры	229
7.4. Оборудование и аппаратура контрольно-ремонтных пунктов	237
7.5. Техника безопасности при ремонте	242
Глава 8. СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ	244
8.1. Назначение систем спутниковой связи	244
8.2. Принципы построения систем спутниковой связи	248
8.3. Принципы построения систем спутниковой связи железнодорожного транспорта	250
8.4. Спутниковые системы мобильной связи	254
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	262

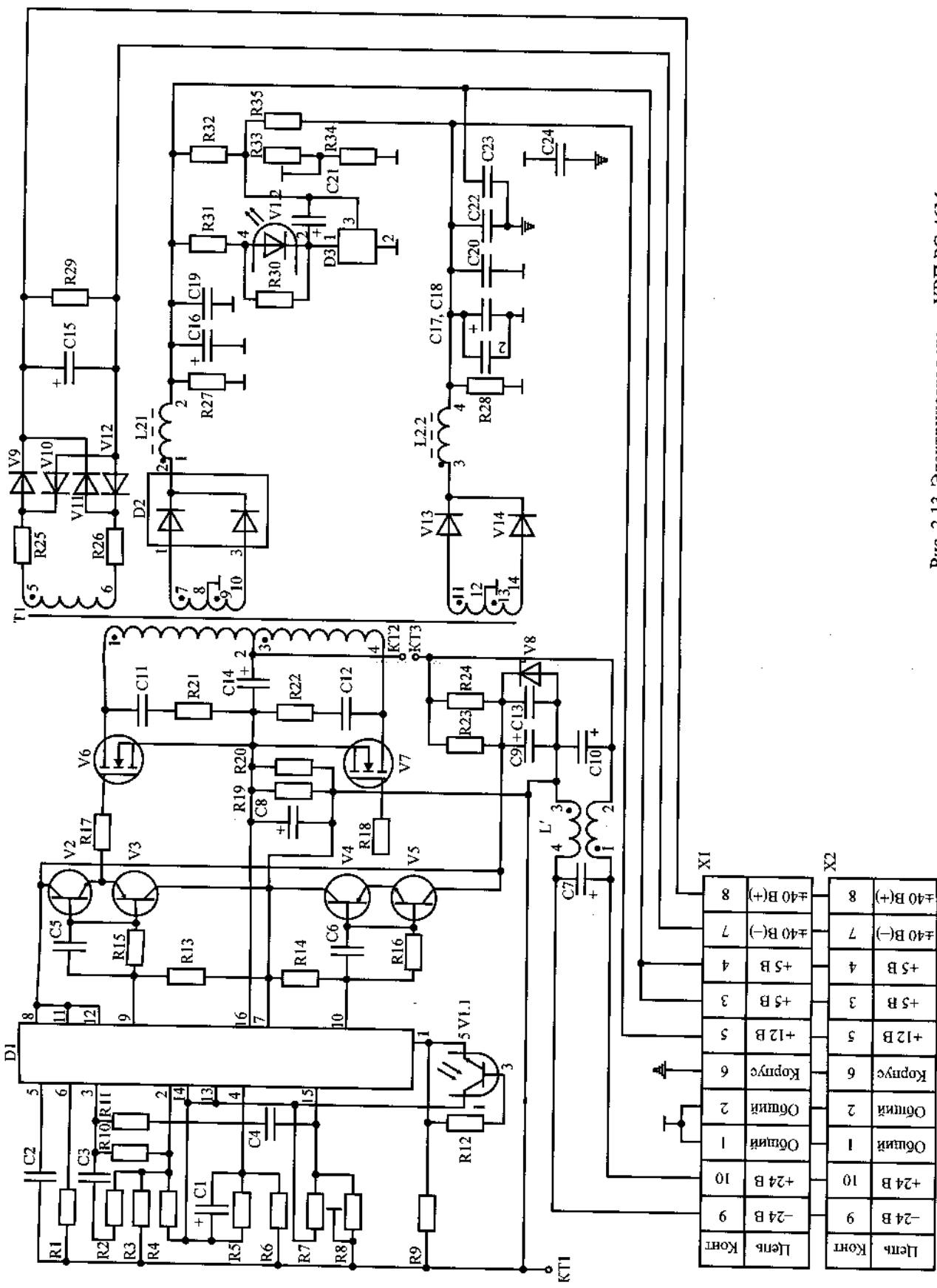


Рис. 2.13. Электрическая схема УВП РС-46М

4. Г.В. Горелов, Ю.И. Таньглин

X1		X2	
8	±40 В(+)	8	±40 В(+)
7	±40 В(-)	7	±40 В(-)
4	+5 В	4	+5 В
3	+5 В	3	+5 В
5	+12 В	5	+12 В
6	Корпус	6	Корпус
2	Опции 1	2	Опции 1
1	Опции 1	1	Опции 1
10	+24 В	10	+24 В
9	-24 В	9	-24 В
Конт	Цепь	Конт	Цепь

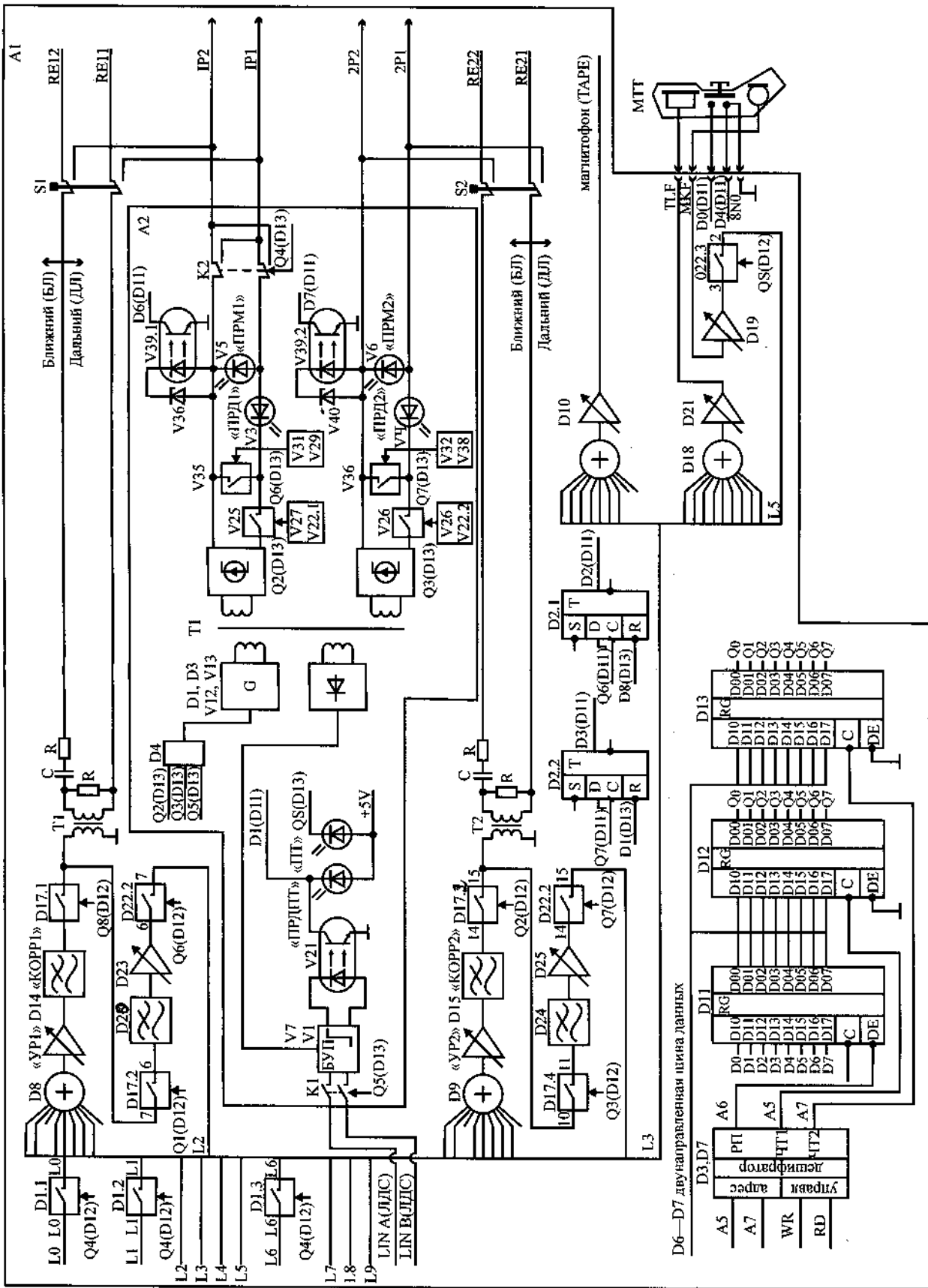


Рис. 2.7. Функциональная схема АПУ РС-46М

3. Г.В. Горелов, Ю.И. Тяныгин

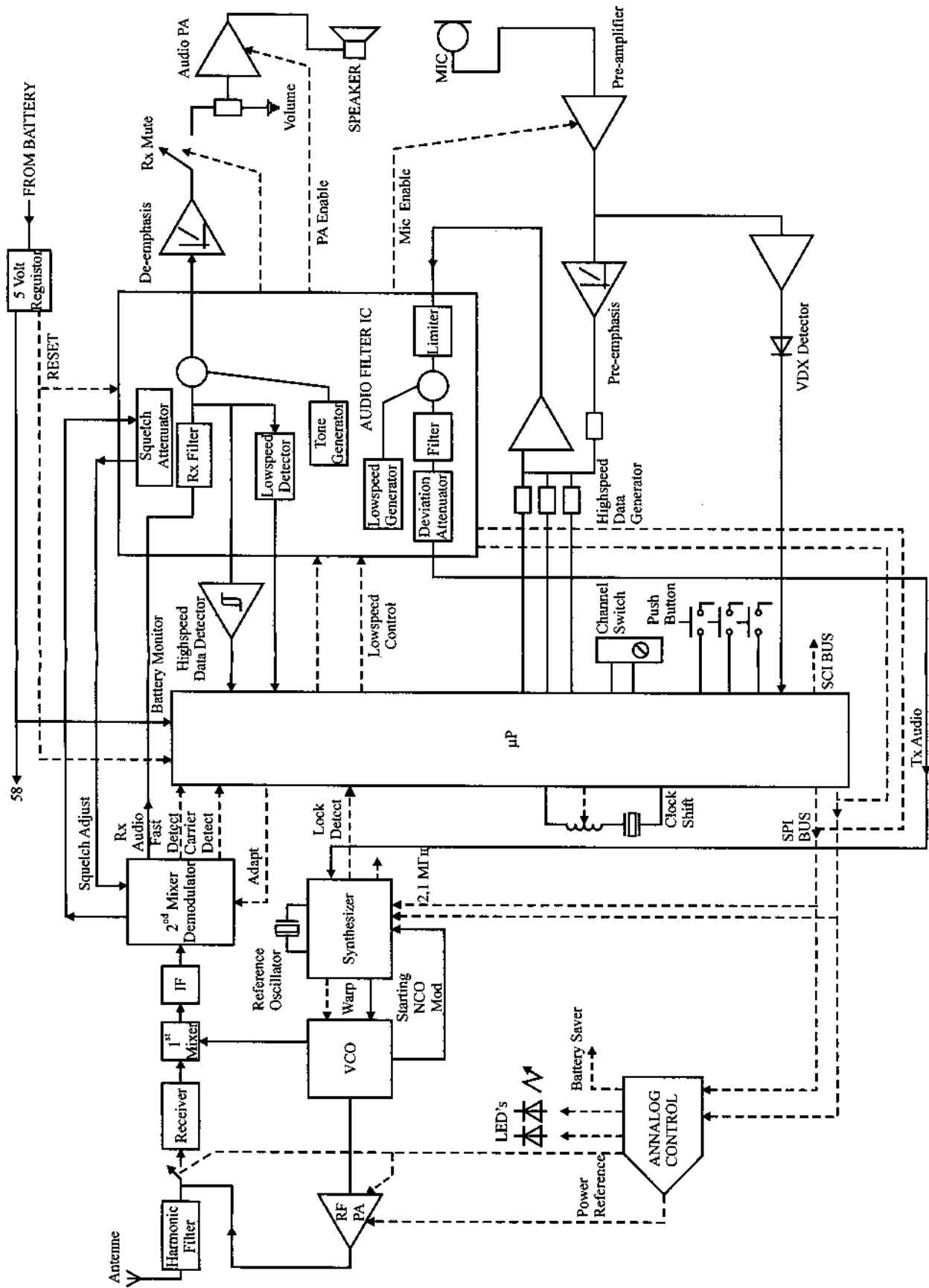


Рис. 5.10. Структурная схема радиостанции «Мотокола»

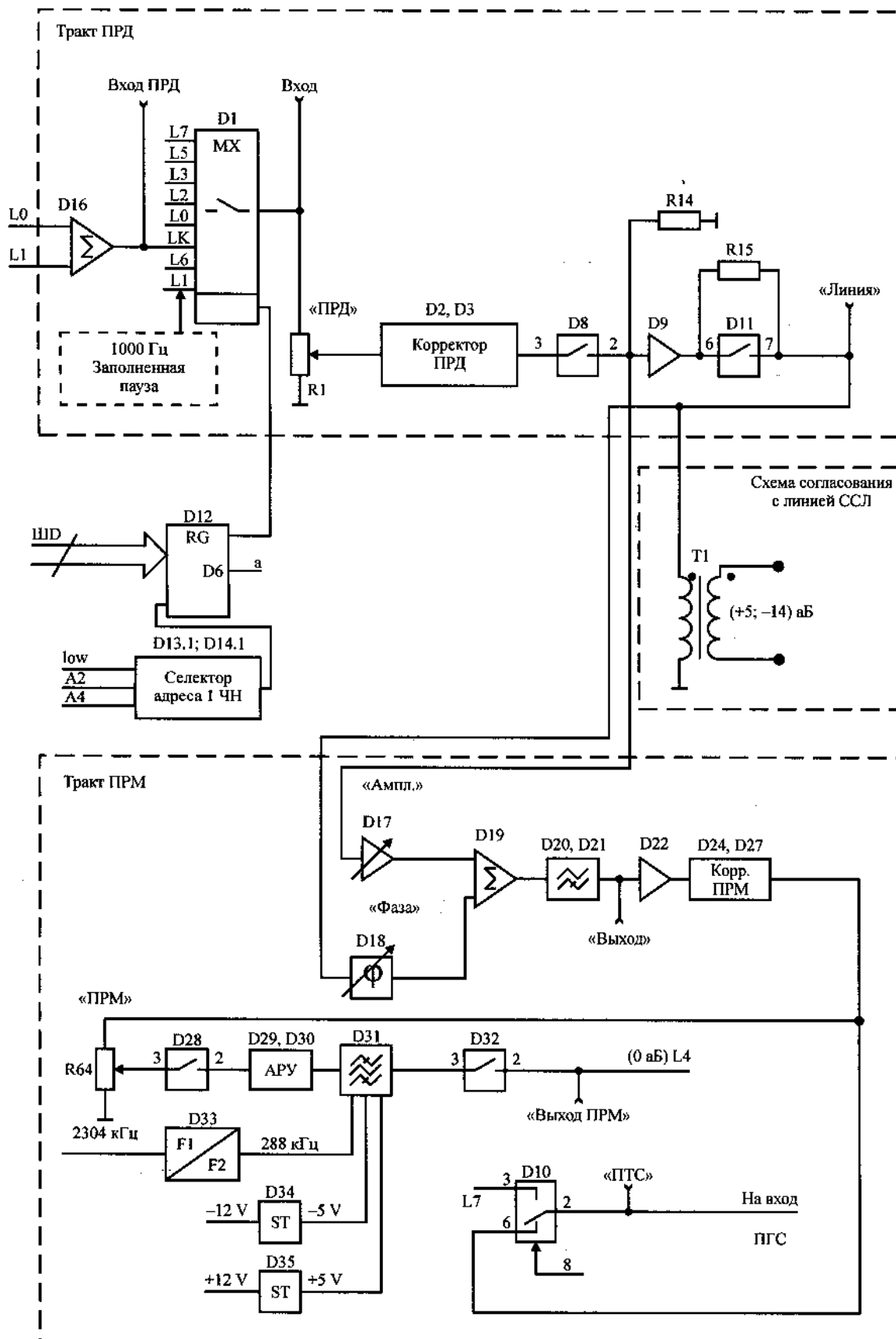


Рис. 2.5. Функциональная схема адаптера АПК-2 радиостанции РС-46М

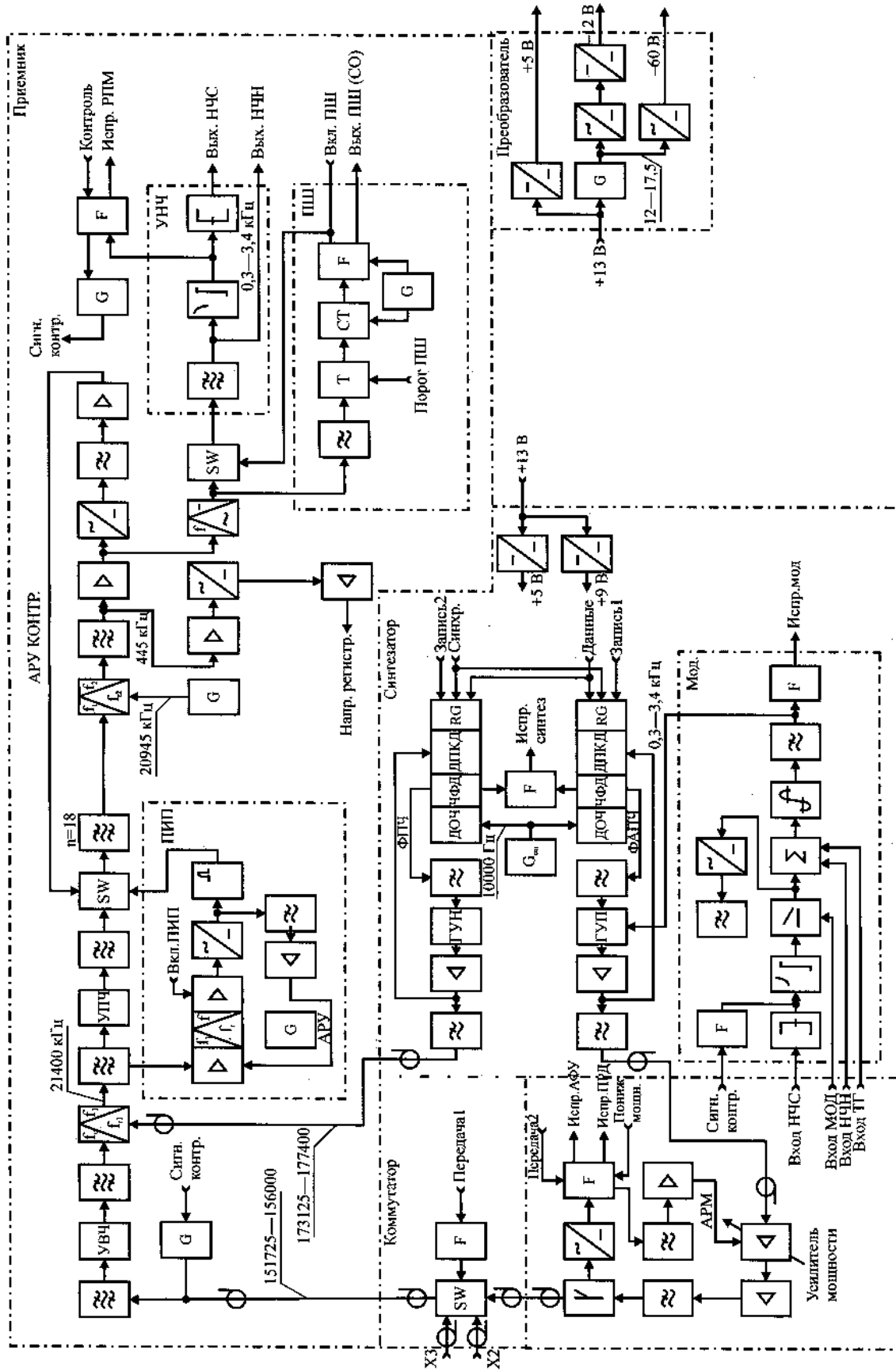


Рис. 2.4. Функциональная схема УПП-2МВ

2. Г.В. Горелов, Ю.И. Тенягин