

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

Военный факультет

Кафедра связи

Л. Л. Утин, В. А. Федоренко, Е. А. Масейчик

ВОЕННЫЕ СИСТЕМЫ РАДИОРЕЛЕЙНОЙ СВЯЗИ

*Рекомендовано УМО по военному образованию в качестве
учебно-методического пособия для курсантов БГУИР, обучающихся
по направлению специальности 1-45 01 01-03 «Инфокоммуникационные
технологии (системы телекоммуникаций специального назначения)»*

Минск БГУИР 2020

УДК [621.396.43+355.01](076)
ББК 32.883я73+68.4я73
У84

Рецензенты:

военная кафедра учреждения образования «Белорусская государственная академия связи» (протокол №5 от 25.01.2019);

заведующий кафедрой защиты информации учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» доктор технических наук, профессор Т. В. Борботько

Утин, Л. Л.

У84 Военные системы радиорелейной связи : учеб.-метод. пособие / Л. Л. Утин, В. А. Федоренко, Е. А. Масейчик. – Минск : БГУИР, 2020. – 160 с. : ил.
ISBN 978-985-543-522-9.

Содержит информацию для изучения основ и принципов организации радиорелейной связи, назначения, состава, технических характеристик, устройства, а также принципов работы аналоговых и цифровых радиорелейных станций полевых узлов связи и их составных частей, необходимую для обеспечения правильной эксплуатации и максимального использования технических возможностей станций.

Предназначено для обучения курсантов, а также студентов, обучающихся по программе подготовки младших специалистов и офицеров запаса, кафедры связи военного факультета учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

**УДК [621.396.43+355.01](076)
ББК 32.883я73+68.4я73**

ISBN 978-985-543-522-9

© Утин Л. Л., Федоренко В. А.,
Масейчик Е. А., 2020
© УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиоэлектроники», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ.....	4
1. ОСНОВЫ РАДИОРЕЛЕЙНОЙ СВЯЗИ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	
О ВОЕННЫХ СИСТЕМАХ РАДИОРЕЛЕЙНОЙ СВЯЗИ.....	9
1.1. Общие принципы организации радиосвязи	9
1.2. Принципы и особенности организации радиорелейных линий связи	14
1.3. Радиорелейная связь как способ передачи информации.....	31
1.4. Организация оперативно-технической службы на РРС. Безопасность связи	45
2. АНАЛОГОВЫЕ РРС, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	55
2.1. Малоканальная радиорелейная станция Р-415	55
2.2. Малоканальная радиорелейная станция Р-419	59
2.3. Малоканальная радиорелейная станция Р-409	64
2.4. Аппаратура уплотнения малоканальных РРС	68
2.5. Общие сведения о радиорелейной станции Р-414	78
3. МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ РАДИОРЕЛЕЙНАЯ СТАНЦИЯ Р-409МБ1.....	96
3.1. Общие сведения о радиорелейной станции Р-409МБ1	96
3.2. Средства связи и телекоммуникационное оборудование РРС Р-409МБ1	103
3.3. Низкочастотное оборудование, средства служебной и радиосвязи РРС Р-409МБ1	119
3.4. Порядок выполнения нормативов по развертыванию/ свертыванию радиорелейных станций	127
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ	137
4.1. Общие положения по порядку проектирования РРЛ. Порядок выбора аппаратуры РРЛ и определение ее параметров.....	137
4.2. Порядок построения трассы РРЛ при использовании карты/ цифровой карты местности	138
4.3. Порядок построения продольного профиля интервала РРЛ.....	140
5. МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ РАДИОРЕЛЕЙНАЯ СТАНЦИЯ Р-414МБ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	143
6. РАДИОРЕЛЕЙНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ КОМПАНИИ <i>SAF</i>	145
6.1. Назначение, состав и технические характеристики оборудования для построения РРЛ компании <i>SAF</i>	145
6.2. Назначение и технические характеристики внешнего радиоблока <i>SAF CFM LM</i>	149
6.3. Назначение и технические характеристики модема <i>SAF MP-MUX</i> ..	153
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	159

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

АЛ	– автоматизированная линия
АМ	– амплитудная модуляция
АМУ	– антенно-мачтовое устройство
АНФ	– автоматическая настройка фильтров
АОН	– автоматическое определение номера
АПД	– аппаратура передачи данных
АРМ	– автоматическое рабочее место
АРУ	– автоматическая регулировка усиления
АСУ	– автоматизированная система управления
АТС	– автоматическая телефонная станция
АУ	– антенный усилитель
АФУ	– антенно-фидерное устройство
БАЛ	– блок абонентских линий
БАЦЛ	– блок аналоговых и цифровых линий
БВС	– блок вызывного сигнала
БГС	– блок громкоговорящей связи
БКР	– блок коммутации режимов
БКУ	– блок контроля и управления
БМК	– блок мобильной коммутации
БПП	– блок приемопередатчиков
БУВ	– блок управления вентиляторами
БУК	– блок управления каналами
БЧР	– блок частотных развязок
ВзПУ	– воздушный пункт управления
ВОК	– волоконно-оптический кабель
ВОЛС	– волоконно-оптические линии связи
ВРК	– временное разделение каналов
ВЧ	– высокочастотный
ГД	– групповой демодулятор
ГИВ	– генератор индукторного вызова
ГСМ	– горюче-смазочные материалы
ГТВ	– генератор тонального вызова
ГУН	– генератор, управляемый напряжением
ДВО	– дополнительные виды обслуживания
ДМЧ	– демодулятор частотный
ДН	– диаграмма направленности
ДП	– дистанционное питание
ДС	– дифференциальные системы
ДУ	– дистанционное управление
ЗАС	– засекречивающая аппаратура связи
ЗГ	– задающий генератор

ЗИП	– запасные части, инструменты и принадлежности
ИД	– индивидуальный демодулятор
ИЗУ	– индикатор запаса уровня
ИКМ	– импульсно-кодовая модуляция
ИКШ	– измеритель коэффициента шума
ИО	– индивидуальное оборудование
ИПМ	– измеритель проходящей мощности
ИУ	– измерение уровня
КА	– комплект абонентский
КВ	– коротковолновый
КИП	– коэффициент использования излучающей поверхности
КНД	– коэффициент направленного действия
КНЧО	– коммутация низкочастотных окончаний
КПД	– коэффициент полезного действия
КС	– комплект станционный
КСА	– комплекс средств автоматизации
КСВ	– коэффициент стоячей волны
КСС	– канал служебной связи
КТЧ	– канал тональной частоты
КУ	– контроль управления
КЧ	– контрольная частота
КЩ	– коммутационный щиток
ЛБВ	– лампа бегущей волны
ЛО	– линейное оборудование
ЛТ	– линейные трансформаторы
ЛУС	– линейный усилитель
ЛЭП	– линия электропередачи
МГА	– малогабаритная антенна
МД	– модуль доступа
МККР	– Международный консультативный комитет по радио
МККТТ	– Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии
МСЭ-Т	– Международный союз электросвязи
МШУ	– маломощный усилитель
НУП	– необслуживаемый усилительный пункт
НЧ	– низкочастотный
ОВЧ	– очень высокочастотный
ОГО	– оборудование громкоговорящей связи
ОКО	– оборудование кросса оптического
ООС	– отрицательная обратная связь
ОП	– оперативная память
ОРРС	– оконечная радиорелейная станция
ОТС	– оперативно-техническая служба
ОУП	– обслуживаемый усилительный пункт

ОУС	– опорный узел связи
ПВУ	– переговорно-вызывное устройство
ПД	– поляризационный дуплексер
ПДУ	– пульт дистанционного управления
ПК	– персональный компьютер
ПЛВ	– постоянный линейный выравниватель
ПЛИС	– программируемая логическая интегральная схема
ПП	– пульт переключения
ППУ	– приемопередающее устройство
ПРРС	– промежуточная радиорелейная станция
ПСС	– пульт служебной связи
ПТВ	– приемник тонального вызова
ПТРТС	– переговорная таблица по радиорелейной и тропосферной связи
ПУ	– питающее устройство
ПФ	– полосовой фильтр
ПЧ	– промежуточная частота
ПЭВМ	– персональная электронная вычислительная машина
РН	– регулятор наклона
РРЛ	– радиорелейная линия
РРРС	– радиорелейная станция
РРУ	– ручная регулировка усиления
РУЭС	– районный узел электрической связи
СВЧ	– сверхвысокая частота
СК	– служебный канал
СКМ	– статив коммутации мобильный
СМД	– синхронный мультиплексор доступа
СН	– стабилизатор напряжения
СПО	– система периметровой охраны
СУВ	– скрытое управление войсками
СЧ	– синтезатор частот
СЧВ	– синтезатор частот возбуждителя
СЧГ	– синтезатор частоты гетеродина
ТАС	– табло аварийной сигнализации
ТЧ	– тональная частота
УВК	– устройство встроенного контроля
УВЧ	– усилитель высокой частоты
УКВ	– ультракороткие волны
УКП	– устройство контроля питания
УНПК	– устройство непрерывного питания комбинированное
УП	– устройство подключения
УПЧ	– усилитель промежуточной частоты
УРРС	– узловая радиорелейная станция
УС	– узел связи
ФЗА	– фильтр защитный

ФИМ	– фазово-импульсная модуляция
ФМ	– фазовая модуляция
ФНЧ	– фильтр нижних частот
ФЧ	– фильтр частот
ФЧР	– фильтр частотных развязок
ЦП	– центральный процессор
ЦРРС	– цифровая радиорелейная станция
ЦСП	– цифровая система передачи
ЧДт	– частотный детектор
ЧМ	– частотная модуляция
ЧМГ	– частотно-модулируемый генератор
ЧРК	– частотное разделение каналов
ЧХ	– частотная характеристика
ШК	– широкополосный канал
ЭППЧ	– эффективно передаваемая полоса частот
<i>ASCII</i>	– American Standard Code for Information Interchange (американский стандарт кодирования для обмена информацией)
<i>BER</i>	– Bit Error Rate (коэффициент битовых ошибок)
<i>BNC</i>	– Bayonet Neill – Concelman (разъем с байонетной фиксацией Нейла – Концельмана)
<i>CLIP</i>	– Calling Line Identification Presentation (определение номера вызывающего абонента)
<i>DDR</i>	– Double data rate (удвоенная скорость передачи данных)
<i>DMR</i>	– Digital Mobile Radio (цифровая подвижная радиосвязь)
<i>DSL</i>	– Digital Subscriber Line (симметричная цифровая абонентская линия)
<i>DTMF</i>	– Dual-Tone Multi-Frequency (двухтональный многочастотный аналоговый сигнал)
<i>DVD</i>	– Digital Versatile Disc (цифровой многоцелевой диск)
<i>EPROM</i>	– Erasable Programmable Read Only Memory (стираемая программируемая память для чтения)
<i>ETSI</i>	– European Telecommunications Standards Institute (Европейский институт по стандартизации в области телекоммуникаций)
<i>FEC</i>	– Forward Error Correction (прямая коррекция ошибок)
<i>FR</i>	– Frame Relay (ретрансляция кадров, протокол канального уровня сетевой модели OSI)
<i>FSK</i>	– Frequency Shift Keying (частотная манипуляция)
<i>FXS</i>	– Foreign Exchange Station (голосовой интерфейс или порт, эмулирующий расширение интерфейса АТС)
<i>GPS</i>	– Global Positioning System (система глобального позиционирования)
<i>HDD</i>	– Hard Disk Drive (накопитель на жестких дисках)
<i>IP</i>	– Ingress Protection (защита от проникновения)
<i>IP</i>	– Internet Protocol (межсетевой протокол)

<i>ISDN</i>	– Integrated Services Digital Network (цифровая сеть с интеграцией служб)
<i>LAN</i>	– Local Area Network (локальная вычислительная сеть)
<i>LED</i>	– Light-Emitting Diode (светодиод)
<i>MMC</i>	– Micro Memory Card (карта памяти)
<i>OTDR</i>	– Optical Time Domain Reflectometer (оптический рефлектометр)
<i>RAM</i>	– Random Access Memory (память с произвольной выборкой)
<i>RJ</i>	– Registered Jack (стандартизированный физический сетевой)
<i>RS-232</i>	– Recommended Standard 232 (стандарт физического уровня для асинхронного интерфейса (UART))
<i>RSSI</i>	– Received Signal Strength Indicator (показатель уровня принимаемого сигнала)
<i>SD</i>	– Secure Digital (формат карт памяти)
<i>SDHC</i>	– Secure Digital High Capacity (формат карт памяти спецификации SDA 2.00)
<i>SDSL</i>	– Symmetric Digital Subscriber Line (симметричная цифровая абонентская линия)
<i>SDXC</i>	– Secure Digital High Capacity (формат карт памяти спецификации SDA 3.01)
<i>SECAM</i>	– Séquentiel couleur à mémoire (последовательный цвет с памятью)
<i>SFP</i>	– Small Form-factor Pluggable (промышленный стандарт модульных компактных приемопередатчиков)
<i>SHDSL</i>	– Single-pair High-speed Digital Subscriber Line (однопарная высокоскоростная цифровая абонентская линия)
<i>TCP</i>	– Transmission Control Protocol (протокол управления передачей)
<i>TDM</i>	– Time Division Multiplexing (временное мультиплексирование)
<i>TN+film</i>	– Twisted Nematic + film (жидкокристаллический дисплей с дополнительным слоем)
<i>UHF</i>	– Ultra High Frequency (ультравысокие частоты)
<i>USB</i>	– Universal Serial Bus (универсальная последовательная шина)
<i>UTP</i>	– Unshielded Twisted Pair (неэкранированная витая пара)
<i>VHF</i>	– Very High Frequency (очень высокие частоты)
<i>VLAN</i>	– Virtual Local Area Network (виртуальная локальная компьютерная сеть)
<i>WAN</i>	– Wide Area Network (глобальная вычислительная сеть)

1. ОСНОВЫ РАДИОРЕЛЕЙНОЙ СВЯЗИ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОЕННЫХ СИСТЕМАХ РАДИОРЕЛЕЙНОЙ СВЯЗИ

1.1. Общие принципы организации радиосвязи

1.1.1. Общие свойства радиоволн. Особенности распространения УКВ

Современный этап развития науки и техники характеризуется бурным развитием информационных технологий, в которых заметное место отводится передаче информации.

Технические средства, обеспечивающие передачу и прием информации, объединяют понятием *связь* (от лат. *communication* – связь); *телекоммуникации* – средства для организации связи на расстоянии. В соответствии с характером применяемых технических средств связь разделяют на почтовую и электрическую (электросвязь). В зависимости от среды распространения сигналов различают *проводную электросвязь*, в которой сигналы распространяются по проводам и электрическим и оптическим кабелям, и *беспроводную электросвязь с использованием радиосигналов*.

Радиосвязь и вещание – не изолированная отрасль связи, а *необходимая часть цифровой сети интегрального обслуживания ISDN*, которая объединяет сети городской, сельской, внутриобластной, магистральной связи, компьютерные сети, сети передачи данных и т. д. и состоит из воздушных, кабельных, радиорелейных и космических линий связи. Это позволяет разнообразную информацию, принимаемую в одном пункте, например, по радио, передавать дальше по каналам проводной связи.

Средства радиосвязи (радиорелейные, тропосферные и спутниковые) в качестве среды распространения электромагнитных волн обычно используют атмосферу Земли. *Как известно, основные параметры любой системы связи в значительной степени определяются характеристиками среды распространения электромагнитных волн.*

Из курса физики известно, что проводник, по которому протекает переменный электрический ток, создает в окружающем пространстве переменное магнитное поле. Особенностью переменного электромагнитного поля является его способность распространяться в окружающем пространстве.

Электромагнитные колебания свободно проходят через пространство, но если на пути радиоволны встречается металлический провод, антенна или любое другое проводящее тело, то они отдают ему свою энергию, вызывая тем самым в этом проводнике переменный электрический ток, и именно на этой особенности электромагнитного поля основывается принцип радиосвязи.

Радиосвязь – электрическая передача сообщений без проводов.

Электромагнитные волны характеризуются частотой, длиной волны и мощностью переносимой энергии.

Частота электромагнитных волн показывает, сколько раз в секунду изменяется в излучателе направление электрического тока и, следовательно, сколько раз в секунду изменяется в каждой точке пространства величина электрического и магнитного полей. Измеряется частота в герцах (Гц) – данная единица измерения названа именем великого немецкого ученого *Генриха Герца*.

1 Гц – это одно колебание в секунду, 1 мегагерц (МГц) – миллион колебаний в секунду.

В свободном пространстве электромагнитные колебания распространяются прямолинейно и равномерно со скоростью света, 300 000 км/с ($c \sim 3 \times 10^8$ м/с).

Зная скорость движения электромагнитных волн, можно определить расстояние между точками пространства, где электрическое (или магнитное) поле находится в одинаковой фазе. Это расстояние называется **длиной волны**.

Длина волны (в метрах) рассчитывается по формуле

$$\lambda = \frac{299,79}{f} \text{ (или примерно } \lambda = \frac{300}{f} \text{),} \quad (1)$$

где f – частота электромагнитного излучения в МГц.

Из формулы видно, что, например, частоте 1 МГц соответствует длина волны около 300 м. С увеличением частоты длина волны уменьшается, с уменьшением – увеличивается.

Электромагнитные волны, расположенные в диапазоне частот от 3 кГц до 300 ГГц, используются в радиотехнике и называются радиоволнами. Международная классификация диапазонов радиоволн приведена в табл. 1.

Таблица 1

Классификация диапазонов радиоволн

Диапазон частот	Диапазон волн	Наименование волн	Примечание
3–30 кГц	100–10 км	Мириаметровые	Сверхдлинные
30–300 кГц	10–1 км	Километровые	Длинные
300–3000 кГц	1000–100 м	Гектометровые	Средние
3–30 МГц	100–10 м	Декаметровые	Короткие
30–300 МГц	10–1 м	Метровые	Ультракороткие
300–3000 МГц	100–10 см	Дециметровые	
3–30 ГГц	10–1 см	Сантиметровые	
30–300 ГГц	10–1 мм	Миллиметровые	

На распространение электромагнитных волн в несвободном пространстве существенное влияние оказывает окружающая среда. В частности, распространение радиоволн в условиях Земли зависит от многих факторов: рельефа местности, климатических условий, времени суток и года и, в первую очередь, от длины волны колебания.

В зависимости от пути распространения радиоволны подразделяются:

– **на пространственные (тропосферные, ионосферные)** – распространяются на значительные расстояния за счет рассеивания или отражения от неоднородностей тропосферы (ионосферы);

– **поверхностные (земные)** – распространяются в непосредственной близости от поверхности земли и частично огибают ее за счет дифракции.

– **поверхностные (земные)** – распространяются в непосредственной близости от поверхности земли и частично огибают ее за счет дифракции.

Дифракция – явление, возникающее при встрече радиоволны с препятствиями, в результате чего волна может менять направление.

Этим явлением объясняется способность радиоволн распространяться без прямой видимости, огибая земную поверхность. Для этого длина волны должна быть соразмерна препятствию.

Влияние среды на распространение электромагнитных волн проявляется в изменении (большей частью уменьшении) амплитуды поля волны, изменении скорости и в искажении передаваемых сигналов. Кривизна земной поверхности, неровности рельефа местности и различные искусственные преграды также сильно влияют на распространение электромагнитных волн.

В радиорелейной связи используются волны УКВ-диапазона, поэтому рассмотрим более подробно пути распространения этих волн.

Радиоволны УКВ-диапазонов позволяют передавать с большим качеством значительно более объемную информацию, включая телевизионные сигналы, сигналы многоканальной телефонии, высокоскоростные цифровые потоки.

Пространственные волны УКВ-диапазонов проходят через ионосферу в космическое пространство и для целей наземной связи почти не пригодны, поэтому в радиорелейной связи используют только поверхностные волны.

Однако применение волн УКВ-диапазона ограничивается требованием прямой (геометрической) видимости между антеннами передающей и приемной станций, которое вытекает из прямолинейности распространения основного потока энергии этих волн. Действительно, дифракция вокруг больших преград почти не свойственна ультракоротким волнам (L – от 10 м до 1 мм), они дифракционно практически не огибают выпуклость земной поверхности.

Волны УКВ-диапазона устойчиво проходят только на расстоянии прямой видимости между антеннами передающего и приемного оборудования.

Это расстояние составляет десятки километров R (при реальной высоте подвеса антенн h в несколько десятков метров).

Если представить земную поверхность идеально шарообразной и гладкой и принять высоту подъема одной антенны h_1 , а другой h_2 , то предельное расстояние прямой видимости R вычисляется следующим образом:

$$R_{(\text{км})} \approx 3,57 \left(\sqrt{h_{1(\text{м})}} + \sqrt{h_{2(\text{м})}} \right). \quad (2)$$

С помощью рассматриваемой формулы дальность связи можно определить приблизительно, без учета рефракции радиоволн в атмосфере.

Рефракция (преломление) – явление изменения пути следования радиоволн, возникающее на границе раздела двух проницаемых для этих волн сред или в толще среды с непрерывно изменяющимися свойствами.

Нормальная рефракция радиоволн искривляет их траектории в сторону поверхности земли, благодаря чему дальность связи возрастает. Предельная дальность радиовидимости при нормальной рефракции радиоволн определяется формулой

$$R_{(\text{км})} \approx 4,12 \left(\sqrt{h_{1(\text{м})}} + \sqrt{h_{2(\text{м})}} \right). \quad (3)$$

Таким образом, благодаря рефракции эта дальность увеличивается на 15 %.

При средних высотах антенных опор (25 м) это расстояние составит около 40 км.

Однако наука нашла пути разрешения противоречия между потребностью в широкой полосе пропускания и ограниченной дальностью прямой видимости. Была разработана радиорелейная связь, для которой характерно размещение вдоль трассы ряда промежуточных (ретрансляционных) станций на интервалах прямой видимости между соседними антеннами, образующими радиорелейные линии (РРЛ) и позволяющими передавать сообщения на сотни и тысячи километров.

1.1.2. Понятие о радиорелейной связи. Принципы организации радиорелейной связи

Радиорелейная связь – один из родов связи.

Радиорелейная связь – это радиосвязь в диапазоне УКВ с использованием многократного переприема с помощью промежуточных станций, расположенных на расстоянии прямой видимости.

Отличительной особенностью радиорелейной связи является использование узконаправленных антенн, а также дециметровых, сантиметровых или миллиметровых радиоволн.

Само название «радиорелейная связь» образовано от лат. *radio* – излучаю и франц. *relais* – промежуточная станция. По другим источникам, название происходит от англ. *relay* – реле, эстафета, что как нельзя лучше характеризует принцип осуществления связи в РРЛ.

Сегодня радиорелейная связь является важной составной частью сетей электросвязи – ведомственных, корпоративных, региональных, национальных и даже международных, поскольку имеет ряд важных достоинств:

- возможность быстрой установки оборудования при небольших капитальных затратах;
- экономически выгодная, а иногда и единственная возможность организации многоканальной связи на участках местности со сложным рельефом;
- возможность применения для аварийного восстановления связи в случае бедствий, при спасательных операциях и др.;
- эффективность развертывания разветвленных цифровых сетей в больших городах и индустриальных зонах, где прокладка новых кабелей слишком дорога или невозможна.

К достоинствам радиорелейной связи относятся высокие эффективность передачи информации и качество связи.

Эффективность состоит в возможности передачи большого количества сигналов (широкополосных сигналов) различных источников информации на значительные расстояния при сравнительно малом времени развертывания линий и невысокой стоимости по сравнению с проводными, спутниковыми, волоконно-оптическими и другими родами связи.

Широкополостность радиорелейной связи

Полоса частот, соответствующая диапазону УКВ, очень широкая, и в этом диапазоне можно разместить гораздо большее число станций, работающих без взаимных помех, чем в диапазонах более длинных волн.

В диапазоне УКВ полоса частот приемопередающего оборудования может быть сделана очень широкой. Как известно, отношение ширины полосы пропускания одиночного колебательного контура к его резонансной частоте равно

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{1}{Q}, \quad (4)$$

где Q – добротность контура.

Обычно в контурах, применяемых в радиоустройствах, это отношение не превышает нескольких процентов (1–3 %), следовательно, если на волне длиной 1 тыс. м ширина полосы контура может быть 3–9 кГц, то на волне длиной 10 см она составляет 30–90 МГц. Таким образом, на УКВ можно осуществлять передачу сигналов, занимающих очень широкую полосу частот, например ПД, ТВ или большое число ТЛФ-каналов.

При этом достигается качество связи, сопоставимое с качеством проводной связи.

Важной особенностью диапазона УКВ является практическое отсутствие на этих волнах внешних помех: атмосферных и промышленных. Единственным существенным видом помех в диапазоне УКВ являются собственные шумы радиоприемных устройств.

Также в радиорелейной связи используются антенны, обладающие большой направленностью и имеющие сравнительно небольшие размеры, а так как коэффициент направленного действия антенны обратно пропорционален квадрату длины волны при постоянной площади антенны, то $Q_a \gg 40$ дБ ($\gg 10$ тыс. раз) по мощности.

С такой антенной передатчик мощностью в 1 Вт создает напряженность поля в точке приема, равную передатчику мощностью 10 кВт, работающему на ненаправленную антенну.

Кроме того, для формирования линейного сигнала в радиорелейных станциях используется аппаратура уплотнения (мультиплексирования), разработанная для средств проводной связи, т. е. имеется возможность унификации оборудования и построения комбинированных линий и сетей связи, что в свою очередь расширяет область применения средств радиорелейной связи.

Принцип радиорелейной связи заключается в последовательной передаче информации от одной оконечной станции к другой через ряд промежуточных станций.

На рис. 1 схематично изображена радиорелейная линия связи (РРЛ), состоящая из оконечных (ОРРС), промежуточных (ПРРС) и узловых (УРРС) радиорелейных станций (РРС), размещенных на местности, и нескольких интервалов.

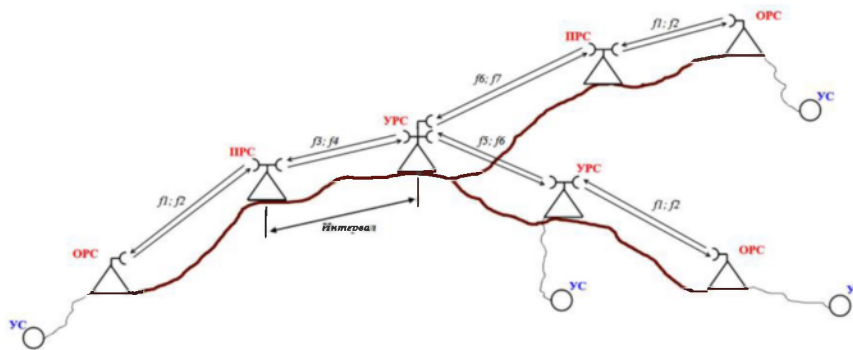


Рис. 1. Принцип радиорелейной связи

1.2. Принципы и особенности организации радиорелейных линий связи

1.2.1. Принципы построения РРЛ

Успешное развитие радиосвязи сопровождается увеличением скоростей и объемов передаваемой информации. Для передачи возрастающих потоков информации с малыми потерями используют сигналы с более широкой полосой, что требует расширения диапазона частот, занимаемого системой связи. В свою очередь, передача сигналов с более широкой полосой требует перехода на более высокие несущие частоты. Тем более что расширять полосу рабочих частот систем связи в уже освоенных диапазонах волн становится невозможным из-за «тесноты» в эфире.

В результате современные системы связи осваивают диапазоны все более коротких волн. К достоинствам диапазонов УКВ относится также несущественный уровень атмосферных и промышленных помех. Кроме того, широкополосные сигналы позволяют использовать прогрессивные виды модуляции и другие приемы обработки сигналов, обеспечивающие лучшие характеристики помехоустойчивости приема. В то же время нужно помнить, что радиоволны с длиной волны короче 10 м можно эффективно использовать лишь в пределах границ прямой видимости.

Компромиссным решением при построении широкополосных систем связи, предназначенных для работы на больших дальностях, является применение радиорелейных линий связи (РРЛ).

Радиорелейная линия (РРЛ) – это линия связи, включающая развернутые на местности радиорелейные станции (PPC) и среду распространения радиоволн.

Любая РРЛ состоит из *двух конечных станций* и может иметь несколько промежуточных станций. В частном случае РРЛ может состоять только из двух конечных станций (одноинтервальная линия).

На рис. 2 схематично изображена радиорелейная линия связи.

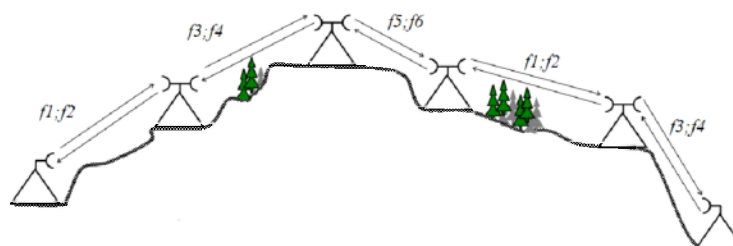


Рис. 2. Радиорелейная линия связи

Оконечная радиорелейная станция (РРС) – станция, развернутая на конечном пункте радиорелейной линии связи и сдающая каналы на узел связи.

На оконечной РРС начинается и заканчивается тракт передачи. Ее аппаратура осуществляет преобразование сигналов, поступающих от разных источников информации, в сигналы, передаваемые по радиорелейной линии, а также обратное преобразование сигналов, приходящих по РРЛ, в сигналы, удобные для работы конечного оборудования. Радиосигналы оконечной РРС с помощью передающего устройства и антенны излучаются в направлении следующей, обычно промежуточной, радиорелейной станции.

На схемах связи оконечные РРС обычно изображаются знаком, показанным на рис. 3. этим знаком



Рис. 3. Обозначение оконечной РРС

Промежуточные станции радиорелейной линии связи подразделяются на **ретрансляционные** и **узловые станции**.

Ретрансляционная станция (РРС) – это промежуточная станция, обеспечивающая передачу сигнала высокочастотного ствола транзитом, без ответвления каналов (*т. е. вся информация, принятая с одного направления РРЛ, передается в другом направлении РРЛ*).

На схемах связи ретрансляционные РРС обычно изображаются знаком, показанным на рис. 4.



Рис. 4. Обозначение ретрансляционной РРС

На каждой ретрансляционной РРС установлены по два комплекта приемопередающего оборудования и по две антенны, ориентированные на соседние РРС. Каждая из антенн является приемопередающей, т. е. используется и для приема, и для передачи сигналов.

Узловая РРС – это промежуточная станция РРЛ, используемая для ввода в РРЛ *дополнительных* потоков информации, а для вывода из РРЛ – части передаваемой информации (рис. 5).



Рис. 5. Обозначение узловых РРС

В узловых РРС, как и в конечных РРС, имеется аппаратура преобразования конечных сигналов в сигналы, передаваемые по РРЛ, и аппаратура обратного преобразования. Кроме того, от узловых РРС могут начинаться новые линии связи (ответвления).

Интервал РРЛ – это часть радиорелейной линии связи между двумя соседними станциями (рис. 6).

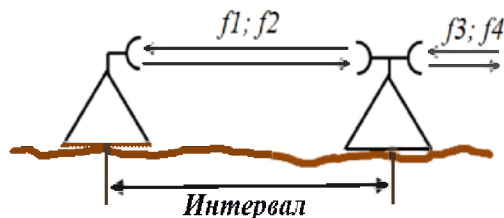


Рис. 6. Обозначение интервала радиорелейной линии

Каждой линии в зависимости от ее типа и звена управления присваивается условный номер.

Магистральным линиям и линиям, развертываемым в стратегическом звене, присваиваются номера от 01 до 99, в оперативном и оперативно-тактическом звеньях – от 100 до 999, а гарнизонным – от 3000 до 6999. Перед номером радиорелейной линии проставляется буква **Р**, а если РРЛ организована цифровыми РРС, то **РЦ**.

Например. Р–3816 или РЦ–300.

Построение любой радиорелейной линии связи начинается с определения трассы прохождения РРЛ.

Трасса РРЛ – условная линия на местности или линия на топографической карте, соединяющая позиции РРС в порядке следования интервалов линии.

При проектировании РРЛ необходимо учитывать следующие принципы:

1. Распределение частот между станциями линии.

Для работы радиорелейных линий связи выделены полосы частот:

- шириной 400 МГц в диапазоне 2 ГГц;
- шириной 500 МГц в диапазонах 4, 6 и 8 ГГц;
- шириной 1 ГГц в диапазонах 11 и 13 ГГц и в более высокочастотных.

Эти полосы распределяют между ВЧ стволами радиорелейной системы по определенному плану, называемому планом распределения частот. Планы частот составляют так, чтобы обеспечить минимальные взаимные помехи между стволами, работающими на общую антенну.

ВЧ радиорелейный ствол включает в себя приемопередающее оборудование, антенно-фидерные тракты и среду распространения.

В полосе 400 МГц может быть организовано шесть, в полосе 500 МГц – восемь и в полосе 1 ГГц – двенадцать дуплексных ВЧ стволов.

Так как количество радиостволов в полосе частот ограничено, то допускается повторение одних и тех же частот через интервал, потому что в диапазонах дециметровых и сантиметровых волн при отсутствии прямой видимости между антеннами ослабление сигнала достаточно велико.

При проектировании радиорелейных линий следует учитывать и возможные изменения условий распространения радиоволн. Так, при повышенной рефракции сигналы могут распространяться далеко за горизонтом. Поэтому колебания, излучаемые радиорелейной станцией с частотой, например f_1 , могут быть приняты не только соседней станцией, но и станцией, отстающей от нее на три интервала. Но для последней станции это будет паразитным сигналом, так как она должна принимать сигналы только от ближайшей станции. Нежелательные сигналы от всех других станций будут вызывать ухудшение качества приема.

2. Расположение станций РРЛ на ломаной линии.

Для устранения паразитных влияний станции радиорелейной линии связи располагают не по прямой линии, а зигзагом – так, чтобы не совпадали главные направления соседних участков трассы, использующих одинаковые частоты. При этом используют направленные свойства антенн. Радиорелейные станции разносят от генерального направления радиорелейной линии связи таким образом, чтобы направлению на станцию, отстоящую через три пролета, соответствовали минимальные уровни диаграммы направленности антенны.

На крайних пролетах используются одинаковые частоты. На такой трассе даже при сильной рефракции радиоволн сигналы от станций с номерами 1 и 3 практически не влияют друг на друга. На рис. 2 заметно, что антенны практически не воспринимают радиоволны, приходящие с направления, лежащего на прямой, связывающей станции 1 и 4.

Кроме этого, с военной точки зрения, зигзагообразная конфигурация трассы РРЛ затрудняет противнику ведение радиоразведки и создание помех из одного центра для станций нескольких интервалов.

3. Расположение станций на местности.

Известно, что радиосигналы в диапазоне УКВ эффективно передаются лишь в пределах прямой видимости и протяженность интервалов между соседними станциями, а также качество связи ($\frac{P_c}{P_{\text{ш}}}$ в точке приема) зависит от профиля рельефа местности и высот установки антенн.

Для улучшения условий прохождения УКВ на интервалах и увеличения длины интервалов РРС, как правило, развертывают на вершинах и скатах высот местности так, чтобы на интервалах между антеннами обеспечивалась **прямая видимость**, а точнее **радиовидимость**, под которой понимается **отсутствие экранирования рельефом местности или массивами местных предметов (лес, строения) траекторий радиоволн, распространяющихся между антеннами РРС данного интервала в условиях нормальной рефракции радиоволн**.

Учет рельефа местности позволяет увеличить протяженность отдельных интервалов, но в среднем на линиях, состоящих из многих интервалов, их протяженность лежит в пределах 50–70 км.

Таким образом, принимая во внимание особенности распространения волн УКВ-диапазона и учитывая принципы построения радиорелейных линий связи, имеется возможность передавать большие объемы информации на значительные расстояния и с высоким качеством.

1.2.2. Область пространства, влияющая на распространение радиоволн

При распространении радиоволн в свободном пространстве амплитуда волны убывает с увеличением расстояния от излучателя за счет сферической расходимости фронта волны. Фаза волны изменяется только за счет изменения расстояния.

Реальные условия распространения радиоволн существенно отличаются от условия распространения в свободном пространстве из-за наличия границы раздела атмосфера – Земля и неоднородного строения атмосферы и земной поверхности.

При реальных условиях распространения радиоволн амплитуда волны может уменьшаться с увеличением расстояния не только сферической расходимости фронта волны, но и за счет поглощения и рассеяния электромагнитной энергии, а также за счет пространственного перераспределения электромагнитной энергии при интерференции волн.

Для наземной связи на ультракоротких волнах характерна возможность одновременного воздействия на приемник не только прямой волны, но и волны, отражаемой от земной поверхности. На рис. 7, а показаны передающая антенна на высоте h_1 и приемная антенна на высоте h_2 . Луч прямой волны соединяет эти антенны A_1 и A_2 . Луч отраженной волны легко построить, соединив «зеркальное отражение» передающей антенны A_1 прямой линией с приемной антенной A_2 . Это дает точку отражения на земной поверхности, в которой углы падения и отражения δ равны между собой.

Длина прямого луча r_1 меньше, чем длина отражаемого луча r_2 , поэтому в точку A_2 волны по этим двум путям приходят, в общем, в разных фазах. Разность их фаз зависит от разности хода ($r_2 - r_1$) и от длины волны. При заданной длине волны разность хода изменяется с изменением высот антенн и расстояния d между ними. Если любую из этих трех величин изменять плавно, то сдвиг фаз будет периодически меняться от 0 до 180° и вновь до нуля и т. д. Следовательно, напряженность поля получит периодические изменения, как показано для примера на рис. 7, б.

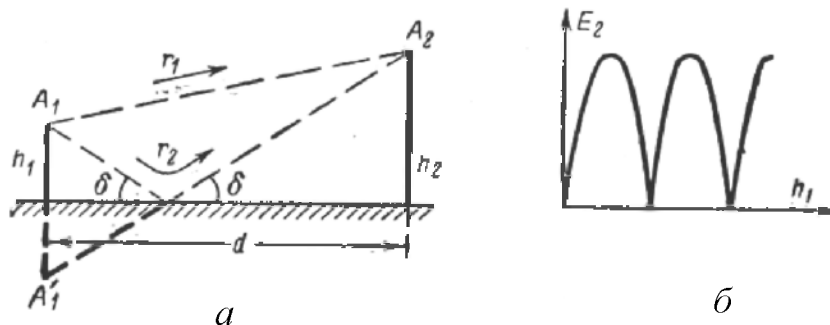


Рис. 7. Распространение ультракоротких волн:

а – передающая антенна на высоте h_1 и приемная антенна на высоте h_2 ;

б – периодические изменения напряженности поля

Это свойство, открытое Б. А. Введенским, означает практически следующее: если линия радиосвязи выполнена правильно и отдельно взятый луч r_1 обеспечивает

по расчету уверенную связь, а фактически связь отсутствует или оказывается неуверенной, то небольшим изменением одной из указанных величин (h_1 , h_2 , d или λ) можно достигнуть хорошего результата (эффект интерференции прямого и отраженного лучей может наблюдаться и при таком расстоянии d , которое не допускает пренебрежения выпуклостью Земли); с другой же стороны, при отражении может поглощаться или рассеиваться значительная часть энергии луча r_2 , а потому даже при сдвиге фаз в 180° результирующее поле не будет равно нулю.

Влияние земной поверхности на распространение радиоволн наиболее просто учесть тогда, когда передающая и приемная антенны подняты над однородной земной поверхностью на высоту нескольких длин волн. Практически поднять антенну на такую высоту можно только в диапазоне УКВ. Если длина волны достигает земной поверхности на значительном (масштабе длины волны) расстоянии от излучателя, то участок фронта волны вблизи земной поверхности можно считать плоским. При небольшой протяженности линии связи и Землю также можно считать плоской.

По законам геометрической оптики отражение радиоволн происходит в некоторой точке. В действительности согласно волновой теории отраженная волна формируется участком земной поверхности, окружающим точку отражения. Этот участок носит название первой зоны Френеля.

Если волна падает на поверхность наклонно, то первая зона Френеля представляет собой эллипс, большая ось которого вытянута в направлении распространения волны.

Размеры первой зоны Френеля на реальных УКВ-трассах могут составлять большое количество километров в продольном и десятки метров в поперечном направлениях. При идеально ровной однородной поверхности результаты, получаемые по строгой волновой теории, в точности совпадают с данными геометрической оптики.

При неровной или неоднородной отражающей поверхности законы геометрической оптики неприемлемы. Если распространение радиоволн происходит над неоднородной поверхностью, то, прежде чем рассчитывать напряженность поля, следует определить положение и размеры отражающей области. Так, например, если отражающая область падает на ограниченную водную поверхность (озеро), тогда как передающие и приемные пункты находятся на суше на сравнительно большом удалении от берега, то при расчете напряженности поля следует пользоваться коэффициентами отражения от водной поверхности, т. е. характер поля будет такой, как если бы вся трасса проходила над водной поверхностью. Если распространение радиоволн происходит над неровной поверхностью. То рассеяние радиоволн неровностями приводит к уменьшению эффективного коэффициента отражения, а следовательно, к сглаживанию максимумов и минимумов интерференционной диаграммы направленности.

Следует отметить, что зоны Френеля позволяют увидеть не саму электромагнитную волну, а пространство, которое участвует в образовании поля в точке приема. Принято считать, что поле в точке приема создается 8–12 зонами Френеля. Если ни одну из зон Френеля не перекрывает никакое препятствие, то

напряженность электромагнитного поля в точке приема стабильна и максимальна. Если препятствие хотя бы частично перекрывает эти зоны, то интенсивность электромагнитного поля на трассе изменяется.

В зависимости от выполнения условий радиовидимости интервалы радиолинии бывают (рис. 8):

- **открытые**, если $H > \rho$;
- **полуоткрытые**, если $0 < H < \rho$;
- **закрытые**, если $H < 0$.

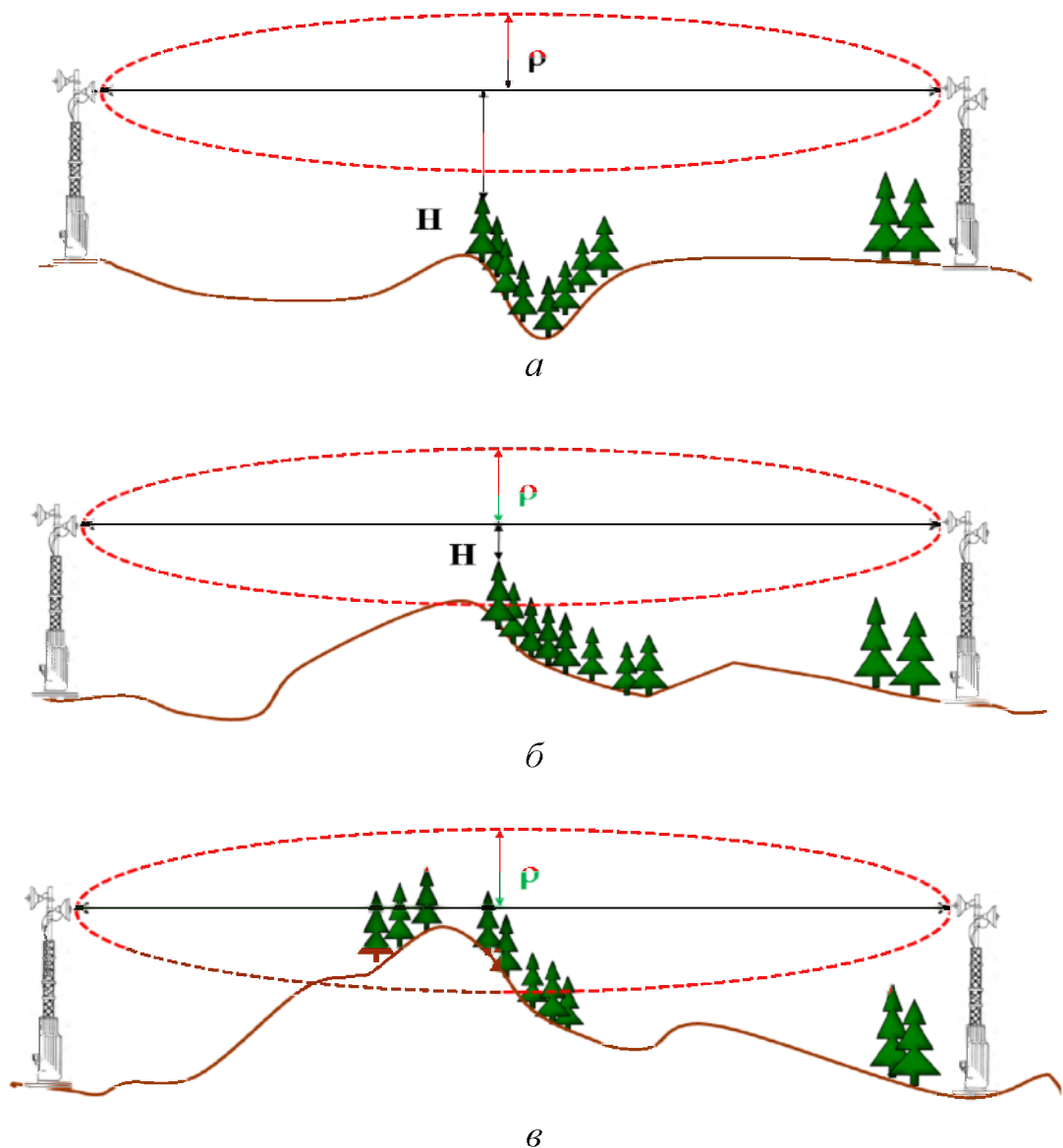


Рис. 8. Варианты радиорелейных интервалов:
 a – открытый; $б$ – полуоткрытый; $в$ – закрытый

Здесь ρ – область пространства, влияющая на распространение радиоволн, H – просвет радиорелейной линии.

При строительстве радиолиний необходимо по возможности выбирать открытые интервалы.

1.2.3. Основные характеристики антенн, используемых на радиорелейных линиях связи

Устройство, предназначенное для излучения и приема радиоволн, называется **антенной**. Всякое проводящее тело, по которому течет переменный ток, в состоянии излучать электромагнитные волны. Но чтобы это излучение было существенным и могло служить практическим целям, размеры тела должны быть соизмеримыми с длиной волны излучаемых колебаний.

Если же при распространении вдоль той или иной системы колебания запаздывают на некоторый промежуток времени, то на зажимах системы появляется сдвиг фаз ($\cos \varphi$) между током и напряжением. По мере того как $\cos \varphi$ становится отличным от нуля, система потребляет энергию от источника тока и расходует ее на излучение.

Наиболее удобно применять в качестве излучающей системы проводящее тело, длина которого соизмерима с длиной волны. В этом случае сдвиг фаз между током и напряжением увеличивается, при этом излучающая способность проводника повышается. Передающая антенна преобразует энергию токов высокой частоты, создаваемых генератором, в энергию электромагнитных волн. Приемная антенна выполняет обратную задачу, создавая на входе приемника напряжение высокой частоты. На основании принципа взаимности любая передающая антенна при использовании ее в качестве приемной сохраняет свои основные характеристики, хотя конструктивно они могут отличаться. Принцип взаимности заключается в том, что приемные и передающие антенны обратимы. Всякая антенна может быть как приемной, так и передающей. Чем лучше антенна излучает радиочастотную энергию, тем лучше она будет ее принимать.

Поскольку теория и методы расчета передающих антенн проще и лучше разработаны, то любую приемную антенну можно рассчитывать как передающую и на основании принципа взаимности распространить полученные результаты на режим приема. Современная радиоэлектронная аппаратура работает в диапазоне волн длиной от долей миллиметра до десятков тысяч метров. Конструктивные особенности антенн, а также их характеристика в значительной мере зависят от диапазона волн, в котором антенны должны работать.

По принципу действия и по конструктивному выполнению антенны делятся:

- на вибраторные, выполненные из тонкой проволоки или толстых труб, диаметры которых иногда соизмеримы с длиной волны;
- антенны оптического типа (металлические зеркала-рефлекторы и линзы);
- антенны акустического типа (металлические рупоры);
- антенны поверхностных волн;
- щелевые (дифракционные) антенны;
- антенны, излучающие электромагнитные волны с вращающейся поляризацией (спиральные, крестообразные и др.).

В большинстве антенн в качестве основных излучающих элементов применяются симметричные вибраторы.

В метровом и дециметровом диапазонах волн одним из распространенных типов антенн является симметричный вибратор. Симметричный вибратор представляет собой два одинаковых отрезка проводника, лежащих на одной линии с небольшим зазором, величина которого много меньше длины проводника.

Зазор предусмотрен для подключения источника переменного тока. Наилучшие характеристики имеют симметричные вибраторы, у которых длина каждого из проводников равна четверти длины волны излучаемого колебания. Размеры антенны в этом случае оказываются равными половине длины волны, и такая антенна называется *полуволновым вибратором*.

Вследствие отражения тока и напряжения у концов проводов антенн вдоль проводов устанавливается стоячая волна тока и напряжения.

Вдоль полуволнового вибратора устанавливаются полволны тока и напряжения, вдоль вибратора длиной в волну – волна тока и напряжения. Однако в любом случае на концах устанавливаются узел тока и пучность напряжения.

Одной из важнейших характеристик антенн является диаграмма направленности.

Направленные свойства антенн принято определять амплитудной характеристикой направленности, т. е. зависимостью напряженности излучаемого антенной поля $E(\theta, \varphi)$ в точке наблюдения при неизменном расстоянии. Графическое изображение амплитудной характеристики направленности называется *диаграммой направленности*, которая изображается в виде поверхности, описываемой исходящим из начала координат радиусом-вектором, длина которого в каждом направлении пропорциональна функции $F(\theta, \varphi)$.

Направление максимального излучения антенн называется главным направлением, а соответствующий ему лепесток – главным. Остальные лепестки являются боковыми. Направления, в которых антенна не принимает и не излучает, называются *нулями* диаграммы направленности.

Диаграмму направленности строят как в полярной (рис. 9, а), так и в прямоугольной (рис. 9, б) системе координат.

Главный лепесток характеризуют шириной по половинной мощности $Q_{0,5}$ и шириной по нулям Q_0 .

По ширине главного лепестка судят о направленных свойствах антенны. Чем меньше угол раствора главного лепестка и уровень заднего и боковых лепестков, тем больше уровень сигнала на выходе антенны и выше помехозащищенность приема.

Коэффициент направленного действия КНД характеризует способность антенны концентрировать излученное электромагнитное поле в каком-либо направлении. Он представляет собой отношение плотности потока мощности, излучаемого антенной в данном направлении, к усредненной по всем направлениям плотности потока мощности. Иными словами, при определении КНД антенна сравнивается с воображаемой, абсолютно ненаправленной или изотропной антенной, излучающей ту же мощность, что и рассматриваемая:

$$\text{КНД} = \frac{4\pi K_{\text{исп}} S_a}{\lambda^2}, \quad (5)$$

где $K_{\text{исп}}$ – коэффициент использования излучающей поверхности КИП;
 S_a – площадь раскрытия антенны.

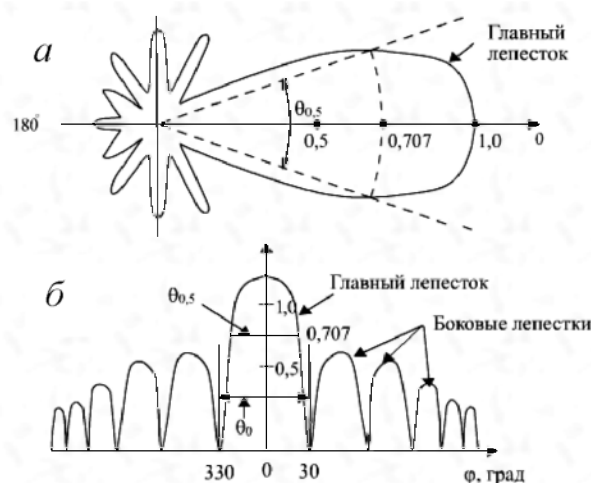


Рис. 9. Диаграмма направленности:
 a – в полярной системе координат; b – в прямоугольной
 системе координат

У большинства антенн РРЛ и спутниковых систем передачи ширина ДН по половинной мощности в вертикальной плоскости примерно равна ширине диаграммы в горизонтальной плоскости.

Для учета КПД реальной антенны вводится понятие коэффициента усиления КУ антенны, которая определяется соотношением

$$G = \eta_a \text{КНД}, \quad (6)$$

где $\eta_a = \frac{P_\Sigma}{P_0}$ – КПД антенны;

P_Σ – излучаемая антенной мощность;

P_0 – подводимая к антенне мощность.

Коэффициент усиления антенны показывает, во сколько раз следует уменьшить мощность, подводимую к антенне, по сравнению с мощностью, подводимой к изотропному излучателю с КПД, равным 1, чтобы напряженность поля в точке приема оставалась неизменной.

В диапазоне дециметровых и сантиметровых волн $\eta_a \approx 1$, поэтому

$$G = \text{КНД}. \quad (7)$$

Выбор типа антенны для РРЛ в основном определяется рабочим диапазоном волн, емкостью линии, от которой зависит ширина полосы рабочих частот, а также схемой распределения частот (двухчастотная, четырехчастотная).

В диапазоне метровых волн, обычно используемых на линиях малой емкости, широко применяются многовибраторные синфазные антенны. На дециметровых волнах, а так же на линиях малой емкости могут применяться антенны этих же типов, а также антенны зеркального (параболического) типа.

Параболические антенны широко применяют в дециметровом диапазоне на линиях средней емкости. В сантиметровом диапазоне волн на линиях малой и средней емкости применяются, главным образом, параболические антенны.

На магистральных РРЛ большой емкости и большой протяженности, работающих в сантиметровом диапазоне волн, применяют параболические, рупорно-параболические, параболические с вынесенным облучателем и двухзеркальные антенны. Как правило, одна антенна РРЛ используется одновременно для передачи и для приема.

В настоящее время на РРЛ прямой видимости применяются передатчики мощностью 2–10 Вт, и в последнее время – даже 0,5 Вт. Расстояние между промежуточными пунктами составляет 40–60 км, высота мачт – 50–100 м. При этом для устойчивой связи необходимо, чтобы коэффициент усиления антенны составлял 1000–40 000 (30–46 дБ). Обычно антенны дециметровых волн обладают коэффициентом усиления примерно 30 дБ, а антенны сантиметровых волн – 4–46 дБ.

Конструкция антенны должна быть жесткой, чтобы при порывах ветра упругая деформация антенны не превышала допустимую величину. Атмосферные осадки не должны попадать в тракт питания антенны, так как это приводит к увеличению затухания в тракте и к рассогласованию. Антенна должна иметь возможность поворота в небольших пределах с целью точной установки направления максимального излучения на корреспондента.

1.2.4. Классификация радиорелейных средств связи

В соответствии с государственным стандартом Республики Беларусь СТБ ГОСТ Р 50765–2000, введенным в действие в 2000 году, техника радиорелейной связи имеет следующую классификацию:

1. В зависимости от области применения радиорелейная аппаратура делится на следующие классы:

- аппаратура радиорелейных систем передачи, предназначенная для использования на магистральной первичной сети;
- аппаратура радиорелейных систем передачи, предназначенная для использования на внутризоновых первичных сетях;
- аппаратура радиорелейных систем передачи, предназначенная для использования на местных первичных сетях;
- аппаратура перевозимая, предназначенная для репортажных целей, а также для внутригородских межстанционных соединений;
- аппаратура радиорелейных систем, предназначенная для организации технологических радиорелейных линий передачи;
- аппаратура перевозимых радиорелейных станций, предназначенная для организации резервирования или восстановления вышедших из строя радиорелейных или кабельных линий передачи.

2. В зависимости от вида передаваемых сигналов радиорелейные системы передачи подразделяются на следующие виды:

- аналоговые системы передачи (АСП);
- цифровые системы передачи (ЦСП).

3. В зависимости от емкости стволов и вида передаваемой информации аппаратура аналоговых радиорелейных систем передачи подразделяется на следующие виды:

- аппаратура радиорелейных систем передачи большой емкости, имеющих емкость ствола более 960 каналов ТЧ;
- аппаратура радиорелейных систем передачи средней емкости, имеющих емкость ствола от 120 до 960 каналов ТЧ;
- аппаратура радиорелейных систем передачи малой емкости, имеющих емкость ствола менее 120 каналов ТЧ.

4. В зависимости от скорости передачи в стволе аппаратура цифровых радиорелейных систем передачи разделяется на следующие виды:

- высокоскоростная (более 100 Мбит/с в одном радиостволе);
- среднескоростная (от 10 до 100 Мбит/с в одном радиостволе);
- низкоскоростная (не более 10 Мбит/с в одном радиостволе).

5. В соответствии с плезиохронной цифровой иерархией в радиорелейной системе передачи образуются первичный, вторичный, третичный и четверичный цифровые радиорелейные линейные тракты.

6. В соответствии с синхронной цифровой иерархией в радиорелейной системе передачи образуются цифровые радиорелейные линейные тракты первого (STM-1), четвертого (STM-4) и более высоких уровней.

Разделение техники радиорелейной связи на группы однотипных изделий представлено на рис. 10.

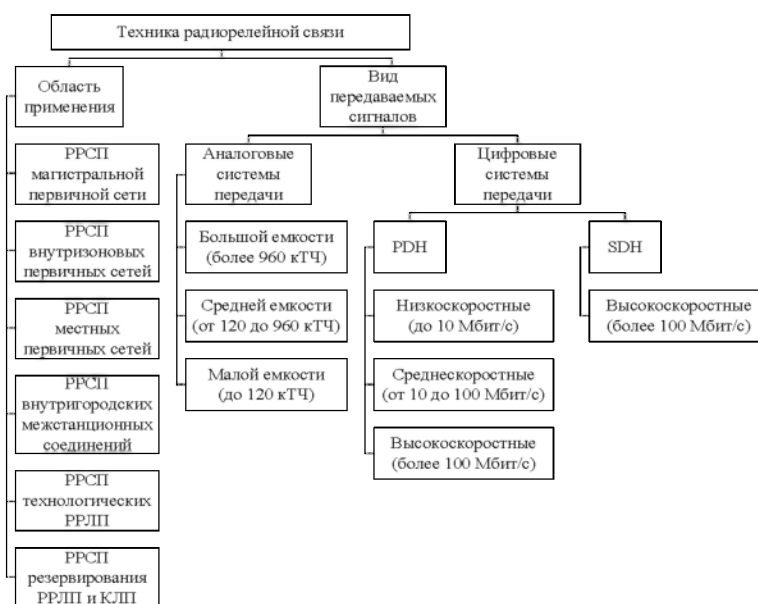


Рис. 10. Разделение техники радиорелейной связи на группы однотипных изделий

Исходя из вышеизложенной классификации можно выделить следующие группы однотипных изделий техники радиорелейной связи:

1. Техника радиорелейной связи аналоговых систем передачи:
 - а) техника радиорелейных систем передачи малой емкости;
 - б) техника радиорелейных систем передачи средней емкости;
 - в) техника радиорелейных систем передачи большой емкости.

2. Техника радиорелейной связи цифровых систем передачи:

а) техника радиорелейных систем передачи плезиохронной цифровой иерархии:

- низкоскоростная (до 10 Мбит/с в одном радиостволе);
- среднескоростная (от 10 до 100 Мбит/с в одном радиостволе);
- высокоскоростная (более 100 Мбит/с в одном радиостволе);

б) высокоскоростная техника радиорелейных систем передачи синхронной цифровой иерархии.

1.2.5. Структура радиорелейных линий связи. Общая характеристика радиорелейных линий связи

Мы уже знаем, что принцип радиорелейной связи заключается в последовательной передаче информации от одной оконечной станции к другой через ряд промежуточных станций, образующих радиорелейную линию связи.

На рис. 11 изображен вариант радиорелейной линии связи, состоящей из оконечных и промежуточных радиорелейных станций.

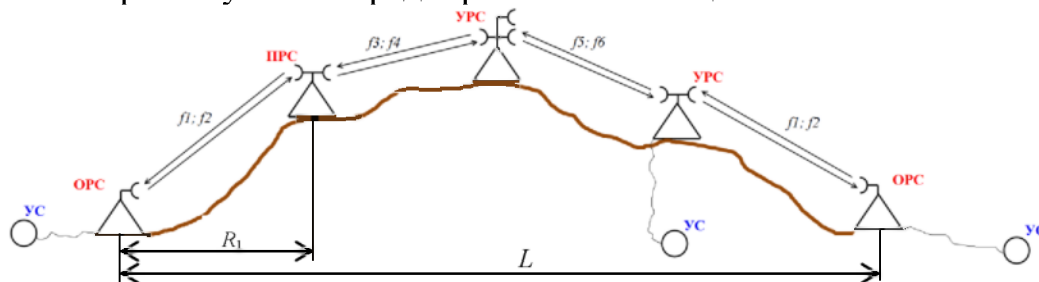


Рис. 11. Вариант структуры радиорелейной линии

Каждая РРЛ в зависимости от своего предназначения имеет свою структуру.

Структура любой радиорелейной линии характеризуется следующими параметрами (рис. 12):

- протяженностью линии (L);
- числом интервалов линии (N);
- числом РРС, образующих линию (M);
- протяженностями интервалов линии (R_i);
- средней протяженностью интервалов (R_0).

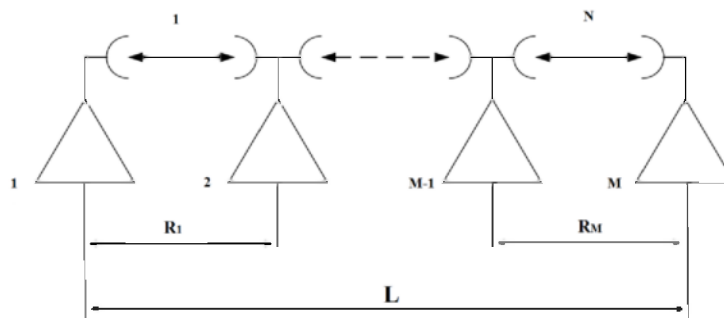


Рис. 12. Параметры радиорелейной линии

Перечисленные параметры связаны следующими соотношениями:

- протяженность РРЛ: $L = \sum R_i$;
- средняя протяженность интервалов РРЛ: $R_0 = L/N$;
- количество РРС, образующих РРЛ: $M = N + 1$ и т. д.

Для каждого типа РРЛ применительно к среднeperесеченной местности определяются: максимально допустимое значение протяженности линии (L), максимально допустимое число интервалов линии (N) и соответствующее значение средней протяженности интервала (R_0).

Кроме параметров, структуру РРЛ характеризует еще ряд признаков. Так, РРЛ может иметь в своем составе несколько переприемных участков.

1. Переприемный участок РРЛ (секция РРЛ) – участок линии между двумя соседними станциями (оконечными, узловыми), на которых осуществляется выделение каналов (рис. 13).

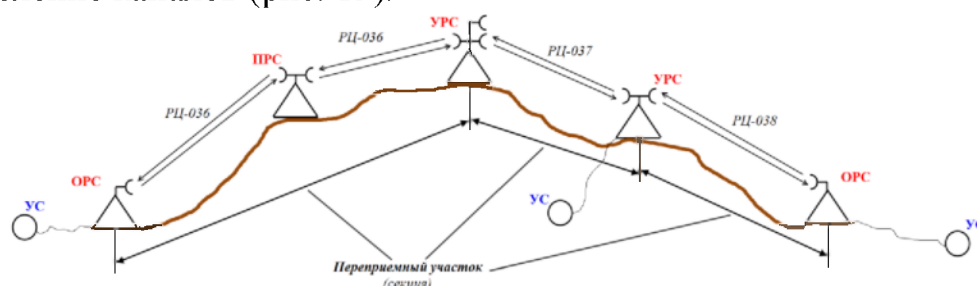


Рис. 13. Радиорелейная линия связи

Каждому переприемному участку РРЛ присваивается условный номер. В документах по связи пронумерованные участки РРЛ могут именоваться радиорелейными линиями с обязательным указанием присвоенных им номеров.

2. Стык радиорелейных линий или их участков – граница между РРЛ или участками. Одним из неотъемлемых элементов военной радиорелейной линии связи, в частности полевой опорной сети связи, являются оборудованные позиции радиорелейных станций.

3. Позиция РРС – участок местности с развернутой на нем радиорелейной станцией (рис. 14).

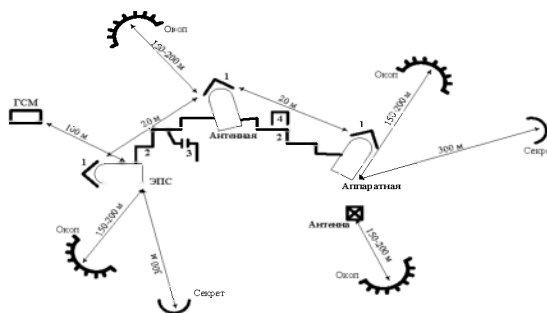


Рис. 14. Схема развертывания РРС

Точная привязка каждой РРС к местности и карте определяется при планировании линии с помощью семизначных координат X и Y , означающих соответственно расстояние в метрах до станции от экватора и Гринвичского меридиана.

Точки развертывания РРС на карте совпадают с серединами оснований треугольников условных знаков РРС.

Оборудование позиции производится после развертывания станции под руководством начальника станции (командира взвода). На позиции силами экипажа станции оборудуются укрытия для личного состава и техники, места для хранения ГСМ, продовольствия и воды, организуется маскировка, охрана и оборона.

1.2.6. Структура радиорелейных станций

Структура и состав **любой** оконечной станции (рис. 15) включает в себя:

- аппаратуру уплотнения;
- групповое оборудование;
- оборудование высокочастотного (ВЧ) ствола (радиотракта);
- антенно-фидерное оборудование.

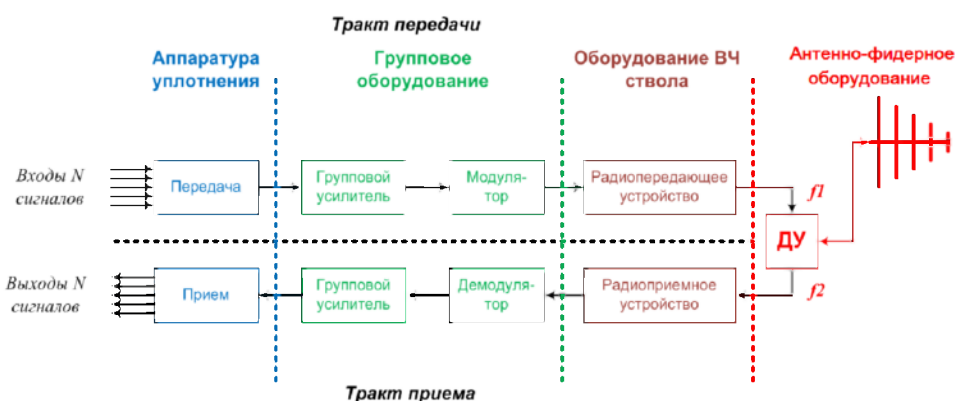


Рис. 15. Структура и состав оконечной радиорелейной станции

Аппаратура уплотнения, групповое оборудование и оборудование ВЧ ствола функционально подразделяются на тракты передачи (Пер) и приема (Пр).

Для тракта передачи характерно:

– аппаратура уплотнения производит объединение сигналов, поступающих от нескольких источников сообщений в один групповой сигнал (поток). В зависимости от вида сообщений может применяться АУ, осуществляющая различные виды уплотнения. Так, в аналоговых системах передачи используется аппаратура частотного или временного уплотнения, а в цифровых – аппаратура мультиплексирования;

– групповое оборудование предназначено для вторичного преобразования сигнала, поступившего с АУ, в сигнал, имеющий наилучший вид для его передачи по радиорелейной линии связи. Это осуществляется за счет модуляции несущего колебания информационным сигналом (осуществляется модуляция по частоте, фазе, амплитуде и т. д.);

– радиопередающее устройство из состава оборудования ВЧ тракта предназначено для преобразования сигнала до значения рабочей частоты f_1 , усиления до необходимой (заданной) мощности и передачи его в антенно-фидерный тракт.

В тракте приема преобразование принятого радиосигнала происходит в обратном порядке:

– так, в радиоприемном устройстве происходит селекция принимаемого сигнала, его усиление, очистка (фильтрация) от радиопомех и преобразование радиосигнала с частотой f_2 в промежуточную частоту;

– в приемном тракте группового оборудования сигнал ПЧ преобразуется к виду, удобному для работы АУ, и усиливается до необходимого уровня;

– аппаратура уплотнения преобразует групповой сигнал в отдельные информационные сигналы, которые затем поступают к получателям сообщений (в АСП эта операция называется разуплотнением, а ЦСП – демультимплексированием).

Неотъемлемой частью любой РРС является антенно-фидерное оборудование. Чаще всего оно является общим для передающего и приемного трактов, так как в радиорелейных станциях в основном используются антенны, работающие одновременно и на прием, и на передачу, а разделение передающего и приемного трактов осуществляется за счет использования разных частот.

Разделение этих трактов осуществляется в дуплексирующем устройстве (дуплексере), который обеспечивает ведение передачи и приема одновременно по одному и тому же фидеру через один и тот же облучатель антенны при различных частотах передачи и приема и при одинаковой поляризации волн.

На оконечных РРС линии второй полукомплект оборудования либо не используется (выключен), либо может использоваться совершенно независимо от другого, в качестве оконечной станции другой РРЛ, оканчивающейся на данном узле связи.

Подвижные военные РРС в своем составе содержат, как правило, два комплекта (*полукомплекта*) оборудования, что позволяет использовать РРС как в качестве оконечных, так и промежуточных станций линии.

Здесь функционируют оба полукомплекта аппаратуры, обеспечивая двустороннюю связь по двум направлениям.

В том случае, когда на промежуточной станции не производится выделение (ответвление) каналов, т. е. станция является чисто ретрансляционной, в принципе на ней может быть использован (включен) любой из предусмотренных в аппаратуре режимов ретрансляции:

- 1) по радиотракту (обычно промежуточной частоты) – транзит радиотракта;
- 2) по групповому тракту – транзит группового тракта;
- 3) по широкополосным каналам – транзит ШК;
- 4) по каналам тональной частоты – транзит ТЧ, «переприем по ТЧ».

Структура и состав промежуточной (узловой) станции линии показаны на рис. 16.

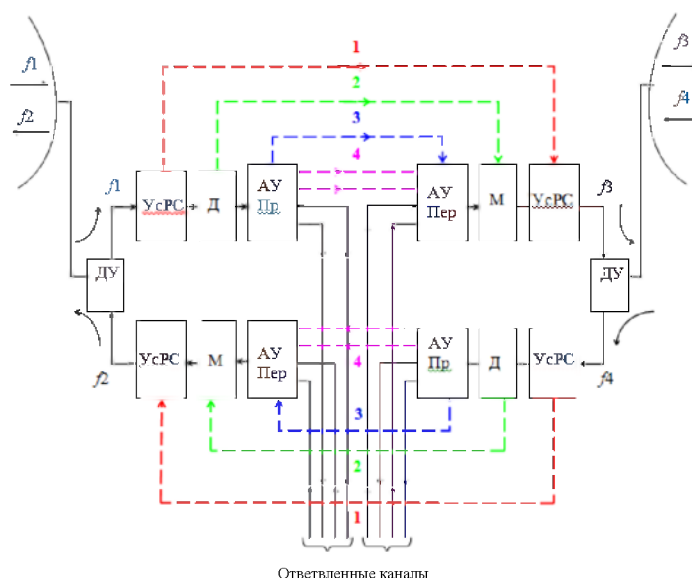


Рис. 16. Структура и состав промежуточной радиорелейной станции

Пути прохождения сигналов между полуккомплектами в каждом из указанных режимов ретрансляции показаны на рисунке штриховыми линиями, отмеченными соответствующими цифрами.

Не все из названных режимов ретрансляции предусматриваются в той или иной конкретной аппаратуре, но из числа предусмотренных меньше искажений вызывает режим с минимальным числом преобразований сигналов. В этом смысле предпочтительность режимов ретрансляции соответствует порядку, в котором они перечислены.

Если промежуточная станция линии является узловой, т. е. на ней производится выделение (ответвление) части каналов, то эти каналы должны быть выделены из многоканального сигнала, т. е. демодулированы до сигналов ТЧ или ШК. В этом случае режим ретрансляции по радиотракту 1, в общем-то, не применим. В системах с ВРК возможны все остальные режимы ретрансляции, а в системах с ЧРК – только режимы 3 и 4. Режим ретрансляции (транзита) по ТЧ наиболее универсален и всегда, в принципе, возможен, но он, как правило, наименее желателен, так как каждый новый транзит по ТЧ ухудшает сквозные характеристики канала ТЧ.

Особенности военной радиорелейной связи

Военная радиорелейная связь осуществляется с помощью военных РРС, рассчитанных на эксплуатацию в полевых условиях в боевой обстановке. С помощью военных РРС в соответствии с планом связи развертываются военные радиорелейные линии.

Военные радиорелейные средства связи должны удовлетворять организационно-техническим требованиям, важнейшими из которых являются:

- возможность сопряжения каналов и групповых трактов радиорелейных линий с аналогичными каналами и трактами проводных тропосферных и других военных средств многоканальной связи, а в предусмотренных случаях – и с каналами и трактами систем многоканальной связи;

- возможность относительно быстрого развертывания военных многоканальных радиорелейных линий необходимой протяженности;
- возможность использования РРЛ в разветвленных сетях многоканальной военной связи;
- обеспечение электромагнитной совместимости определенного количества военных радиорелейных средств на ограниченной территории;
- обеспечение необходимой защищенности от средств радиоразведки и радиопомех противника.

Качественные показатели каналов и трактов подвижных военных РРЛ нормируются в соответствии с действующими нормами и требованиями, предъявляемыми к полевым радиорелейным и проводным средствам связи, применительно к каждому конкретному типу средств индивидуально и, как правило, не соответствуют рекомендациям МККТТ, МККР и ЕАСС.

В настоящее время резко повышаются требования в отношении надежности военных РРЛ, достоверности передачи по ним аналоговой и дискретной информации, возможности использования радиорелейных средств в КСА, повышения скрытности связи, ее защищенности от преднамеренных помех, увеличения мобильности (быстроты перемещения, готовности связи), продолжительности автономной работы РРС и т. п.

Каждый тип военных радиорелейных средств связи обеспечивает в соответствии с предназначением определенные тактико-технические характеристики (ТТХ), определяющие боевые возможности (БВ) типа средств:

- максимально допустимую протяженность линии;
- требуемое число каналов и их качественные показатели;
- максимально допустимую скорость передачи цифровой информации при заданных достоверности и надежности;
- необходимое число фиксированных (рабочих) частот связи;
- минимальное время развертывания РРС и РРЛ, а также другие показатели, определяющие их эффективность и боевые возможности.

1.3. Радиорелейная связь как способ передачи информации

1.3.1. Канал связи и его основные электрические характеристики.

Принципы осуществления частотного и временного уплотнения/разделения каналов

Речевой звук – звук, образуемый человеком с целью языкового общения.

С точки зрения акустики речевые звуки представляют собой колебания упругой среды (сначала речевого аппарата, потом воздуха, в конце – барабанных перепон), обладающие определенным спектром, интенсивностью и диапазоном.

Человеческая речь представляет собой случайный процесс с полосой частот в диапазоне от **80 до 12 000 Гц** (рис. 17).

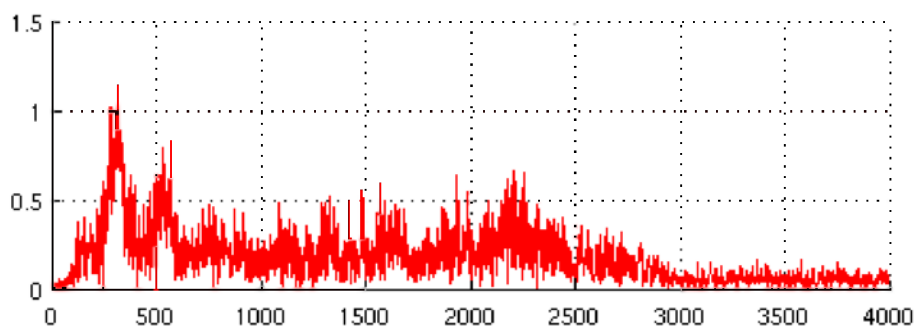


Рис. 17. Спектр речевого сигнала

Однако характеристики (форманты), определяющие разборчивость речи, расположены в основном в полосе частот **300–3400 Гц**, и поэтому в целях повышения экономических показателей систем связи *Международный союз электросвязи (МСЭ)* принял для отдельных телефонных каналов данную передаваемую полосу частот. Качество телефонного сигнала при этом получается достаточно высоким – разборчивость слогов составляет примерно **90 %**, а разборчивость фраз достигает **99 %**.

Для различных специальных каналов (каналы служебной связи, локальные и некоторые военные системы) может использоваться полоса частот **300–2700 Гц**.

Для передачи на большие расстояния акустические сигналы непригодны, так как очень быстро затухают. Поэтому для передачи по каналам связи звуковые волны преобразуют в электрический сигнал при помощи микрофона.

*Электрические колебания в спектре 0,3–3,4 кГц называются **сигналом тональной частоты**.*

При организации связи радиорелейными, тропосферными, космическими или проводными средствами передача информации обеспечивается по каналам связи, образованным данными средствами.

Каналом связи называется совокупность технических средств (аппаратуры) и среды распространения (проводные линии, радиоэфир), обеспечивающих при включении оконечных аппаратов связь данного вида между абонентами различных пунктов.

По видам передаваемой информации различают каналы телефонные, звукового вещания, телевизионные, фототелеграфные (факсимильные), телеграфные, телеметрические, телекомандные, передачи цифровой информации.

По характеру сигналов, передачу которых каналы связи обеспечивают, различают каналы непрерывные и дискретные как по значениям, так и по времени.

Основным каналом в технике многоканальной связи является **канал тональной частоты (КТЧ)**.

Каналом тональной частоты (каналом ТЧ) называется совокупность технических средств, обеспечивающих передачу электрических сигналов с эффективно передаваемой полосой частот (ЭПТЧ) **0,3–3,4 кГц**.

Во время эксплуатации каналов связи производятся измерения мощностей и напряжений сигналов в различных точках. Для оценки мощности или напряжения

сигналов в технике электросвязи введены относительные логарифмические единицы, получившие название **уровней передачи**. Этими относительными логарифмическими единицами оценивают степень ослабления или усиления сигналов.

Уровни передачи измеряются либо в неперах (Нп), либо в децибелах (дБ). Так как двойные единицы неудобны, в настоящее время по рекомендации МСЭ используются единые логарифмические меры на основе десятичных логарифмов – **децибелы**. Но поскольку в сетях связи (в том числе и военных) вместе с новым оборудованием используется еще оборудование, нормы на электрические параметры которого даны в неперах, то разрешено применение и логарифмических единиц на основе натуральных логарифмов – **неперов**.

Соотношение между неперами и децибелами следующее:

$$1 \text{ Нп} = 8,69 \text{ дБ}, 1 \text{ дБ} = 0,115 \text{ Нп}.$$

ЭППЧ – эффективно передаваемая полоса частот, остаточное затухание на крайних частотах которой отличается от остаточного затухания на частоте **800 Гц** не более чем на **1 Нп (8,7 дБ)** при максимальной дальности связи, свойственной данной системе.

Ширина ЭППЧ определяет качество телефонной передачи и возможности использования канала ТФ для передачи других видов связи. В соответствии с международным стандартом для телефонных каналов многоканальной аппаратуры установлена ЭППЧ от 300 до 3400 Гц. При такой полосе обеспечивается высокая степень разборчивости речи, хорошая естественность ее звучания и создаются большие возможности для вторичного уплотнения телефонных каналов.

Параметры и электрические характеристики канала ТЧ

При развертывании полевых многоканальных систем передачи далеко не всегда известно, для какого вида связи будет использован тот или иной канал, поэтому необходимо обеспечить высокое качество всех каналов, чтобы каждый был пригоден для передачи любого вида информации.

С этой целью качество каналов определяется совокупностью электрических параметров, каждый из которых можно объективно оценить, пользуясь соответствующими измерительными приборами. Кроме того, обнаружив уход того или иного параметра за пределы нормы, можно найти устройство, группу узлов, нуждающихся в регулировке или замене, так как в большинстве случаев известно, каким образом то или иное устройство или узел каналообразующего оборудования или линейного тракта оказывает влияние на каждый из параметров.

Перечень электрических параметров достаточно велик. Так, *в каналах тональной частоты в групповых трактах систем передачи с частотным разделением каналов оцениваются следующие параметры:*

- 1) остаточное затухание (усиление) и его стабильность;
- 2) частотная характеристика остаточного затухания;
- 3) фазовая характеристика канала или частотная характеристика группового времени прохождения;
- 4) амплитудная характеристика;
- 5) коэффициент нелинейных искажений;
- 6) изменение частоты сигнала, передаваемого по каналу;

- 7) величина взвешенного (псофометрического) и невзвешенной мощности (напряжения) шума на выходе канала, или шумовая защищенность;
- 8) защищенность от внятных переходных помех;
- 9) защищенность от внятных переходных помех между разными направлениями передачи канала.

Приведенные параметры обеспечивают объективную оценку канала ТЧ.

Однако для измерения всех параметров требуются значительные затраты по времени, которым не всегда располагаешь в процессе эксплуатации полевых многоканальных систем передачи.

Многочисленные наблюдения показали, что **в процессе эксплуатации наиболее часто выходят за пределы допустимых норм следующие параметры:**

- 1) величина остаточного затухания;
- 2) частотная характеристика остаточного затухания;
- 3) амплитудная характеристика остаточного затухания;
- 4) напряжение шума на выходе канала;
- 5) защищенность между направлениями передачи и приема канала.

В зависимости от этого параметры делятся на **основные** и **вспомогательные**.

Основные электрические параметры:

- 1) остаточное затухание (усиление) (a_r);
- 2) частотная характеристика остаточного затухания;
- 3) уровень мощности (напряжения) шума на выходе канала ($P_{ш}$);
- 4) защищенность от внятных переходных помех между направлениями передачи и приема одного канала ТЧ.

Вспомогательные (дополнительные) характеристики:

- 1) амплитудная характеристика;
- 2) фазовая характеристика канала или частотная характеристика группового времени прохождения;
- 3) коэффициент нелинейных искажений;
- 4) изменение частоты сигнала, передаваемого по каналу;
- 5) защищенность от внятных переходных помех между разными направлениями передачи канала.

Остаточным затуханием канала ТЧ называется его рабочее затухание, измеренное на частоте 800 Гц при номинальных нагрузках 600 Ом:

$$a_r = P_{вх} - P_{вых} \text{ при } R_H = 600 \text{ Ом}, \quad (8)$$

где $P_{вх}$ – уровень сигнала измерительного генератора на входе канала;

$P_{вых}$ – уровень сигнала на выходе канала.

Иными словами, остаточным затуханием канала называется разность между уровнями сигнала с частотой 800 Гц на входе и выходе канала при согласованных включениях генератора и указателя уровня.

Физическая сущность остаточного затухания видна из определения – это разность между суммой всех затуханий и суммой всех усилений в канале на $f = 800$ Гц.

Остаточное затухание считается в норме, если его значение равно номинальному с точностью 0,5 дБ (0,05 Нп) на протяжении всего канала.

Остаточное затухание, и особенно его стабильность во времени, является одним из основных параметров, обеспечивающих качество передачи сигналов, потому что снижение уровня принимаемого сигнала ухудшает слышимость телефонной передачи, в сочетании с другими мешающими факторами может вызвать ошибки в приеме сигналов тонального телеграфа, передачи данных, а при значительных снижениях уровня принимаемого сигнала (ниже порога чувствительности приемных устройств) прием дискретной информации становится невозможным.

Максимальное отклонение a_r для простого канала следующее:

$$\Delta a_{rt} \leq 2 \text{ дБ (0,25 Нп)}. \quad (9)$$

Назначение режимов:

2 ПР. ОК – для открытой телефонной связи;

2 ПР. ТР – для временных транзитных соединений открытых телефонных каналов;

4 ПР. ОК – для использования в сетях многоканального тонального телеграфа, закрытой телефонной связи, передачи данных и т. п., а также для транзитных соединений при значительных длинах соединительных линий;

4 ПР. ТР – для долговременных транзитных соединений.

Номинальные значения уровней сигналов и остаточного затухания нормируются для различных режимов канала на частоте 800 Гц (табл. 2).

Таблица 2

Номинальные значения уровней сигналов и остаточного затухания

Режим канала ТЧ	Уровень на входе канала $P_{\text{вх}}$, дБ/Нп	Уровень на выходе канала $P_{\text{вых}}$, дБ/Нп	Остаточное затухание a_r , дБ/Нп
2ПР. ОК	0/0	-7,0/-0,8	7,0/0,8
2ПР. ТР	-3,5/-0,4	-3,5/-0,4	0/0
4ПР. ОК	-13/-1,5	+4,3/+0,5	-17,3/-2,0
4ПР. ТР	+4,3/+0,5	+4,3/+0,5	0/0

Эти нормы должны выполняться вне зависимости от протяженности канала ТЧ и числа транзитов в нем.

Частотной характеристикой остаточного затухания канала ТЧ называется зависимость остаточного затухания от частоты при постоянном уровне передачи сигнала на входе канала:

$$a_r = \psi(f) \text{ при } P_{\text{вх}} = \text{const}. \quad (10)$$

Этот параметр определяет амплитудно-частотные искажения сигнала, передаваемого по каналу. Они обусловлены главным образом количеством и качеством полосовых фильтров в аппаратуре канального преобразования оконечных пунктов и пунктов транзита по ТЧ.

Поскольку каждый транзит по ТЧ увеличивает количество включенных в канал полосовых канальных фильтров, очевидно, что с увеличением числа транзитов по ТЧ ухудшается частотная характеристика (увеличиваются амплитудно-

частотные искажения сигнала, особенно на краях эффективно передаваемой полосы частот (ЭППЧ-канала)).

Частотная характеристика остаточного затухания нормируется в пределах ЭППЧ, одновременно эта характеристика и определяет ее.

Нормы на характеристику задаются в виде зависимости $\Delta a_r = \psi(f)$, т. е. отклонения между остаточным затуханием на данной частоте (300, 400, 600, 1200, 1400, 1600, 2000, 2400, 3000, 3400 Гц) и остаточным затуханием на частоте 800 Гц:

$$\Delta a_r = a_r f - a_r 0,8 = P_{\text{ВЫХ}} 0,8 - P_{\text{ВЫХ}} f. \quad (11)$$

Нормы на частотную характеристику канала ТЧ задаются в виде таблиц и зависят от числа транзитов n по ТЧ (табл. 3).

Таблица 3

Нормы на частотную характеристику канала ТЧ

Полоса частот, кГц	Ед. изм.	Число транзитов по ТЧ, n									
		допустимое превышение					допустимое снижение				
		0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
0,3–0,4	дБ	3,5	5,2	6,8	7,8	8,7	—	—	—	—	—
	Нп	0,4	0,6	0,78	0,9	1,0	—	—	—	—	—
0,4–0,6	дБ	1,8	2,6	3,5	4,0	4,3	—	—	—	—	—
	Нп	0,21	0,3	0,4	0,46	0,5	—	—	—	—	—
0,6–2,4	дБ	0,9	1,3	1,5	1,9	2,1	0,9	1,3	1,5	1,9	2,2
	Нп	0,1	0,15	0,17	0,22	0,25	0,1	0,17	0,17	0,22	0,25
2,4–3,0	дБ	1,8	2,6	3,5	4,0	4,3	—	—	—	—	—
	Нп	0,25	0,3	0,4	0,46	0,5	—	—	—	—	—
3,0–3,4	дБ	3,5	5,2	6,8	7,8	8,7	—	—	—	—	—
	Нп	0,4	0,6	0,78	0,9	1,0	—	—	—	—	—

Схема измерения ЧХ аналогична измерению остаточного затухания, а результаты измерения для удобства обычно заносятся в график-шаблон (рис. 18).

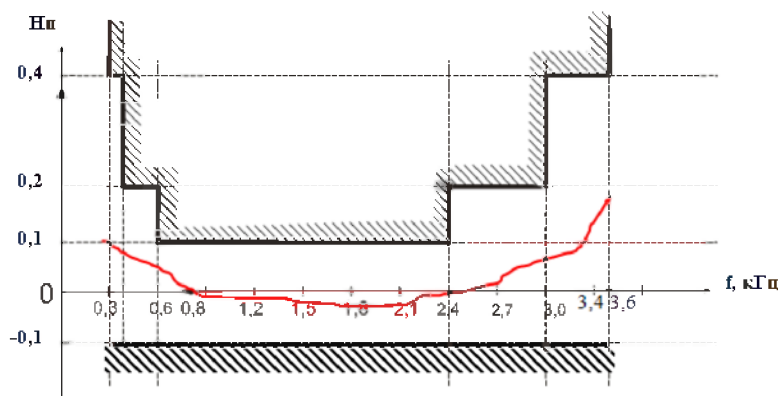


Рис. 18. График частотной характеристики остаточного затухания канала тональной частоты

Существует правило построения частотной характеристики, заключающееся в следующем:

– если стрелка прибора, измеряющего уровень сигнала на выходе канала на данной частоте, отклоняется влево от нормированного значения на частоте 800 Гц, то остаточное затухание увеличивается и имеет положительное отклонение на величину отклонения стрелки прибора;

– если стрелка прибора отклоняется вправо от нормированного значения на частоте 800 Гц, то остаточное затухание уменьшается и имеет отрицательное отклонение на величину отклонения стрелки прибора.

При использовании этого правила отпадает необходимость в употреблении формул, и наносить точки кривой можно сразу на заранее заготовленный шаблон.

После построения графика делается вывод о пригодности канала. Если полученная характеристика не заходит в заштрихованную часть, то канал в норме.

Амплитудно-частотные искажения в канале отрицательно сказываются на качестве передачи сигналов любого вида связи, но особенно существенно влияют на передачу дискретной информации (сигналов передачи данных, тонального телеграфирования и т. п.).

Уровень мощности (напряжения) шума на выходе канала

Помехоустойчивость – важнейшая характеристика системы связи (это способность системы связи противостоять вредному воздействию помех).

Шумами (помехами) называются постоянные электрические колебания, воздействующие на каналы связи и мешающие приему передаваемых сигналов (полезных).

Помехи возникают под воздействием как внутренних, так и внешних факторов.

К помехам внутреннего происхождения относятся:

- 1) тепловые шумы линии и узлов аппаратуры;
- 2) помехи за счет нелинейных режимов узлов аппаратуры.

К внешним помехам относятся:

- 1) помехи за счет переходных влияний между трактами канала;
- 2) радиопомехи;
- 3) атмосферные помехи;
- 4) промышленные помехи;
- 5) помехи от источников питания и др.

В зависимости от типа каналов преобладают различные виды помех.

В радиорелейных, тропосферных и спутниковых каналах в основном действуют шумы внутреннего происхождения (при неправильной юстировке антенн преобладают внешние шумы).

Основными видами помех в каналах систем передачи являются шумы, маскирующие слабые звуки речи и тем самым уменьшающие разборчивость передачи.

Шумы представляют собой случайные процессы, и точную норму их трудно определить. На практике помехи оценивают путем измерения их эффективного напряжения (уровня). Измерение уровня помехи (шума) производится ИУ на выходе канала. На противоположной станции данный тракт загружается на 600 Ом.

Измеренный таким образом уровень шума называется уровнем невзвешенных шумов. *Невзвешенным (интегральным) значением U шума называется действующее значение U шума в полосе канала, т. е. берется общий шум, суммируется и появляется величина $U_{\text{ш}}$ канала ТЧ.*

Действие шума на прием сигналов оценивается по разности уровней полезного сигнала и помехи $P_{\text{с.вых}} - P_{\text{ш}}$.

При передаче телефонных сообщений шум воздействует на сигнал и ухудшает его разборчивость.

В силу особенностей человеческого уха мешающее воздействие шума неодинаково во всем спектре, поэтому оценка шума производится взвешенными или психофотметрическими единицами.

Психофотметрическим напряжением шума называется такое действующее значение U чистого тона с частотой 800 Гц, мешающее воздействие которого на телефонную передачу эквивалентно мешающему воздействию шума во всей полосе канала.

Психофотметрический и интегральный уровень шума связаны соотношением

$$P_{\text{ш.псиф}} = P_{\text{ш}} - 2,5 \text{ (дБ)}. \quad (12)$$

Защищенностью между направлениями передачи и приема в канале ТЧ называется разность между относительным уровнем сигнала и абсолютным уровнем помехи на выходе канала ТЧ, обусловленной влиянием передающего тракта на приемный:

$$a_{\text{зщ}} = P_{\text{с.вых}} - P_{\text{п}}. \quad (13)$$

Причинами влияния одного направления передачи канала ТЧ на обратное являются монтажные переходы в аппаратуре, а для однокабельных систем основной причиной таких помех является переходное влияние на ближнем конце кабельных усилительных участков.

При использовании канала ТЧ для телефонной связи переход энергии с передачи на прием своего же канала проявляется в виде местного эффекта и на качество связи практически не влияет.

При использовании канала ТЧ для передачи данных и тонального телеграфирования переход энергии с передачи на прием оказывает влияние на достоверность передаваемой информации.

Амплитудной характеристикой (АХ) канала ТЧ называется зависимость его остаточного затухания от уровня сигнала на входе канала, измеренного на частоте 800 Гц, т. е.

$$a_r = \varphi(P_{\text{вх}}) \text{ при } f = \text{const}. \quad (14)$$

Номинальный уровень сигнала зависит от режима работы канала, поэтому на практике амплитудную характеристику определяют как зависимость относительного изменения остаточного затухания Δa_r от изменения уровня сигнала на входе канала $\Delta P_{\text{вх}}$.

По амплитудной характеристике можно судить о динамическом диапазоне канала и косвенно – о его нелинейных искажениях. В современных системах передачи на входах каналов ТЧ постоянно включены *ограничители амплитуд*, препятствующие перегрузке линейного тракта при случайных совпадениях пиковых напряжений отдельных каналов.

До порога ограничения АХ должна быть линейной, т. е. остаточное затухание не должно изменяться при увеличении уровня сигнала на входе канала. Отклонение АХ от постоянного значения на этом участке объясняется главным образом нарушением режимов в узлах аппаратуры канального преобразования (модуляторы, усилители тональной частоты) и нарушением режимов работы групповых устройств (групповых модуляторов, групповых и линейных усилителей). Это приводит к росту нелинейных искажений в данном канале или во всех каналах при нарушении режимов в групповых устройствах.

При дальнейшем увеличении уровня сигнала на входе сказывается ограничивающее действие ограничителя амплитуд, и нелинейность АХ резко возрастает.

Нормы на амплитудную характеристику задаются для простого канала:

- при повышении уровня сигнала на входе канала от номинального на 7 дБ (0,8 Нп) остаточное затухание может увеличиться (а усиление уменьшиться) не более чем на 0,3 дБ (0,035 Нп);
- при повышении уровня сигнала на входе канала по отношению к номинальному на 10 дБ (1,15 Нп) и 20 дБ (2,3 Нп) остаточное затухание должно увеличиться не более чем на 2 дБ (0,23 Нп) и 8 дБ (0,9 Нп) соответственно.

Амплитудная характеристика остаточного затухания (усиления) канала ТЧ измеряется в 4 ПР тракте канала в обоих направлениях передачи на токе с частотой 800 Гц с помощью двух магазинов затухания, включенных на входе и выходе канала (точки номинальных уровней –13 и +4 дБ соответственно), измерительного генератора и измерителя уровня.

Принцип частотного уплотнения/разделения каналов

Каналом связи называется совокупность технических средств и среды распространения, обеспечивающих при включении оконечных аппаратов связь данного вида между абонентами различных пунктов.

Каналы связи необходимы для обеспечения обмена сообщениями (передачи/приема сигналов ТЧ) по линиям связи.

Но использование одной линии связи для передачи сигнала одного абонента очень нерентабельно, поэтому при организации связи между различными пунктами используют аппаратуру, позволяющую *одновременно* обеспечивать (по одной линии связи) связь для нескольких абонентов. Эта аппаратура называется **аппаратурой уплотнения каналов**.

Как правило, отдельные каналы связи (от разных абонентов) объединяются в общий (групповой) сигнал, который и передается по линиям связи.

Уплотнением каналов называется операция объединения отдельных каналов связи в общий групповой сигнал для дальнейшей одновременной передачи их по линии связи (рис. 19).

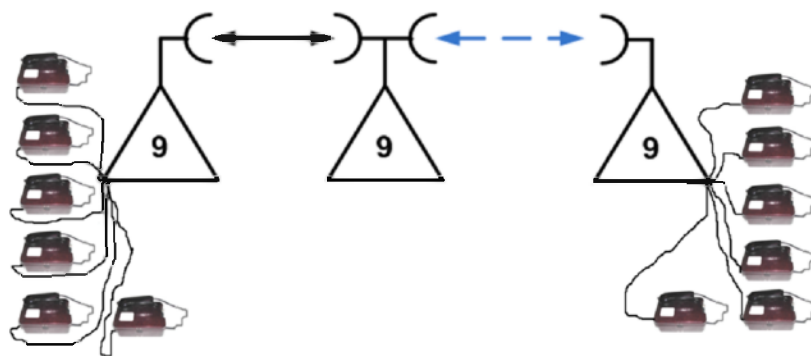


Рис. 19. Пример уплотнения каналов в радиорелейной связи

В зависимости от методов объединения уплотнение каналов связи может быть как частотным, так и временным.

Рассмотрим частотный метод уплотнения каналов связи (рис. 20).

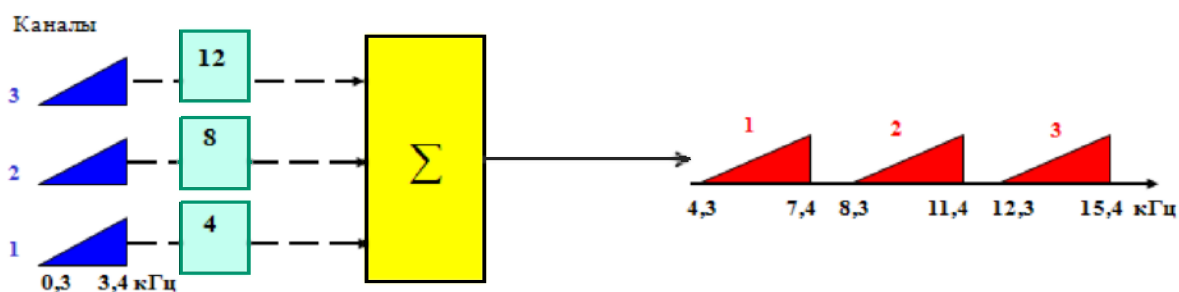


Рис. 20. Принцип частотного уплотнения

При частотном уплотнении групповой сигнал представляет собой сумму преобразованных по частоте отдельных телефонных сообщений, при этом для каждого канала отводится своя полоса частот так, чтобы не происходило перекрытия их частотных полос.

Здесь сигналы отдельных телефонных каналов, занимающие полосу частот 0,3–3,4 кГц, поступают на модуляторы (АМ1, АМ2 и т. д.), где проводится модуляция поднесущих частот f_{n1} , f_{n2} , ..., f_{nN} . Поднесущие частоты отличаются друг от друга на величину, исключающую возможность наложения спектров отдельных каналов друг на друга. Обычно разница по частоте составляет **4 кГц**.

Полученные сигналы объединяются в общий многоканальный (групповой) сигнал, который в таком виде передается по линии связи.

На приемном конце линии связи устанавливается аппаратура разделения каналов, где телефонные сигналы отделяются фильтрами, детектируются (преобразуются в сигнал ТЧ со спектром 0,3–3,4 кГц) и поступают к абонентам.

На использовании данного принципа уплотнения каналов строятся в основном малоканальные (до 12 каналов связи) радиорелейный и проводные линии связи.

Система частотного разделения каналов (ЧРК) позволяет объединять сотни отдельных телефонных (ТЛФ) каналов в общий групповой сигнал, передаваемый по линии связи. Но основным недостатком данного метода уплотнения является то, что для передачи большого числа каналов требуются очень широкая

полоса частот ($N \times 4$ кГц), а также значительное искажение сигнала при переносе его из спектра 0,3–3,4 кГц в спектр группового сигнала и обратно и, как следствие этого, ухудшение частотной характеристики остаточного затухания и увеличение $P_{\text{ш}}$ в канале.

Поэтому в современной многоканальной аппаратуре связи широкое применение нашел принцип временного уплотнения каналов, позволяющий избежать недостатков ЧРК.

Принцип временного разделения каналов (ВРК) мы с вами рассмотрим в следующих темах нашей дисциплины при изучении станций, использующих этот метод уплотнения каналов связи.

Принцип временного уплотнения каналов связи

Современные системы связи предназначены для передачи разнообразнейших видов сообщений: телефонных, телеграфных, факсимильных, телевизионного и звукового вещания. В последнее время значительно расширились различные виды сигналов данных, предназначенных для связи между компьютерами или терминалами, для систем телесигнализации, телеуправления и т. п.

Временное разделение каналов (ВРК) заключается в том, что сигналы разных сообщений передаются поочередно. Для этого аналоговые сигналы представляются отдельными дискретными значениями, которые определяются по теореме отсчетов (*теореме Котельникова*).

Сигнал с ограниченным спектром (F_{max}) полностью определяется своими отсчетами, следующими с частотой ($F_{\text{д}}$), по крайней мере в два раза большей верхней частоты сигнала:

$$F_{\text{д}} \geq 2F_{\text{max}}, \quad (15)$$

где $F_{\text{д}}$ – частота дискретизации;

F_{max} – максимальная частота спектра сигнала.

Например, F_{max} для телефонного канала составляет 3,4 кГц. Следовательно, ТЛФ канал можно передать отдельными значениями, следующими с частотой 6,8 кГц и выше (принято стандартное значение частоты дискретизации в ТЛФ канале 8 кГц).

Он основан на том, что общий тракт связи предоставляется поочередно каждому абоненту на некоторое время T_k , так называемый канальный интервал. Каждый абонент подключается к тракту периодически с периодом T_i и посылает в групповой тракт свой канальный сигнал (КС). Длительность КС должна быть $T_k < T_i$. При N абонентов $T_k \leq T_i/N$ и чем больше N , тем меньше (короче) КС.

Таким образом, на передаче непрерывные сигналы преобразуются в импульсные, дискретные во времени КС. Они стандартные по длительности, поэтому на приеме их можно разделить при помощи синхронной системы коммутации. После разделения, по каждому КС восстанавливают исходную информацию, т. е. осуществляют интерполяцию.

Следовательно, в системах с ВРК осуществляется передача циклами, равными T_i . Причем для синхронной коммутации в цикле передают синхронизирующий сигнал. Кроме того, в цикле отводится время для передачи КС служебной связи, тогда время, отведенное для одного канала T_k , равно:

$$T_k = \frac{T_i}{N + T_{\text{цс}} + T_{\text{сс}}}. \quad (16)$$

Форма КС может быть различна, чаще всего применяют колоколообразные импульсы, так как их легче сформировать.

Преобразование сигнала в системах с ВРК

В системах с ВРК осуществляется следующая последовательность преобразований:

1. Дискретизация – замена непрерывного сигнала $S(t)$ последовательностью дискретных отсчетов его мгновенных значений.
2. Импульсная модуляция – формирование КС, которые будут нести информацию от отсчетов $S(t_k)$, иначе она называется первой ступенью модуляции.
3. Уплотнение во времени всех КС или формирование группового сигнала.
4. Модуляция групповым сигналом высокочастотной несущей, т. е. формирование группового радиосигнала, который передается по тракту связи, – вторая ступень модуляции. Перечисленные преобразования ведутся на передающем конце. На приеме осуществляется обратное преобразование.
5. Выделение группового импульсно-аналогового сигнала $U_{\text{гр}}(t)$ из принятого радиосигнала.
6. Разделение сигнала $U_{\text{гр}}(t)$ на отдельные КС.
7. Преобразование каждого КС с восстановлением соответствующего отсчета $S(t_k)$ функции $S(t)$.
8. Интерполяция сигнала $S(t)$ по полученным отсчетам $S(t_k)$.

В последнее время все больше используются импульсные и особенно цифровые системы. Системы с ВРК начали использоваться в 50-х годах. Эта аппаратура была аналогово-импульсной. В первой ступени использовали ФИМ, а во второй – АМ, т. е. ФИМ-АМ. Иногда, если $N \leq 60$, использовалось ФИМ-ЧМ. Однако типичным было использование ФИМ-АМ с $N = 24$.

Дальнейшим развитием этих видов связи являются цифровые РРС. Они, сохраняя преимущества аналоговых РРС с ВРК, обладают совершенно новыми качествами и получают все большее развитие, успешно конкурируя с кабельными и волоконно-оптическими системами связи.

Непрерывное совершенствование электронных компонентов, появление новых принципов и технологий привело к созданию новых поколений устройств для беспроводной связи, отличающихся высочайшей надежностью, очень малыми габаритами, низким потреблением энергии и низкой стоимостью.

1.3.2. Виды модуляции радиосигналов, применяемые в радиорелейной связи

Модуляция (от лат. *modulatio* – мерность, размерность) – процесс изменения одного или нескольких параметров высокочастотного модулируемого колебания под воздействием относительно низкочастотного управляющего модулирующего сигнала.

В результате спектр управляющего низкочастотного сигнала переносится в область высоких частот, где передача электромагнитных сигналов посредством излучения более эффективна.

Передаваемая информация заложена в управляющем сигнале. Роль переносчика информации выполняет высокочастотное колебание, называемое *несущим*.

В качестве несущего могут быть использованы колебания различной формы (прямоугольные, треугольные и т. д.), однако чаще всего применяются *гармонические (синусоидальные) колебания*.

В зависимости от того, какой из параметров несущего колебания изменяется, различают вид модуляции (амплитудная, частотная, фазовая и др.).

Рассмотрим наиболее часто используемые в военной технике радиосвязи виды модуляции.

Виды аналоговой модуляции:

- амплитудная модуляция (АМ);
- фазовая модуляция (ФМ);
- частотная модуляция (ЧМ).

Амплитудная модуляция (рис. 21) – вид модуляции, при которой изменяемым параметром несущего сигнала является его амплитуда.

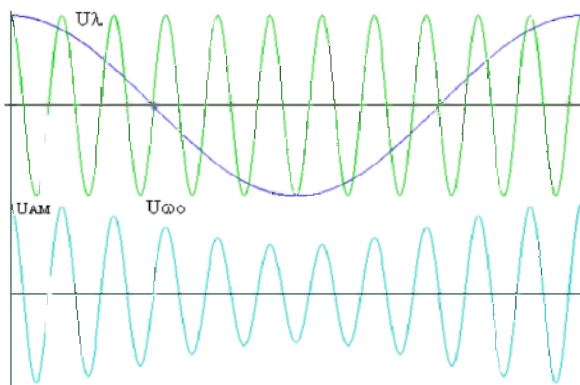


Рис. 21. Амплитудная модуляция

При амплитудной модуляции модулирующая функция или управляющий сигнал воздействует на амплитуду колебания несущей функции (модулируемого сигнала, вырабатываемого опорным генератором), при этом огибающая амплитуд модулированного сигнала становится переменной величиной.

Фазовая модуляция (рис. 22) – один из видов модуляции колебаний, при которой фаза несущего колебания управляется информационным сигналом.

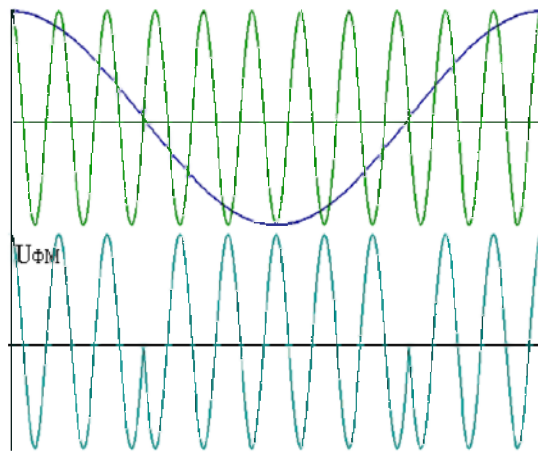


Рис. 22. Фазовая модуляция

Частотная модуляция (рис. 23) – вид аналоговой модуляции, при которой информационный сигнал управляет частотой несущего ВЧ колебания. По сравнению с амплитудной модуляцией здесь амплитуда остается постоянной.

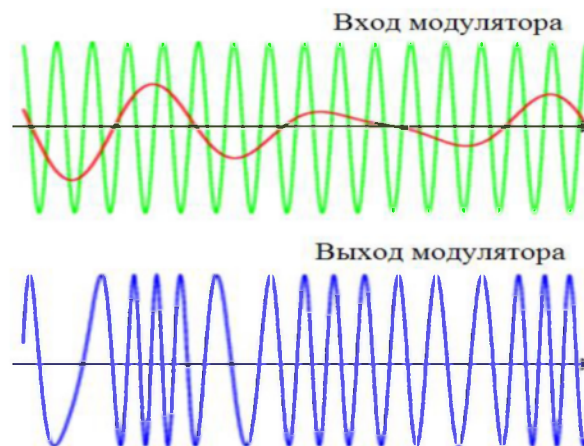


Рис. 23. Частотная модуляция

В результате модуляции сигнал ТЧ не преобразуется в ВЧ колебание, а изменяются его параметры. В результате модуляции получается ВЧ колебание, которое содержит информацию о модулирующем НЧ сигнале.

Так, при ЧМ информация о НЧ модулирующем сигнале заложена в изменении (девиации) частоты несущего сигнала.

Девияция частоты – наибольшее отклонение мгновенной частоты модулированного радиосигнала (при частотной модуляции) от значения его несущей частоты.

Частотная модуляция применяется для высококачественной передачи аудиосигнала в радиовещании (в диапазоне УКВ), для звукового сопровождения телевизионных программ, передачи сигналов цветности в телевизионном стандарте *SECAM*, видеозаписи на магнитную ленту, а также в радиорелейных линиях связи.

1.4. Организация оперативно-технической службы на РРС. Безопасность связи

1.4.1. Задачи оперативно-технической службы на узлах связи. Содержание и основные требования по ведению технической и эксплуатационной документации на радиорелейной станции

На узлах связи, элементах узла связи и на боевых постах разрабатываются и ведутся документы по оперативно-технической службе (ОТС).

К основным документам по ОТС на радиорелейной станции относятся:

- схема-приказ начальнику радиорелейной станции;
- схема организации дежурства с расчетом личного состава дежурной смены;
- инструкции должностным лицам и личному составу дежурных смен;
- график несения дежурства;
- план-график технического обслуживания техники связи на месяц;
- инструкция по технике безопасности;
- инструкция по мерам пожарной безопасности;
- аппаратный (технический) журнал;
- действующие нормативы по установлению (восстановлению) связи и по работе на средствах связи;
- установленные эксплуатационные нормы на электрические характеристики и параметры аппаратуры, каналов (линий) связи;
- схема линий связи привязки и соединительных линий;
- схема электроснабжения боевого поста;
- перечень запрещенных частот (выписка).

Кроме того, у дежурного механика радиорелейной станции дополнительно разрабатываются и ведутся следующие документы:

- таблица единых позывных должностных лиц частей и подразделений связи для ведения служебных переговоров по радиорелейным линиям связи (выписка);
- таблица распределения каналов РРЛ;
- ПТРТС;
- ключи к ПТРТС (выписка);
- бланки радиоданных;
- сигналы управления и оповещения.

Схемы-приказы разрабатываются для узла связи, элемента узла связи и боевого поста.

Схема-приказ для узла связи разрабатывается отделом связи и подписывается начальником связи.

Схема-приказ для элемента узла связи разрабатывается на основании схемы-приказа для узла связи и подписывается начальником узла связи. На схеме указываются номера боевых постов, обеспечивающих связь. Схема-приказ для элемента узла связи находится у дежурного по элементу узла связи.

На основании схемы-приказа для элемента узла связи начальник элемента УС разрабатывает и подписывает схемы-приказы для каждого боевого поста элемента узла связи и каждого номера дежурного расчета боевого поста.

На схемах указываются условные номера направлений и виды связи, обеспечиваемые данным боевым постом, типы и оперативные номера используемой для обеспечения связи аппаратуры и средств связи, номера соединительных линий с взаимодействующими боевыми постами, очередность и сроки установки каждой связи.

Каждому элементу (центру, станции) узла связи присваивается условное обозначение, которое состоит из буквы П и трехзначного числа:

- 1) П-100 – телеграфный центр (телеграфная станция);
- 2) П-200 – телефонный центр (телефонная станция);
- 3) П-300 – центр (станция) каналообразования;
- 4) П-400 – центр средств автоматизированного управления войсками;
- 5) П-500 – центр обеспечения прохождения информации;
- 6) П-600 – приемный радицентр;
- 7) П-700 – передающий радицентр;
- 8) П-800 – центр (станция) космической связи;
- 9) П-900 – центр инженерно-технических систем.

Условное обозначение каждого боевого поста (аппаратной, станции) элемента (центра, станции) узла связи состоит из букв БП и 3–4-значного числа, первая цифра которого указывает на принадлежность к соответствующему элементу (центру, станции) узла связи.

Боевые посты (аппаратные, станции) центра каналообразования:

- 1) БП-310 – пункт управления ЦКО и кросс;
- 2) БП-340 – аппаратная (станция) тонального телеграфирования;
- 3) БП-350 – аппаратная (станция) высокочастотного телефонирования;
- 4) БП-360 – аппаратная (станция) радиорелейной связи;
- 5) БП-370 – аппаратная (станция) тропосферной связи.

При наличии в составе элемента узла связи нескольких однотипных боевых постов (аппаратных, станций) перед их условным обозначением добавляется порядковый номер (например, 1БП-360, 2БП-360 и т. д.).

На основании приказа начальника узла связи об организации дежурства разрабатывается *схема организации дежурства с расчетом личного состава дежурной смены* при различных степенях боевой готовности.

На схеме указываются:

- боевой пост (с указанием единых оперативных номеров и номеров дежурного расчета) при каждой степени боевой готовности;
- расчет личного состава дежурной смены боевого поста для каждой из установленных степеней боевой готовности.

Инструкции лицам дежурной смены разрабатываются на элементе узла связи для каждого начальника дежурного расчета боевого поста, номера дежурного расчета и утверждаются начальником элемента узла связи. Они определяют ответственность, обязанности и действия номеров дежурного расчета при выпол-

нении конкретных задач во время несения дежурства с указанием последовательности выполнения основных действий и времени, отведенного на каждое действие.

В инструкциях конкретно определены действия должностных лиц дежурной смены и номеров дежурных расчетов боевого поста:

- при приеме/сдаче дежурства;
- при установлении связи;
- при поддержании средств связи в постоянной готовности к использованию по назначению;
- при восстановлении нарушенных связей, средств связи и т. д.

С целью поддержания техники связи в исправном или работоспособном состоянии при подготовке к использованию и использовании по назначению, проводится их техническое обслуживание.

Техническое обслуживание техники связи БП проводится по *план-графику*, который составляется инженером (командиром) подразделения с указанием даты выполнения работ и ответственных исполнителей. План-график согласуется по времени начала и окончания работ с взаимодействующими узлами и линиями связи.

Результаты технического обслуживания записываются в аппаратный (технический, машинный) журнал.

Аппаратный журнал радиорелейной станции является основным документом, характеризующим работу станции на связь.

При ведении аппаратного журнала необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Аппаратный журнал ведется начальником смены (радиорелейным механиком) и хранится на радиорелейной станции.
2. Записи в журнале делаются при каждом включении и выключении станции или отдельных блоков (устройств).

На основании этих записей подсчитывается количество часов работы станции.

В аппаратном журнале отмечаются дата и место развертывания (включения) станции и установление связи с соседними станциями, время регулировки и сдачи каналов в эксплуатацию, изменение режимов станции, время выключения станции при свертывании радиорелейной линии, прием и сдача дежурства.

В аппаратном журнале также отражаются:

- приказание, распоряжения должностных лиц дежурной смены, старших узлов связи и старших начальников по вопросам организации и обеспечения связи и АСУ, прохождения информации и несения дежурства на боевом посту, срок исполнения которых составляет менее суток;
- отданные дежурным по узлу связи (дежурным по элементу узла связи, начальником дежурного расчета боевого поста) за время несения дежурства команды, распоряжения;
- поступившие и сделанные доклады о действиях по выполнению приказаний (распоряжений), о состоянии и перерывах связи, о нарушениях правил СУВ, дисциплины связи и безопасности связи;

– другие вопросы, решаемые в ходе несения дежурства, определенные руководствами, наставлениями, положениями и инструкциями.

Все записи в журнале ведутся аккуратно, разборчиво, с указанием времени и должности лица, от которого поступило (кому отдано) приказание (распоряжение) и ход его выполнения.

Схема линий связи привязки и соединительных линий разрабатывается для каждого элемента узла связи. На схеме указываются трассы и условия прокладки кабелей связи с обозначением их типов и условных номеров, НУП, ОУП, типы и номера используемой каналобразующей аппаратуры и другие необходимые данные.

На схеме электроснабжения боевого поста указываются:

- питающие кабельные линии от государственной энергосистемы с указанием марки кабеля, его сечения и длины;
- автономная электропитающая станция (ЭПС) с указанием ее типа, мощности и коммутационной аппаратуры;
- аккумуляторные батареи с указанием их типа и напряжения;
- распределительные (силовые) щиты с коммутационной аппаратурой, места их установки и конкретные потребители электроэнергии.

Схема электроснабжения для боевого поста узла связи разрабатывается и подписывается начальником (инженером) элемента узла связи.

Таблицы позывных узлов связи и должностных лиц пунктов управления разрабатываются, утверждаются и направляются на узел связи старшим штабом. На боевые посты начальником элемента узла связи делаются выписки из данных таблиц в объеме, необходимом для установления и ведения связи механиками боевого поста. При появлении изменений списки уточняются начальником узла связи.

Таблицы распределения каналов составляются на радиорелейные и тропосферные станции на основании схемы-приказа для узла связи.

При вхождении в связь и при ведении служебных переговоров с целью соблюдения правил скрытого управления войсками (СУВ) на радиорелейных станциях применяется *переговорная таблица по радиорелейной и тропосферной связи 1994 года издания (ПТРТС-94)*.

Для кодирования фраз, цифр, букв пользуются сменными ключевыми данными (ключи к ПТРТС-94). Они представляют собой цифры вертикального и горизонтального ряда от нуля до девяти. Цифры в рядах не повторяются. Набор цифр меняется ежедневно. Начальником элемента узла на боевые посты связи делаются выписки из ключевых таблиц и выдаются начальникам боевых постов в объеме, необходимом для работы.

1.4.2. Правила ведения связи при работе на радиорелейной станции.

Порядок обеспечения безопасности связи

Современные средства радиоразведки позволяют противнику осуществлять перехват любого вида передачи по радио, радиорелейным, тропосферным и космическим средствам, вводить ложную информацию и выявлять намерения наших войск. В связи с этим к связи предъявляются соответствующие требования, такие как своевременность, достоверность и безопасность обмена.

Безопасность связи – это ее способность противостоять несанкционированному получению, уничтожению или изменению информации в ходе ее передачи, хранения и обработки в системе связи, а также вводу ложной информации.

Безопасность связи достигается:

- противодействием техническим средствам разведки противника;
- использованием средств криптографической защиты информации;
- соблюдением режима секретности при обращении с документами по связи, составляющими государственную и служебную тайну;
- контролем за соблюдением наставлений и инструкций по установлению и обеспечению связи, по безопасности использования технических средств связи;
- ограничением круга лиц, допускаемых к ведению переговоров по каналам связи;
- подготовкой специалистов связи, использующих средства связи, по вопросам безопасности связи и скрытого управления войсками;
- строгим соблюдением дисциплины связи.

Стремлению противника добыть путем перехвата переговоров и передач ценные для него сведения должны быть противопоставлены высокая бдительность, дисциплина и умение хранить военную тайну.

Своевременность связи – это ее способность обеспечить передачу и доставку сообщений или ведение переговоров в заданное время, обусловленное оперативно-тактической обстановкой.

Достоверность связи – это ее способность обеспечивать воспроизведение передаваемых сообщений в пунктах приема с заданной точностью.

Одним из условий обеспечения безопасности связи является строгое соблюдение дисциплины связи.

Дисциплина связи – строгое и точное соблюдение установленных режимов работы средств связи, правил установления связи и ведения переговоров по каналам связи.

Дисциплина связи достигается:

- твердым знанием и четким выполнением личным составом правил установления связи, ведения обмена информацией и переговоров по каналам связи;
- соблюдением установленного режима работы излучающих средств связи, порядка их использования и мероприятий по маскировке;
- установлением действенного контроля за использованием средств связи;
- воспитанием личного состава в духе высокой бдительности.

Командиры всех степеней обязаны немедленно принимать меры по пресечению нарушений дисциплины связи. Во всех случаях при ведении переговоров по незасекреченным средствам радиосвязи должны кодироваться условные номера и наименования войсковых частей, должности, воинские звания и фамилии, а также пункты местности.

С учетом указанных требований в ВС разрешается передавать в открытом виде следующие сведения:

- условные сигналы по оповещению о радиоактивном, химическом и бактериальном заражении и о воздушном противнике;

- предупреждения об опасных явлениях природы: ураганах, бурях, штормах и т. п.;
- сообщения о внезапном нападении или появлении реального противника и высадке его десантов;
- команды по срочному оказанию помощи людям, самолетам и кораблям, терпящим бедствие;
- переговоры, связанные с установлением связи, ее обеспечением и регулировкой, осуществляемые по установленным правилам.

Отклонения от установленных правил ведения переговоров по техническим средствам связи, которые могут привести к разглашению государственной либо служебной тайны, утечке секретных сведений, являются нарушениями правил ведения переговоров по техническим средствам связи.

Классификация нарушений правил использования средств радиосвязи определена специальной инструкцией. Нарушения правил использования радиосвязи, а также требований руководящих документов (уставов, наставлений, инструкций, приказов и директив), которые могут привести к разглашению секретных сведений и утечке данных о Вооруженных Силах в иностранные радиоразведки, по степени важности подразделяются на три категории.

Нарушения категории I – нарушения, приводящие к прямому разглашению и утечке секретной информации.

К ним относятся:

- нарушения требований СУВ, когда из открытых переговоров, ведущихся по незасекреченным каналам связи, возможно установить: дислокацию, действительные наименования, предназначение, состав, перегруппировку, маршруты движения объединений, соединений и частей; содержание сведений, переданных или предназначенных к передаче в зашифрованном (кодированном) виде или по аппаратуре ЗАС, порядок кодирования топокарт и подобные им сведения;
- несвоевременная смена радиоданных при смене пунктов управления;
- применение (использование) таблицы по радиорелейной и тропосферной связи для передачи сведений, содержащих секретные данные и др.

Нарушения категории II – нарушения, приводящие к разглашению и утечке сведений служебного характера, а при систематизации и обобщении их – секретных сведений.

К ним относятся:

- открытые передачи по незасекреченным каналам связи, из которых можно частично установить: номера воинских частей, полевых почт, принадлежность радиопозывных узлам связи, должностным лицам и принадлежность радиостанций к видам ВС, родам войск и звеньям управления; занимаемые должности генералов и офицеров, воинские звания и фамилии.

Нарушения категории III – нарушения правил установления связи и технической эксплуатации средств радиосвязи, которые приводят к разглашению и утечке сведений служебного характера.

Они не раскрывают секретных сведений, но снижают качество связи и эксплуатационно-технические возможности радиосредств.

К ним относятся:

- ошибки в позывных корреспондентов;
- настройка радиосредств на посторонние частоты и выход в эфир для связи с корреспондентом;
- работа на запрещенных частотах.

Лица, допустившие нарушения требований по обеспечению скрытности управления при использовании открытых каналов связи, несут ответственность в соответствии с действующим законодательством.

Возможность перехвата противником сигналов радиорелейных станций требует при ведении служебных переговоров по радиорелейным линиям строгого соблюдения дисциплины связи и правил скрытого управления войсками (СУВ).

Служебные переговоры – это ведение переговоров должностными лицами по вопросам организации работы и эксплуатационного обслуживания радиорелейных линий, а также для контроля за прохождением связи и для проверки времени.

Служебные переговоры по радиорелейной линии и с элементами узла связи ведутся:

- по телефонным каналам радиорелейной линии;
- по внутриузловым проводным соединительным линиям;
- с помощью радиостанций.

На действующих радиорелейных линиях служебные переговоры обеспечиваются по специальному служебному каналу.

Служебные переговоры между радиорелейными станциями при помощи радиостанций УКВ применяются при строительстве радиорелейных линий (РРЛ), при нарушении (перерывах) в их работе (если отсутствует служебная связь по проводным каналам), а также в движении.

При ведении служебных переговоров по радиорелейным каналам и внутриузловым соединительным линиям должны строго соблюдаться правила скрытности переговоров. Вызов узла связи, пунктов управления радиорелейной линии, отдельных радиорелейных станций, элементов узла связи, должностных лиц производится только по присвоенным им позывным, которые не должны содержать в себе сведений, составляющих военную тайну.

Для обеспечения безопасности связи при ведении переговоров по радиорелейным каналам и для соблюдения правил скрытого управления войсками используется переговорная таблица радиорелейной и тропосферной связи (ПТРТС-94), таблицы позывных узлов связи, пунктов управления радиорелейной линии и отдельных радиорелейных станций.

Таблица ПТРТС-94 применяется при работе специалистов радиорелейной и тропосферной связи, а также для управления подразделениями связи Министерства обороны Республики Беларусь.

Содержание таблицы ПТРТС-94 и порядок пользования ею:

– на первой странице таблицы имеется выписка из таблицы позывных должностных лиц частей и подразделений связи Министерства обороны Республики Беларусь. Для позывных должностных лиц используются обычно трехзначные цифровые группы. Они записываются в две колонки, т. е. для каждого должностного лица – два позывных (основной и резервный). Срок действия позывных – один год;

– на четвертой странице имеется перечень типовых фраз, применяемых для ведения служебных переговоров по открытым радиорелейным (тропосферным) каналам связи. Данные типовые фразы предназначены для обеспечения настройки радиорелейных и тропосферных станций и линий связи. Они используются только специалистами связи РРС и ТРС;

– вторая и третья страницы (расположены развернутым листом) таблицы разбиты на 100 клеток. В свою очередь каждая клетка разбита еще на четыре клетки. В верхней левой и в нижней левой клетках записаны фразы, в верхней правой записаны буквы, а в нижней правой – цифры. Для кодирования фраз, цифр, букв пользуются сменными ключевыми данными (ключи к ПТРТС-94). Они представляют собой цифры вертикального и горизонтального ряда от нуля до девяти. Цифры в рядах не повторяются. Набор цифр меняется ежедневно.

Пример заполнения таблицы ПТРТС-94 представлен в табл. 4.

Обучаемые должны заполнить таблицы ПТРТС-94 данными ключами. При кодировании составляются группы, в которых первая цифра берется из вертикального ряда, вторая – из горизонтального. Обычно кодирование начинается с фраз: «ЧИТАЙТЕ НИЖНИЕ (ВЕРХНИЕ) ФРАЗЫ», «ЧИТАЙТЕ БУКВЫ (ЦИФРЫ)». Затем кодируется информация.

Таблица 4

Пример заполнения таблицы ПТРТС-94

Вертикальный ряд	7	5	4	3	6	8	9	0	1	2
Горизонтальный ряд	2	8	5	1	9	7	4	6	0	3

Пример: текст «СТАНЦИИ ПРИСВАИВАЕТСЯ ПОЗЫВНОЙ 1367».

Кодированный текст: «50 58 43 59 96».

Попробуйте самостоятельно выполнить следующие задания:

1) закодировать следующее сообщение: **«ПЕРЕДАЧУ В МОЮ СТОРОНУ ВЕДИТЕ НА ВОЛНЕ 439 С 12.35»** (73 59 43 79 71 52 63 40 43 51 37);

2) раскодировать данное сообщение:

а) **«50 17 63 52 23 25 11 02 84 36 99»** (РРС прибыла в район Бараново);

б) **«50 44 43 59 90 73 57 43 78 76 77 50 59 43 79 75 71»** (Сообщаю данные для работы со станцией №1368, волна передачи 175, волна приема 423).

Итак, при ведении служебных переговоров по радиорелейным и тропосферным линиям связи необходимо постоянно соблюдать правила СУВ. В связи с этим необходимо хорошо знать таблицу ПТРТС-94 и уметь уверенно ею пользоваться.

1.4.3. Требования безопасности при работе на технике радиорелейной связи

При работе на технике радиорелейной связи необходимо выполнять следующие требования:

1. При совершении марша в район развертывания станции:

- а) проверить исправность аппаратуры, служебной связи и транспортной базы;
- б) проверить надежность крепления всего имущества, находящегося в кузове;
- в) при движении находиться на своих местах и следить за состоянием креплений, аппаратуры и оборудования;
- г) в случае угрозы срыва каких-либо блоков аппаратуры принять решение о немедленной остановке;
- д) старшему по кузову находиться у переговорного устройства и поддерживать с кабиной постоянную громкоговорящую связь;
- е) категорически запрещается курить, спать и пользоваться отопителями;
- ж) во время остановки не выходить из аппаратной без приказа, на привалах не выходить на проезжую часть дороги;
- з) старшему машины следить за соблюдением дистанции между машинами в соответствии со скоростью движения, за соблюдением водителем правил дорожного движения.

2. При развертывании станций:

- а) начальнику станции лично руководить установкой станции путем подачи водителю установленных сигналов;
- б) личный состав находится вне кузова автомобиля в безопасном месте;
- в) в первую очередь оборудовать заземление станции, а также дополнительное заземление (заземление ЩАЗ), а при питании станции от вынесенного агрегата заземляется и сам агрегат;
- г) подключать заземление аппаратной, а также антенные фидера только при выключенном питании;
- д) подключение силовых кабелей производить только в резиновых диэлектрических перчатках и в присутствии другого члена экипажа, способного оказать необходимую помощь. Подключение вынесенного агрегата к станции производится при отключенной нагрузке на приборном щите агрегата;
- е) при подключении проводов под зажимы, гайки оголенная часть проводников не должна выступать за пределы гайки;
- ж) кабель электропитания сначала подключить к сетевой колодке в станции, а затем к электропитающей станции, при этом все выключатели на блоках питания оборудования аппаратной должны быть отключены;
- з) категорически запрещается использовать нетабельные кабели, провода, а также не полностью развернутые катушки силового кабеля;
- и) не подключать аппаратную к сетям, сведения о которых не известны;
- к) категорически запрещается работать на крышах машин при грозе, при ветре более шести баллов, в гололед, при сильном дожде и снегопаде;

л) при наличии в районе развертывания станции ЛЭП, линий связи и металлических и железобетонных конструкций размещать ее не ближе 150–200 м от них.

м) перед развертыванием антенно-мачтового устройства необходимо проверить натяжение подъемно-спусковых тросов мачты, исправность лебедок и тросов оттяжек.

3. При эксплуатации станций:

а) на каждом рабочем месте иметь диэлектрические коврики, а комплект инструмента должен быть с изолированными рукоятками;

б) перед включением источника питания проверить его напряжение и полярность;

в) не допускать замены электровакуумных приборов и предохранителей при включенном питании;

г) не допускать применения вместо предохранителей суррогатных вставок;

д) для измерения напряжений использовать только табельные измерительные приборы;

е) при пользовании отопителем производить проветривание станции не реже чем через 3–4 часа;

ж) при загорании проводов немедленно выключить питание и принять меры к их тушению при помощи углекислотного огнетушителя;

з) в случае обнаружения неисправного состояния электрооборудования, измерительных приборов и соединительных проводов необходимо немедленно сообщать об этом руководителю занятия.

Для предотвращения несчастных случаев при развертывании станции запрещается:

- находиться на площадке развертывания антенн посторонним лицам, не участвующим в развертывании;

- производить опускание и подъем мачт без команды начальника станции и в неустановленном порядке;

- работать неисправными кувалдой и лебедкой, а также при наличии сростков оттяжек и появлении узлов, петель тросов оттяжек;

- сматывать и разматывать оттяжки голыми руками;

- применять неисправные и сросщенные оттяжки, а также оттяжки без карабинов или крюков;

- устанавливать мачты при большом их изгибе;

- использовать оттяжки не по прямому назначению (для буксировки автомобилей и пр.);

- находиться на крыше кузова при переездах автомобиля.

2. АНАЛОГОВЫЕ РРС, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

2.1. Малоканальная радиорелейная станция Р-415

2.1.1. Назначение, тактико-технические данные и режимы работы РРС Р-415

Радиорелейная станция (радиостанция) Р-415 предназначена для организации малоканальных линий связи, ответвления каналов от магистральных линий связи и дистанционного управления КВ и УКВ радиостанциями.

Аппаратура радиостанции обеспечивает бесперерывное вхождение в связь и ведение связи без ручной подстройки как на стоянке, так и при движении.

Радиостанция сохраняет работоспособность при температуре от -30 до $+50$ °С.

Диапазон и количество рабочих частот для различных вариантов радиостанции приведены в табл. 5.

Таблица 5

Диапазон и количество рабочих частот РРС Р-415Н

Шифр изделия	Диапазон частот, МГц	Количество рабочих частот	Дискретность сетки частот, кГц	Минимальный дуплексный разнос	
				ФЧ	МГц
Р-415Н	80–119,95	800	50	161	8,05
Р-415В	390–429,8	200	200	75	15,0

Оборудование РРС-415 имеет следующие параметры:

1. Значения мощности передатчика на выходе БПП приведены в табл. 6.

Таблица 6

Мощность передатчика РРС Р-415Н

БПП	Мощность, Вт	
	нормальная, не менее	пониженная
1Б03	10	0,5–2,5
ДБ03	6	0,3–1,3

2. Чувствительность приемника при соотношении сигнал/шум 35 дБ – не более указанной в табл. 7.

Таблица 7

Чувствительность приемника РРС Р-415Н

БПП	Чувствительность, мкВ	
	1 канал ТЧ	2 канал ТЧ
1Б03	2,0	5,5
ДБ03	5,0	5,0

3. Стабильность частот возбуждителя передающего устройства и гетеродина приемного устройства должна быть не хуже $\pm 1 \cdot 10^{-5}$.

4. Ненаправленная антенна 1Б12 представляет собой коаксиальную антенну и предназначена для всенаправленного излучения и приема, коэффициент усиления – не менее 2 дБ.

5. Дальность связи при работе на направленную антенну 1Б11 (ЛПА) составляет не менее 30 км.

6. Электропитание радиостанции обеспечивается от первичных источников:

- однофазной сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц;
- трехфазной сети переменного тока напряжением 380 В частотой 50 Гц;
- постоянного тока напряжением 27 В.

7. Мощность, потребляемая радиостанцией, не превышает 180 Вт при питании от источника постоянного тока и 330 Вт – при питании от источника переменного тока.

8. Масса аппаратной стойки составляет 85 кг.

Режимы работы РРС Р-415Н:

1. Режим работы с блоком уплотнения каналами (**режим БУК**).

Режим БУК предназначен для организации одновременной работы по двум телефонным и двум телеграфным каналам.

2. Режим работы с внешней каналообразующей аппаратурой П-330-6 (**режим А-6Б**).

Режим А-6Б предназначен для работы по трем оперативным каналам ТЧ и одному служебному, образованным внешней аппаратурой уплотнения «Азур-6Б».

3. Режим работы с аппаратурой передачи данных (**режим АПД**).

Режим АПД предназначен для работы РРС Р-415 с внешней аппаратурой передачи данных со скоростью 12–48 кБит/с.

4. Режим работы в одноканальном режиме (**режим СИМПЛ.**).

Одноканальный режим, при котором обеспечивается симплексная работа по одному из телефонных каналов с повышенной девиацией частоты.

5. Режим дистанционного управления КВ и УКВ радиопередатчиками (**режим КАНАЛ ДУ**).

Режим предназначен для дистанционного управления КВ (УКВ) передатчиками.

6. Режим дежурного приема (**режим ДЕЖ. ПРИЕМ**).

При режиме дежурного приема обеспечивается прием вызова по любому телефонному каналу (передатчик отключен).

7. Режим функционального контроля (**режимы КОНТР.**).

Режимы автоматизированного контроля: передачи – режим **КОНТР. Прд** и приема – **КОНТР. Прм**, обеспечивающие контроль исправности аппаратуры (с точностью до блока) без излучения в пространство.

8. Режим **НАСТРОЙКА**.

Режим автоматизированной настройки приемопередатчика, при котором обеспечивается возможность настройки на любую фиксированную пару частот (приема и передачи) с помощью декадных переключателей синтезатора частот.

2.1.2. Принцип работы РРС Р-415 в режиме БУК

Радиостанция состоит из приемопередающей аппаратуры, аппаратуры уплотнения, вторичных источников питания, антенно-мачтового устройства (АМУ), запасного и вспомогательного имущества.

Аппаратура радиостанции имеет структуру: шкаф – блок – субблок, как показано на рис. 24.



Рис. 24. Внешний вид РРС Р-415Н

В состав радиостанции в зависимости от варианта исполнения входят следующие основные части:

- шкаф аппаратный Б30-2 (однодиапазонный вариант);
- блок уплотнения каналами Б17;
- блок контроля и управления Б01-1;
- блок приема передатчика 1Б03;
- синтезатор частот Б02;
- блок питания Б04;
- микротелефонная трубка МТ-50;
- антенна ненаправленная 1Б12;
- запасное имущество.

Блоки приемопередатчиков (БПП) 1Б03, ДБ03 предназначены для выделения и демодуляции принятых антенной частотно-модулированных ВЧ сигналов корреспондента, а также для формирования мощных ВЧ сигналов передатчика соответственно в диапазонах частот 80–120 и 390–430 МГц. БПП обеспечивает работу в режимах **РАБОТА**, **НАСТРОЙКА**, **КОНТР.** Прм, **КОНТР.** Прд.

Измеритель проходящей мощности (ИПМ) предназначен для контроля и измерения по прибору БКУ падающей и отраженной мощности передатчика, организации работы БПП на внутреннюю нагрузку в режимах работы станции **КОНТР.** и **НАСТРОЙКА**, отвлечения в тракт приема сигнала передатчика с частотой приема в режимах **КОНТР.** и **НАСТРОЙКА**.

Фильтр частотных развязок (ФЧР) обеспечивает одновременную работу приемника и передатчика на одну антенну. ФЧР состоит из фильтра передатчика (ФЧР Прд) и фильтра приемника (ФЧР Прм), которые связаны между собой общей индуктивной связью. Затухание ФЧР не превышает 2,0 дБ в полосе пропускания. Развязка между передающим и приемным плечами ФЧР – не менее 65 дБ. Фильтры перестраиваются автоматически механизмом перестройки с помощью шаговых двигателей, расположенных на корпусе ФЧР.

УВЧ усиливает ВЧ сигнал, поступающий от ФЧР, преобразует его в первую промежуточную частоту и усиливает сигнал 1ПЧ.

УПЧ служит для преобразования сигналов 1ПЧ во вторую промежуточную частоту, основного усиления сигналов и фильтрации.

Частотный детектор (ЧДт) служит для выделения сигналов группового спектра (0,3–12,8 кГц) из частотно-модулированного сигнала.

Усилитель мощности (УМиц) предназначен для усиления сигнала передатчика. УМиц функционально состоит из электронного управляемого аттенюатора (Ат Упр), датчика входного уровня, предварительного усилителя, предоконечного усилителя, оконечного усилителя, датчиков падающей и отраженной мощности, устройства автоматической регулировки мощности и защиты (АРМиЗ) и схемы контроля.

Нагрузка предназначена для создания эквивалента антенны в режимах контроля и настройки.

Блок контроля и управления (БКУ) Б01 предназначен для управления аппаратной стойкой, установки режимов работы и контроля работоспособности станции. БКУ обеспечивает согласование приемных и передающих уровней аппаратуры уплотнения и приемопередающего устройства в различных режимах, управление работой передатчика (дуплексный режим и дежурный прием), установку нормальной и пониженной девиации, нормальной или пониженной мощности передатчика, автоматический контроль и подачу обобщенного сигнала исправности станции на УС, индикацию ВЧ уровней БПП и НЧ уровней группового тракта, дистанционное управление аппаратной стойкой с ПДУ и управление автоматической настройкой ФЧР.

Устройство контроля БКУ предназначено для обработки сигналов контрольных датчиков и индикации наличия связи в режиме РАБОТА или исправности узлов аппаратуры в режимах КОНТР.

Управляющее устройство автоматической настройки фильтров (АНФ) в блоке БКУ и **исполнительные устройства АНФ** в блоке приемопередатчика (БПП) служат для автоматизированной перестройки фильтров частотных развязок (ФЧР ПРД и ФЧР ПРМ).

Блок уплотнения каналами (БУК) Б17 предназначен для организации двух телефонных (ТЛФ) и двух телеграфных (ТЛГ) каналов.

Пульт переключения (ПП) Б18 предназначен для переключения диапазонов в аппаратной стойке и индикации включенного диапазона.

Пульт переключения коммутирует цепи питания, контроля и управления к одному из двух блоков БПП в двухдиапазонной стойке. Для этого переключатель ДИАПАЗОН (МГц) ставится в положение рабочего диапазона.

Блок питания Б04 включает в себя вторичные источники питания и предназначен для питания радиостанции стабильными напряжениями +5; +6,3; –6,3; +12,6; –12,6; +27 В.

2.2. Малоканальная радиорелейная станция Р-419

Радиорелейная станция Р-419 – малоканальная станция с частотным разделением каналов, частотной модуляцией и кварцевой стабилизацией частоты, метрового и дециметрового диапазонов.

РРС Р-419 (рис. 25) предназначена для развертывания малоканальных радиорелейных линий связи, а также для ответвления каналов от многоканальных радиорелейных, тропосферных и проводных линий связи. Кроме того, станция может использоваться в качестве радиовставки в полевые кабельные линии связи.



Рис. 25. Внешний вид РРС Р-419

Тактико-технические данные РРС Р-419

Станция Р-419 обеспечивает связь в диапазоне частот **160–644,7 МГц** по шести телефонным (ТЛФ) и одному СК на линиях протяженностью до **300 км** при шести-восьми ретрансляциях. При этом число узловых станций с переприемом ТЛФ каналов по низкой частоте должно быть не более трех.

Кроме того, станция обеспечивает передачу двенадцати ТЛФ и одного СК в диапазоне **240–644,7 МГц** с помощью внешней аппаратуры уплотнения на линиях протяженностью до **90 км** (при двух ретрансляциях).

На одноинтервальных линиях протяженностью до **20 км** станция обеспечивает передачу **24 и 60 кТЧ** с помощью внешней аппаратуры уплотнения в диапазоне **480–644,7 МГц**.

Аппаратура станции обеспечивает передачу цифровой информации со скоростями **48 кбит/с** в диапазоне частот **160–479,8 МГц** и **480 кбит/с** в диапазоне **480–644,7 МГц**.

В станции имеется возможность работы с устройством цифрового сопряжения и устройством частотной адаптации.

Псофометрическое соотношение сигнал/шум в ТЛФ каналах на линии до 300 км при передаче по шести каналам и на линии до 90 км при передаче по двенадцати каналам составляет не менее **35 дБ** в течение 97 % времени работы.

Радиорелейная станция Р-419 состоит из ВЧ стойки и аппаратуры уплотнения П-330-6.

ВЧ оборудование РРС Р-419 имеет следующие параметры:

1. Диапазон, количество и сетка рабочих частот, а также разнос между частотами приемника и передатчика приведены в табл. 8.

Таблица 8

Параметры ВЧ оборудования РРС Р-419

Параметры	Диапазон			
	2	3	4	5
Диапазон частот, МГц	160–239,9	240–319,95	320–479,8	480–644,7
Количество рабочих частот	800	534	800	550
Сетка рабочих частот, кГц	100	150	200	300
Разнос между частотами приемника и передатчика, ФЧ не менее	±161	±150	±150	±150

2. Характеристики приемопередатчика станции приведены в табл. 9.

Таблица 9

Характеристики приемопередатчика

Мощность передатчика	Р, Вт	$\frac{10}{0-2,5}$	$\frac{10}{0,5-2,5}$	$\frac{6}{0,5-2,5}$	$\frac{6}{0,5-2,5}$
Чувствительность приемника	E , мкВ	4,5	4,5	4,5	8,9
Коэффициент шума	$K_{ш}$, дБ	9	9	10	10
Полоса пропускания	ΔF , кГц	320	600	600	1600
Избирательность по зеркальному каналу	дБ, не менее	80			
Избирательность по соседнему каналу	дБ, не менее	70			

3. Относительная нестабильность частот возбуждителя передающего устройства и гетеродина приемного устройства составляет не более $\pm 1 \cdot 10^{-5}$.

4. В качестве аппаратуры уплотнения радиорелейного ствола используется аппаратура П-330-6 «Азур-6», в которой осуществляется преобразование сигналов абонентов, передаваемых по ТЛФ каналам, в линейный спектр частот 0,3–31,7 кГц, поступающий на частотный модулятор радиопередающего устройства, и обратное преобразование линейного спектра с радиоприемного устройства в сигналы, поступающие к абонентам.

5. Каналы ТЧ, образованные данной аппаратурой, имеют следующие номинальные уровни на частоте 800 Гц:

- **4ПР.ОК** на передачу – **–13 дБ**, на прием – **+4,3 дБ**;
- **4ПР.ТР** на передачу и прием – **+4,3 дБ**;
- **2ПР.ОК** на передачу – **0 дБ**, на прием – **7 дБ**;
- **2ПР.ТР** на передачу и прием – **3,5 дБ**.

6. Электропитание станции обеспечивается от первичных источников (в зависимости от варианта поставки):

- постоянного тока напряжением **+27 В**;
- однофазной сети переменного тока **220 В, 50 Гц**;
- трехфазной сети переменного тока **380 В, 50 Гц**.

7. Мощность, потребляемая аппаратной стойкой (ВЧ+АУ) при питании по цепи постоянного тока **+27 В**, – не более **430 Вт**.

8. Радиостанция сохраняет работоспособность при температуре от **–30 до +50 °С** и относительной влажности до **98 %**.

Состав РРС Р-419

При разработке станций комплекса «Азид» был заложен принцип *унификации* составных блоков аппаратуры, что позволило облегчить процесс освоения, эксплуатации и ремонта станций, а также удешевило процесс производства. Если посмотреть на внешний вид станций, то вы увидите, что они имеют очень много внешнего сходства.

На рис. 24, 25 и 26 представлены РРС Р-415Н, Р-419 и Р-145НВ соответственно.



Рис. 26. РРС Р-415НВ

В частности, все станции комплекса имеют абсолютно идентичные блоки питания Б04; блоки приемопередатчиков Б03, которые отличаются только рабочим диапазоном частот и количеством вырабатываемых фиксированных волн;

блоки контроля и управления Б01 и синтезаторы частот Б02, где вырабатывается опорная сетка частот для работы блока приемопередатчика.

В комплект станции также входят две антенны: направленная 2Б11 и ненаправленная 3Б12.

Направленная антенна 2Б11

Антенна 2Б11 (рис. 27) предназначена для направленного излучения или приема сигналов в диапазоне частот 160–645 МГц.

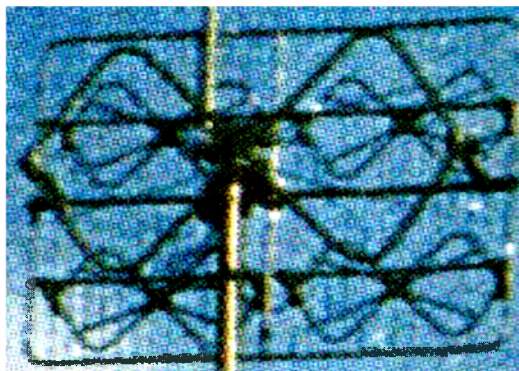


Рис. 27. Внешний вид антенны 2Б11

Антенна состоит из z-образного излучателя диапазона 160–320 МГц, рефлектора, четырех z-образных излучателей диапазона 320–645 МГц.

Z-образный излучатель диапазона 160–320 МГц расположен с одной стороны рефлектора, а излучатели диапазона 320–645 МГц с другой стороны.

Ненаправленная антенна 3Б12

Антенна 3Б12 (рис. 28) предназначена для ненаправленного излучения и приема сигналов в диапазоне 160–645 МГц.



Рис. 28. Внешний вид антенны 3Б12

Ненаправленная антенна 3Б12 представляет собой дискоконусную антенну и состоит из диска, изолятора и конуса. Диск состоит из целой части, к которой шарнирно прикреплены шесть образующих пластин.

Применение ненаправленной антенны позволило осуществлять связь в движении, с движущимися объектами, устанавливать радиорелейные станции на воздушные объекты (рис. 29), а также организовывать связь с корреспондентами не только в радионаправлении (рис. 30), но и в радиосети (рис. 31).



Рис. 29. Организация радиорелейной связи с ВзПУ



Рис. 30. Организация радиорелейной связи в радионаправлении

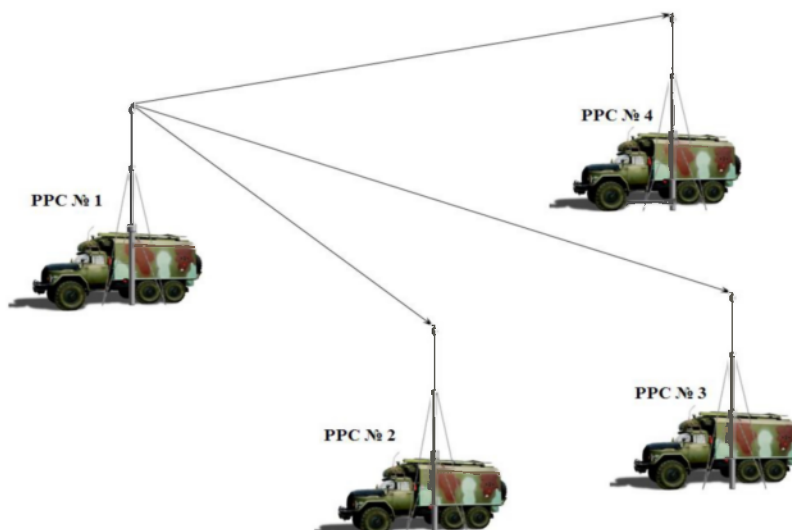


Рис. 31. Организация радиорелейной связи по сети

Режимы работы РРС Р-419

В составе РРЛ станция может работать в качестве конечной, ретрансляционной или узловой.

Аппаратура станции обеспечивает следующие режимы работы:

– **оконечный режим (ОКОН.)** – для работы по шести каналам тональной частоты (ТЧ) и одному служебному каналу в двух независимых направлениях;

- **режим ретрансляции (Ртр I, Ртр II)** – для ретрансляции шести или двенадцати каналов ТЧ по групповому спектру с организацией служебной связи;
- **узловой режим (УЗЛ.)** – для ответвления или ретрансляции любой трехканальной группы аппаратуры уплотнения, выделения или переприема по тональной частоте любого канала ТЧ;
- **режим дежурного приема (ДЕЖ. ПРИЕМ)** – для ожидания вызова корреспондента, при строительстве или восстановлении радиорелейной линии;
- **режим внешнего уплотнения (УПЛ. I)** – для передачи группового сигнала, образованного внешней 6-канальной аппаратурой уплотнения в диапазоне 160–644,7 МГц;
- **режим внешнего уплотнения (УПЛ. II)** – для передачи группового сигнала, образованного внешней 12-канальной аппаратурой уплотнения в диапазоне 240–644,7 МГц;
- **режим внешнего уплотнения (А-24)** – для передачи группового сигнала, образованного внешней 24-канальной аппаратурой уплотнения в диапазоне 480–644,7 МГц;
- **режим внешнего уплотнения (А-60)** – для передачи группового сигнала, образованного внешней 60-канальной аппаратурой уплотнения в диапазоне 480–644,7 МГц;
- **режим внешнего уплотнения (АПД)** – для передачи цифровой информации внешней аппаратуры передачи данных со скоростью 48 или 480 кбит/с;
- **режим работы станции на кабель (КАБ.)** – при котором аппаратура «Азур-6», установленная в станции, обеспечивает оконечный, узловой и ретрансляционный режимы при работе по кабельным линиям;
- **режим автоматического функционального контроля (КОНТР.)** – для контроля исправности аппаратуры без излучения в пространство.

2.3. Малоканальная радиорелейная станция Р-409

Радиорелейная станция Р-409 (рис. 32) – малоканальная с частотным разделением каналов, частотной модуляцией и кварцевой стабилизацией частоты, метрового и дециметрового диапазонов.



Рис. 32. Внешний вид РРС Р-409

PPC P-409 предназначена для развертывания самостоятельных радиорелейных или кабельных линий связи, а также для ответвления каналов от многоканальных линий связи. Кроме того, станция может использоваться в качестве радиовставки в полевые кабельные линии связи.

Диапазон частот станции 60–479,6 МГц. Он разделен на три поддиапазона:

- 1) **А** – 60,0–120 МГц;
- 2) **Б** – 120,2–239,8 МГц;
- 3) **В** – 240,4–479,6 МГц.

В поддиапазоне **А** размещена 601 фиксированная частота (ФЧ) с интервалом в 100 кГц с номерами 0, 1, 2, ..., 600.

В поддиапазонах **Б** и **В** имеется по 300 ФЧ с интервалами в 400 и 800 кГц соответственно с нечетными номерами 1, 3, 5, ..., 599.

Радиорелейная станция P-409 обеспечивает одновременную дуплексную работу в поддиапазоне **А** по трем ТЛФ и одному СК. Дальность связи составляет до 150 км при трех ретрансляциях. В поддиапазонах **Б** и **В** – по шесть ТЛФ и одному служебному каналу на расстояние до 250 км при шести-восьми ретрансляциях. При этом число узловых станций с переприемом телефонных каналов по НЧ должно быть не более трех. Протяженность одноинтервальной линии, развернутой на равнинной местности, составляет до 40 км. Кроме этого, станция обеспечивает возможность передачи двенадцати ТЛФ и одного СК в поддиапазоне **В** с помощью внешней аппаратуры уплотнения П-302 на одном интервале протяженностью до 30 км.

Псофометрическое соотношение сигнал/шум в ТЛФ каналах на линии составляет не менее **35 дБ** в течение 97 % времени работы.

Радиорелейная станция P-409 состоит из ВЧ стойки и аппаратуры уплотнения П-303-ОБ (П-330-6).

ВЧ оборудование PPC P-409 имеет следующие параметры:

1. Мощность передатчиков всех поддиапазонов в режиме номинальной мощности без блоков частотных развязок (БЧР) не менее **40 Вт**, при использовании БЧР – не менее **25 Вт**, а в режиме пониженной мощности – не менее **3 Вт**.

2. Чувствительность приемников с БЧР при соотношении сигнал/шум, равном 35 дБ следующая:

- в поддиапазоне **А** – не хуже 6,0 мкВ;
- в поддиапазоне **Б** – не хуже 5,5 мкВ;
- в поддиапазоне **В** – не хуже 6,5 мкВ.

3. Коэффициент шума приемников в поддиапазоне **А** и **Б** – не более 12 дБ, в поддиапазоне **В** – не более 13 дБ.

4. Относительная нестабильность частот возбуждителя передающего устройства и гетеродина приемного устройства должна быть не хуже $\pm 5 \cdot 10^{-5}$.

5. Разнос между частотами приемника и передатчика – не менее 100 ФЧ.

6. В качестве аппаратуры уплотнения радиорелейного ствола используется аппаратура П-303-ОБ или П-330-6, в которой осуществляется преобразование сигналов абонентов, передаваемых по ТЛФ каналам, в линейный спектр частот

0,3–31,7кГц, поступающий на частотный модулятор радиопередающего устройства, и обратное преобразование линейного спектра с радиоприемного устройства в сигналы, поступающие к абонентам.

7. Каналы ТЧ, образованные данной аппаратурой, имеют следующие номинальные уровни на частоте 800 Гц:

- **4ПР.ОК** на передачу **–13 дБ**, на прием **+4,3 дБ**;
- **4ПР.ТР** на передачу и прием **+4,3 дБ**;
- **2ПР.ОК** на передачу **0 дБ**, на прием **–7 дБ**;
- **2ПР.ТР** на передачу и прием **–3,5 дБ**.

8. Электропитание станции обеспечивается от первичных источников однофазной сети переменного тока 220 В, 50 Гц.

9. Мощность, потребляемая аппаратной стойкой (ВЧ+АУ), не более **830 Вт**.

10. Радиостанция сохраняет работоспособность при температуре от **–30 до +50 °С** и относительной влажности до 98 %.

Состав РРС Р-409

Основой конструкции стойки приемопередатчика служит аппаратный шкаф, в отсеках которого размещены: возбудитель Б1, гетеродин Б2, блоки Б3, блок Б4, блок Б5, блок Б6, приемник Б7 и передатчик Б8 одного из поддиапазонов. Стойка приемопередатчика показана на рис. 33. На аппаратном шкафу стойки приемопередатчика расположены: блок Б9А, блок Б9Б, блок Б9В, индикатор проходящей мощности Б10. Вне шкафа расположены: вентилятор Б30, стабилизатор накальных цепей Б12, выходной каскад передатчика Б11В поддиапазона В, нагрузка Б22 (эквивалент антенны), защитный фильтр (ФЗА) для тракта передачи поддиапазона А.

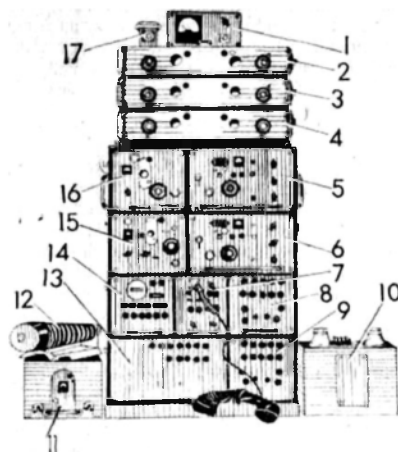


Рис. 33. Стойка приемопередатчика:

- 1 – индикатор проходящей мощности Б10; 2 – блок частотных развязок Б9В; 3 – блок частотных развязок Б9Б; 4 – блок частотных развязок Б9А; 5 – возбудитель Б1; 6 – гетеродин Б2; 7 – блок настройки Б6; 8 – блок питания гетеродина Б3; 9 – блок питания возбудителя Б3; 10 – вентилятор Б30; 11 – стабилизатор накальных цепей Б12; 12 – нагрузка Б22; 13 – блок питания передатчика Б4; 14 – блок питания приемника Б5; 15 – приемник Б7А (Б7Б, Б7В); 16 – передатчик Б8А (Б8Б, Б8В); 17 – фильтр защитный ФЗА

Приемники и передатчики двух других поддиапазонов расположены в специальном ящике-шкафу.

В комплект станции также входят три направленные антенны (рис. 34):

- в поддиапазоне А – вибраторная логарифмическая периодическая антенна;
- в поддиапазоне Б – z -образная антенна с рефлектором;
- в поддиапазоне В – четырехэлементная z -образная синфазная антенна с рефлектором.

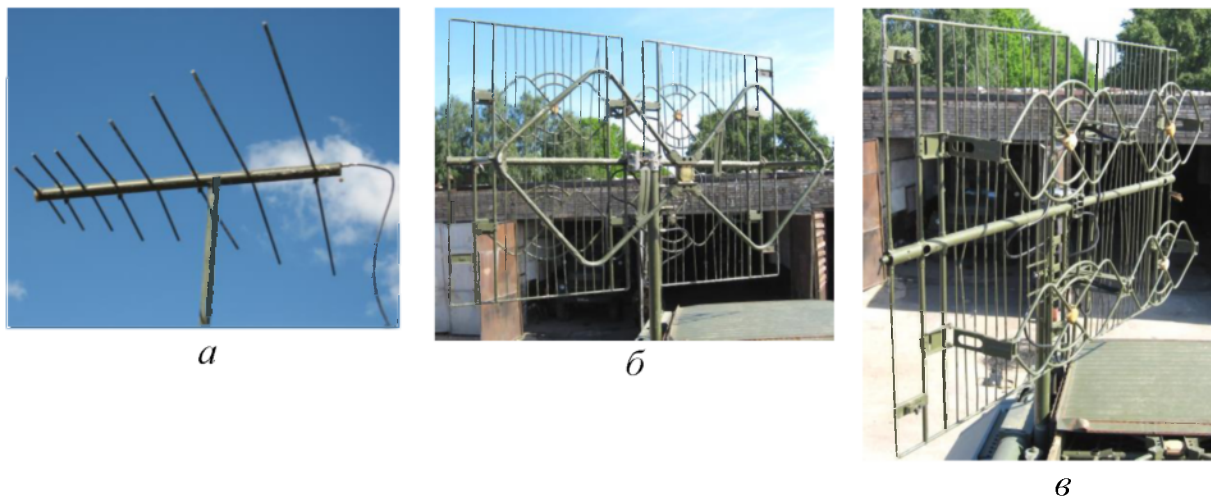


Рис. 34. Комплект направленных антенн РРС Р-409:

- а* – логарифмическая периодическая антенна;
- б* – z -образная антенна с рефлектором;
- в* – четырехэлементная z -образная синфазная антенна с рефлектором

В составе РРС станция может работать в качестве оконечной, ретрансляционной или узловой.

Аппаратура станции обеспечивает следующие режимы работы:

- **оконечный режим с внутренним уплотнением**, который предназначен для одновременной работы двух полукомплектов аппаратуры в двух независимых направлениях связи. В этом случае используется собственная аппаратура уплотнения П-303-ОБ (П-330-6);

- **режим ретрансляции**, который предназначен для обеспечения ретрансляции всех ТЛФ каналов по групповому спектру с использованием аппаратуры П-303-ОБ (П-330-6) – *основной режим* и с использованием стоек приемо-передатчика без аппаратуры уплотнения – *резервный режим*;

- **узловой режим**, который предназначен для организации транзита и выделения абоненту любого ТЛФ канала, а также транзита одного «широкого» канала и выделения другого канала абоненту в спектре частот 12–24 кГц. Режим иногда называют режимом **двух оконечных**, или ретрансляцией по НЧ;

- **режим внешнего уплотнения I**, который предназначен для передачи ТЛФ каналов и служебного канала в групповом спектре по кабелю П-296. В этом режиме обеспечивается радиовставка в кабельную линию П-296, уплотненную аппаратурой П-303-ОБ (П-330-6);

- **режим внешнего уплотнения П**, который предназначен для передачи двенадцати ТЛФ и одного СК в поддиапазоне В на одном интервале с помощью внешней аппаратуры типа П-302;
- **режим дежурного приема**. В этом случае передатчик выключается. Работает только приемник. Режим может использоваться при ожидании сигнала корреспондента, например, при восстановлении связи или в период строительства линии;
- **оконечный одноканальный режим**, который предназначен для предварительной настройки радиолинии. Передача информации осуществляется только по каналу служебной связи;
- **режим бинарной информации**, который предназначен для передачи сигналов автоматизированных систем по групповому спектру стойки приемопередатчика при наличии переходного устройства или оконечной аппаратуры передачи данных;
- **режим работы станции на кабель**, при котором аппаратура уплотнения, установленная в станции, обеспечивает оконечный, узловой, ретрансляционный режимы при работе по кабельным линиям П-296.

2.4. Аппаратура уплотнения малоканальных РРС

2.4.1. Назначение, тактико-технические данные и принцип работы по структурной схеме аппаратуры уплотнения П-303-ОБ

Аппаратура системы передачи с ЧРК комплекса «Топаз» П-303-ОБ предназначена для уплотнения радиорелейных, тропосферных и кабельных линий типа П-296 шестью каналами тональной частоты в диапазоне частот от 4,6 до 31,7 кГц.

Аппаратура позволяет организовать дополнительно один канал служебной связи в диапазоне частот от 0,3 до 1,8 кГц.

Аппаратура предназначена для эксплуатации на подвижных (включая работу на ходу) и стационарных узлах связи.

Оконечная станция П-303-ОБ (рис. 35) размещается в трех упаковках: ЛО-1 (линейного оборудования), ИПО-3 (индивидуального и преобразовательного оборудования) и ИО-3 (содержит индивидуальное оборудование дополнительных трех каналов).

В упаковке ЛО-1 размещены блоки АРУ, РРУ-1, ПВУ, КСС, ДП и ПУ.

В упаковке ИПО-3 размещены блоки ДСВ-3, МД-3, ПЕР, ПР, ГИВ-ГТВ с КЩ, ЗГ и ГН.

В упаковке ИО-3 размещены блоки ДСВ-3, МД-3, ГИВ-ГТВ с КЩ и блок со счетчиком часов работы.

Кроме того, к каждой станции прилагаются съемные и запасные части, хранящиеся в отдельном ящике.

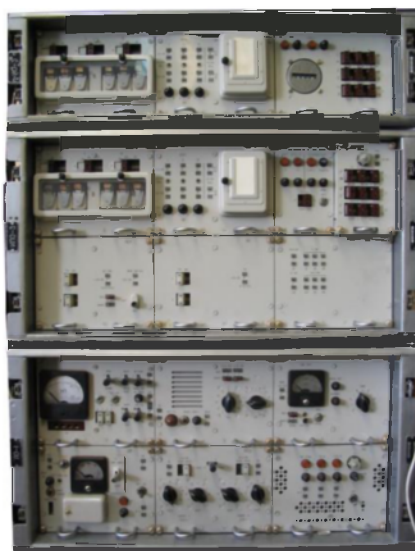


Рис. 35. Внешний вид П-303-ОБ

Блок дифференциальных систем и вызова ДСВ-3

Блок содержит дифференциальные системы ДС и приемники тонального вызова ПТВ для трех каналов ТЧ.

Блок модуляторов и демодуляторов МД-3

В блоке размещено индивидуальное оборудование первой трехканальной группы. Индивидуальное оборудование каждого канала включает: индивидуальные преобразователи передачи и приема (модулятор и демодулятор), каналные полосовые фильтры передачи и приема, фильтр нижних частот, усилитель низкой частоты тракта приема.

Блок обеспечивает преобразование спектров каналов ТЧ в спектр трехканальной группы 12–24 кГц и наоборот.

На передней панели имеется возможность контроля уровней в трактах передачи и приема и регулировки уровня приема потенциометром.

Блок задающего генератора ЗГ

Блок обеспечивает генерирование колебаний с частотой 12 кГц с заданной стабильностью по частоте и амплитуде.

Блок генераторов индукторного и тонального вызова ГИВ–ГТВ

Блок обеспечивает генерирование сигналов индукторного и тонального вызова и коммутацию режимов работы каналов ТЧ.

На передней панели размещены гнезда контроля уровня ГТВ, коммутационные гнезда с колодками для переключения режимов каналов ТЧ, сигнальная лампа ПОС. ИВ для контроля посылки индукторного вызова.

Блок группового преобразователя передачи ПЕР

Блок предназначен для преобразования сигналов двух трехканальных групп 12–24 кГц в сигнал группового спектра 4–32 кГц.

На передней панели расположены: гнездо контроля уровней на входе и выходе блока, коммутационные гнезда с колодками ТФ–ШК для переключения трехканальных групп, гнезда включения и выключения сигнала контрольной частоты.

Блок группового преобразователя приема ПР

Блок предназначен для преобразования группового сигнала 4–32 кГц в сигналы двух трехканальных групп 12–24 кГц.

На передней панели блока расположены: гнезда контроля уровня на входе блока, коммутационные гнезда с колодками ТФ–ШК для переключения трехканальных групп.

Блок генераторов несущих частот ГН

Блок обеспечивает получение колебаний индивидуальных несущих частот 12, 16 и 20 кГц, групповых несущих частот 64, 92, 108 кГц и контрольной частоты 18 кГц. На передней панели блока расположены гнезда контроля уровней несущих и контрольной частот.

Упаковка ладейного оборудования ЛО 1 включает:

- блок переговорно-вызывного устройства ПВУ;
- блок ручной регулировки усиления РРУ-1;
- блок автоматической регулировки усиления АРУ;
- блок дистанционного питания ДП;
- блок канала служебной связи КСС;
- блок питающего устройства ПУ.

Блок переговорно-вызывного устройства ПВУ

В блоке размещаются переговорно-вызывное и измерительное устройства.

Переговорно-вызывное устройство ПВУ обеспечивает:

- контроль прохождения разговора и вызова по каналам;
- разговор по любому каналу в сторону радиолинии и узла связи или одновременно в обе стороны;
- посылку вызова в сторону радиолинии или узла связи, а также прием вызова от них.

Измерительное устройство блока обеспечивает:

- измерение остаточного затухания каналов;
- измерение диаграммы уровней аппаратуры;
- контроль величины питающего напряжения 19 В.

Блок ручной регулировки усиления РРУ-1

Блок РРУ-1 обеспечивает коррекцию амплитудно-частотных искажений, вносимых кабельной линией, предварительное усиление поступающих с линии сигналов и громкоговорящий контроль разговора по служебному каналу.

На лицевой панели блока размещены переключатели регулировки усиления РУ и регулировки наклона РН, коммутационные гнезда с дужками для переключения постоянного линейного выравнивателя ПЛВ, гнезда контроля уровней на входе и выходе блока, громкоговоритель с регулятором громкости, сигнальная лампа, сигнализирующая об отклонении уровня приема от нормы, и кнопка отключения акустической сигнализации.

Блок автоматической регулировки усиления АРУ

Блок обеспечивает необходимую стабильность остаточного затухания при медленно меняющейся амплитуде сигнала, поступающего с выхода приемника.

На передней панели блока размещены:

- регулятор плосконаклонной регулировки усиления ПНР;

- прибор контроля уровня контрольной частоты **УР. КЧ**;
- тумблер **АРУ–РУЧН.**;
- регулятор усиления приемника контрольной частоты **РЕГ. КЧ**;
- сигнальные лампы **ПРЕД. РЕГ.** и **БЛОКИР.**, сигнализирующие исчерпывание пределов автоматизаций регулировки усиления и блокировки устройства АРУ при изменении уровня сигнала КЧ от номинала на $\pm 0,15$ Нп ($\pm 1,3$ дБ);
- коммутационные гнезда с колодкой для включения и выключения термостата;
- гнезда контроля уровня на выходе блока.

Блок дистанционного питания ДП

Блок обеспечивает питание необслуживаемых усилительных пунктов при работе аппаратуры на кабель. При работе аппаратуры в радиорелейной линии питание блока не включается. Через него проходят сигналы линейного спектра трактов передачи и приема с возможностью контроля их уровней в гнездах ПЕР. и ПР.

Блок канала служебной связи КСС

Блок предназначен для обеспечения разговора по служебному каналу в одном из двух или в обоих направлениях с возможностью громкоговорящего приема разговора по служебному каналу.

На передней панели блока расположены:

- переключатели регулировки усиления **РУС** и регулировки наклона РНС **НАПР. I** и **НАПР. II**;
- ключ управления служебным каналом **РАЗГ. II–РАЗГ. I**;
- коммутационные гнезда с колодками, переключающими режим работы служебного канала **ПРОМ. – ОКОН.**;
- гнезда контроля уровня сигнала служебного канала на выходе блока с обоих направлений.

Блок питающего устройства ПУ

Блок обеспечивает питание всех узлов АУ.

Включение блока осуществляется тумблером в положении **ВКЛ.**

Упаковка индивидуального оборудования ИО-3

Упаковка обеспечивает формирование спектра второй трехканальной группы. При работе станции в диапазоне А упаковка ИО-3 не используется.

Упаковка ИО-3 включает блок дифференциальных систем и вызова ДСВ-3, блок модуляторов и демодуляторов МД-3, счетчик СЧ для учета количества часов, отработанных АУ, блок генераторов индукторного и тонального вызова ГИВ–ГТВ.

Аппаратура П-303 совместно с кабелем П-296 составляет четырехпроводную однополосную шестиканальную ВЧ систему передачи, рассчитанную на максимальную дальность связи до **1000 км.**

Магистраль ВЧ системы передачи, оборудованная аппаратурой П-303, может иметь в своем составе:

- каналообразующую аппаратуру оконечных станций (ОК) П-303-ОА (три канала) или П-303-ОБ (шесть каналов);
- усилители обслуживаемых усилительных пунктов (ОУП) П-303-П;
- усилители необслуживаемых усилительных пунктов (НУП) П-303-НУП.

Технические данные

Аппаратура П-303-ОБ может применяться для уплотнения кабеля дальней связи П-296, а также радиорелейных линий.

При работе по кабелю П-296 магистраль разбивается на *усилительные участки* длиной **14±2 км**.

Типовая структура магистрали длиной 1000 км представлена на рис. 36.

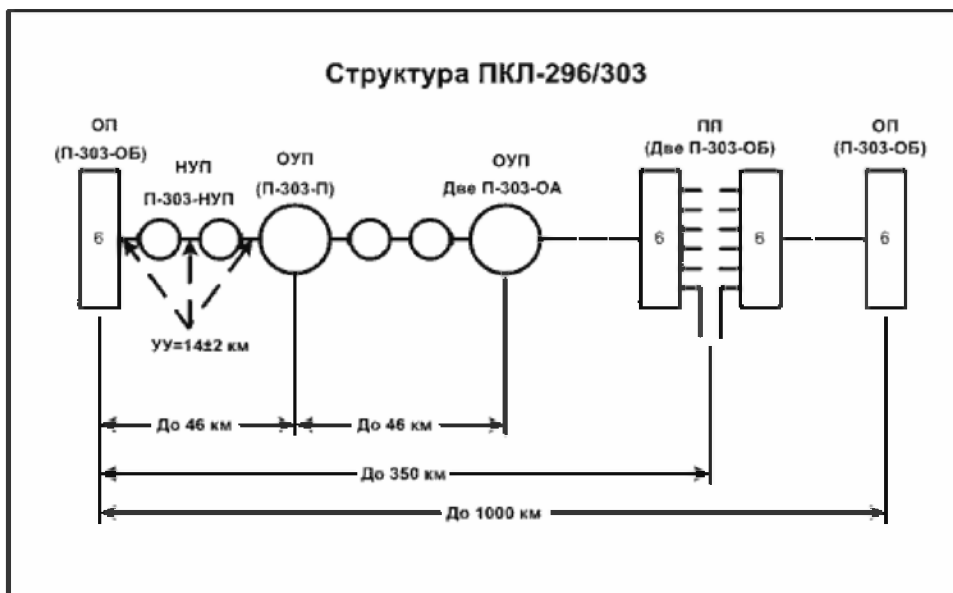


Рис. 36. Структура магистрали (вариант)

На стыках усилительных участков оборудуются усилительные пункты, при этом между обслуживаемыми пунктами допускается установка двух необслуживаемых.

Участок магистрали между двумя обслуживаемыми пунктами (*секция регулирования*) не должен превышать **46 км**.

Переприемный участок – расстояние между двумя оконечными станциями – может состоять из восьми секций регулирования и иметь длину **до 350 км**. Дальнейшее увеличение дальности связи достигается соединением двух или трех переприемных участков.

Для выделения каналов на ОУП предусмотрена возможность установки вместо усилителя П-303-П двух оконечных станций П-303-ОА, работающих в режиме ВЧ транзита, либо выделения любых каналов ТЧ.

Количество пунктов выделения на магистрали максимальной протяженности не должно превышать восьми.

При работе по радиорелейным линиям используется только каналообразующая аппаратура оконечных станций (П-303-ОБ). **Дальность связи определяется возможностями радиорелейной линии.**

Каналы ТЧ могут использоваться как для телефонной связи, так и для вторичного уплотнения (передача сигналов тонального телеграфа). Любой канал с помощью аппаратуры П-327 может быть использован для организации двух или четырех телеграфных связей без нарушения телефонной связи.

В аппаратуре П-303 предусмотрена возможность объединения трех каналов ТЧ в один широкий в спектре 12–24 кГц. «Широкие» каналы могут использоваться для передачи данных, а также для организации ВЧ транзитов по трехканальным группам.

Служебная связь на магистрали организуется по четырехпроводной схеме в спектре частот 0,3–1,8 кГц.

На обслуживаемых пунктах ведение переговоров осуществляется с помощью встроенного переговорного устройства, а на необслуживаемых пунктах – с помощью переносных переговорных устройств (ППУ).

Электропитание обслуживаемых станций осуществляется от источника переменного тока с частотой **50 Гц** и напряжением **220 В** (от +10 до –20 %) либо от источника постоянного тока с напряжением **24 В** (± 10 %). Переход на резервный источник постоянного тока осуществляется автоматически при пропадании источника переменного напряжения.

Питание необслуживаемых усилителей осуществляется дистанционно с ближайшей обслуживаемой станции по фантомной цепи кабеля либо от местного источника с напряжением **24 В** (± 10 %).

Аппаратура обслуживаемых станций рассчитана для эксплуатации на стационарных или подвижных узлах связи при изменении окружающей температуры в пределах **от –10 до +50 °С** и относительной влажности **до 98 %**.

П-303-НУП допускает эксплуатацию при температуре окружающей среды **от –40 до +50 °С** и относительной влажности **до 98 %**.

Аппаратура может транспортироваться любым видом транспорта и сохраняет работоспособность **от –50 до +65 °С**.

Электрические характеристики

Полоса эффективно-передаваемых частот:

- по каналу ТЧ – 0,3–3,4 кГц;
- по широкому каналу – 12,3–23,4 кГц;
- по служебному каналу – 0,3–1,8 кГц.

В зависимости от назначения канал ТЧ может быть установлен в один из следующих режимов, приведенных в табл. 10.

Таблица 10

Режимы канала ТЧ

Режим канала ТЧ	Уровень на входе канала $P_{вх}$, дБ (Нп)	Уровень на выходе канала $P_{вых}$, дБ (Нп)	Остаточное затухание a_r , дБ (Нп)
2ПР. ОК	0 (0)	–7,0 (–0,8)	7,0 (0,8)
2ПР. ТР	–3,5 (–0,4)	–3,5 (–0,4)	0 (0)
4ПР. ОК	–13 (–1,5)	+4,3 (+0,5)	–17,3 (–2,0)
ШК-12	–24,3 (–2,8)	–24,3 (–2,8)	0 (0)

Назначение режимов каналов ТЧ:

– **2 ПР. ОК** предназначен для открытой телефонной связи при отсутствии на телефонном коммутаторе транзитных удлинителей;

– **2 ПР. ТР** предназначен для временных транзитных соединений открытых телефонных каналов, а также для оконечной связи при наличии на телефонном коммутаторе транзитных удлинителей;

– **4 ПР. ОК** предназначен для использования в сетях многоканального тонального телеграфа, закрытой телефонной связи, передачи данных и т. п., а также для транзитных соединений при значительных длинах соединительных линий;

– **ШК-12** предназначен для ВЧ транзитов, передачи данных с повышенными скоростями и других широкополосных сигналов в полосе частот 12–24 кГц.

Номинальное значение входного сопротивления канала во всех режимах его работы равно **600 Ом**.

Вызов по каналам ТЧ осуществляется посылкой сигнала с $f = 2100$ Гц.

Псофометрическое напряжение собственных шумов КТЧ на входе канала не превышает **0,6 мВ**.

Защищенность между направлениями приема и передачи КТЧ максимальной дальности – **не менее 34,7 дБ (4 Нп)**.

Защищенность от внятных переходных помех между каналами – **не менее 65,1 дБ (7,5 Нп)**.

2.4.2. Назначение, тактико-технические данные и принцип работы по структурной схеме аппаратуры уплотнения П-330-6

Шестиканальная аппаратура П-330-6 входит в состав комплекса П-330 и является четвертым поколением средств многоканальной связи.

Комплекс П-330, или «**Азур**», предназначен для образования каналов на РРЛ, ТРЛ, кабельных и воздушных линиях связи.

Комплекс П-330 разработан с целью замены комплекса «**ТОПАЗ**». Он обеспечивает встречную работу с аппаратурой той же канальной емкости.

Отличие комплекса П-330 от П-300:

1) повышенная надежность. Нарботка на отказ:

а) «**Топаз**» – 3,5 тыс. ч;

б) «**Азур**» – до 10 тыс. ч;

2) облегченная эксплуатация. Восстановление аппаратуры производится заменой блоков, и время восстановления не превышает 2 мин. Широко используется система функционального контроля и автоматизированы процессы эксплуатации;

3) снижены масса и габариты в два-три раза;

4) сокращен перечень оборудования на каждой из систем и по комплексу в целом.

В системе применена более новая элементная база, в том числе используются электромеханические фильтры, которые примерно в семь раз меньше по объему и в пять раз – по массе, чем в комплексе «**Топаз**».

Аппаратура системы передачи с ЧРК «Азур-6» (рис. 37) предназначена для уплотнения радиорелейных, тропосферных и кабельных линий типа П-296 шестью каналами тональной частоты в диапазоне частот от 4,6 до 31,7 кГц.

Аппаратура позволяет организовать дополнительно один канал служебной связи в диапазоне частот от 0,3 до 2,4 кГц.

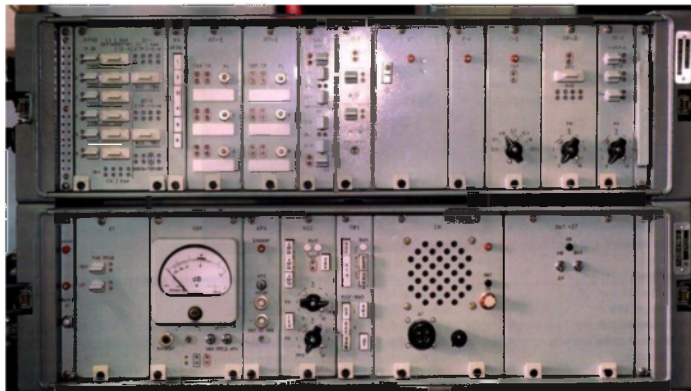


Рис. 37. Внешний вид П-330-6

Аппаратура предназначена для эксплуатации на подвижных (включая работу на ходу) и стационарных узлах связи.

Аппаратура обеспечивает встречную работу с аппаратурой П-303-ОБ и П-303-ОА на расстояния, определяемые этой аппаратурой. При встречной работе с аппаратурой П-303-ОА используются три канала ТЧ в диапазоне частот 4,6–18 кГц. Из-за отсутствия устройств дистанционного питания аппаратура «Азур» не обеспечивает дистанционное питание необслуживаемых усилительных пунктов П-303-НУП.

Состав П-330-6

Аппаратура П-330-6 размещается в двух упаковках: МБ-1 и МБ-2 (моноблок).

В упаковке МБ-1 размещено индивидуальное, групповое и генераторное оборудование:

- блок коммутации низкочастотных окончаний (КНЧО);
- блок контроля уровня (КУ);
- блок индивидуального преобразования трех каналов (ИП-3);
- блок широкополосного канала (ШК);
- блок передачи (ПЕР);
- блок задающего генератора (ЗГ);
- блок генераторного оборудования (Г-1);
- блок генераторного оборудования (Г-2);
- блок приема (ПР-2);
- блок приема (ПР-1).

В упаковке МБ-2 размещено оборудование линейного ввода и защиты, устройства АРУ, питающее устройство, оборудование служебного канала, ПВУ и устройство встроенного контроля:

- блок линейных трансформаторов (ЛТ);
- устройство встроенного контроля (УВК);

- блок автоматической регулировки усиления (АРУ);
- блок канала служебной связи (КСС);
- блок переговорно-вызывного устройства (ПВУ);
- блок стабилизатора напряжения (СН);
- блок питания (ПИТ).

Кроме того, к каждой станции прилагаются комплект запасных частей ЗИП, съемное оборудование и комплект эксплуатационной документации.

Аппаратура П-330-6 совместно с кабелем П-296 составляет четырехпроводную однополосную шестиканальную ВЧ систему передачи с ЧРК, рассчитанную на максимальную дальность связи до **420 км**.

В состав основного оборудования системы передачи П-330-6 входят только оконечные станции типа П-330-6 и П-330-6Б, различающиеся исполнением.

Аппаратура П-330-6 предназначена для использования в автомобильных аппаратных и на стационарных узлах связи.

Аппаратура П-330-6Б используется для работы в бронеобъектах и воздушных пунктах управления.

Технические данные

Аппаратура П-330-6 может применяться для уплотнения кабеля дальней связи П-296, а также радиорелейных и тропосферных линий.

Структура ПКЛ-296/330-6 (рис. 38) определяется исходя из следующих требований:

- длина усилительного участка, для П-296 – **14–20 км**;
- допустимое количество транзитов – не более 20, из них 8 по НЧ; исходя из этого максимальная длина ПКЛ-296/330-6 – до **420 км**.

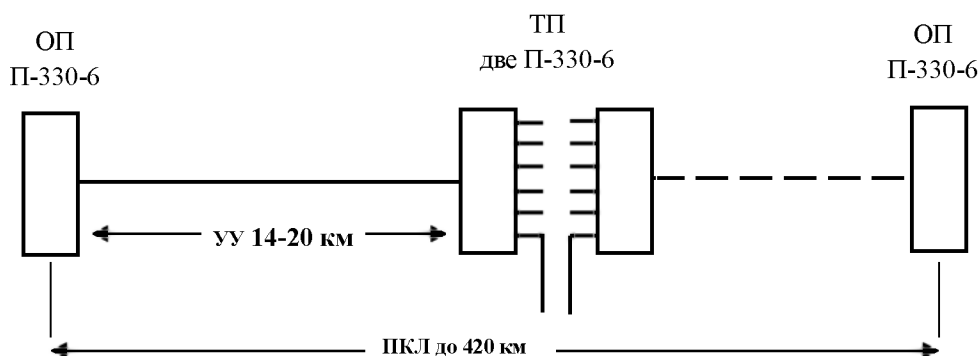


Рис. 38. Структура магистрали ПКЛ-296/330-6

Для обеспечения заданной дальности связи и для распределения каналов на ОУС сети связи в системе передачи П-330-6 предусмотрена организация транзитных пунктов, содержащих по две оконечные станции каждый.

В транзитных пунктах обеспечивается транзит, или двухстороннее выделение необходимого числа каналов ТЧ, или транзит одного предгруппового тракта.

При работе по радиорелейным и тропосферным линиям дальности связи определяются техническими характеристиками этих линий.

П-330-6 может работать в следующих режимах:

- оконечный радиорелейный или кабельный;

– ретрансляция на РРЛ и ТРЛ по линейному спектру с использованием двух станций;

– ретрансляция с РРЛ, ТРЛ на ПКЛ с помощью одной станции.

Электрические характеристики

В аппаратуре П-330-6 предусмотрены следующие типы каналов:

– каналы ТЧ с ЭППЧ 0,3–3,4 кГц – 6 каналов;

– канал ШК с ЭППЧ 12,3–23,4 кГц – 1 канал;

– канал КСС с ЭППЧ 0,3–2,4 кГц – 1 канал.

Каналы ТЧ могут быть использованы в любом количестве для открытой и закрытой телефонной связи, включения аппаратуры тонального телеграфирования П-327 и аппаратуры факсимильной связи.

Любые два канала могут быть переведены в 2ПР режим и использованы для открытой связи или включения в один из них аппаратуры малоканального телеграфа с сохранением телефонной связи в более узкой полосе частот.

В системе передачи П-330-6 предусмотрен типовой предгрупповой тракт 12–24 кГц, формируемый из трех каналов ТЧ (ШК-12). Этот канал используется для ВЧ транзитов, передачи данных с повышенными скоростями и других широкополосных сигналов в полосе частот 12–24 кГц.

Режимы работы каналов

Аппаратура обеспечивает четыре режима работы каналов: ТЧ 4 ПР.ОК, 4 ПР.ТР, 2 ПР.ОК, 2ПР.ТР.

Назначение режимов:

– **4 ПР. ОК** предназначен для использования в сетях многоканального телеграфа, закрытой телефонной связи, передачи данных и т. п., а также для транзитных соединений при значительных длинах соединительных линий;

– **4 ПР. ТР** предназначен для транзитных соединений при коротких СЛ;

– **2 ПР. ОК** предназначен для открытой телефонной связи при отсутствии на телефонном коммутаторе транзитных удлинителей;

– **2 ПР. ТР** предназначен для временных транзитных соединений открытых телефонных каналов, а также для оконечной связи при наличии на телефонном коммутаторе транзитных удлинителей;

– **ШК-12** предназначен для ВЧ транзитов, передачи данных с повышенными скоростями и других широкополосных сигналов в полосе частот 12–24 кГц.

Другие характеристики:

1) линейный спектр – 4–32 кГц;

2) относительный уровень передачи на линейном выходе аппаратуры – 0 дБ на канал во всех режимах;

3) номинальный уровень приема:

а) при работе по РРЛ (ТРЛ) равен –23 дБ (–2,5 Нп);

б) при работе по ПКЛ равен –45,2 дБ (–5,2 Нп);

4) сопротивление со стороны линейного выхода аппаратуры:

а) 600 Ом при работе на РРЛ;

б) 150 Ом при работе на ПКЛ (П-303 на ПКЛ 600 и 150 Ом);

5) спектр КСС – 0,3–2,4 кГц.

В аппаратуре П-330-6 предусмотрена система дистанционного управления с помощью пульта оператора.

Аппаратура П-330-6(Б), установленная в бронеобъектах, на воздушных ПУ и в некоторых других объектах, эксплуатируется без обслуживающего персонала. В этом режиме управление аппаратурой, линейным трактом и их контроль осуществляются оператором пункта управления с пульта оператора.

Электропитание аппаратуры и потребляемая мощность

По электропитанию аппаратура П-330-6 выпускается в трех вариантах, различающихся встроенными блоками питания:

- для автомобильных аппаратных и стационарных узлов связи – от сети переменного тока 220 В, 50 Гц;
- для воздушных пунктов управления – от бортовой сети переменного тока 115 В, 400 Гц;
- для установки в бронеобъектах – от бортовой сети постоянного тока 27 В с общим отрицательным полюсом.

Максимальная потребляемая мощность от различных источников составляет следующую часть:

- от сети 220 В – 88 Вт;
- от сети 115 В – 92 Вт;
- от источника +27 В – 48 Вт.

Масса:

- П-330-6 – 52 кг;
- П-330-6Б – 53 кг.

2.5. Общие сведения о радиорелейной станции Р-414

2.5.1. Назначение, тактико-технические данные и режимы работы РРС Р-414

Радиорелейная станция Р-414 подвижная, многоканальная, дециметровая, дуплексная с временным разделением каналов.

Предназначена для организации полевой (стационарной) радиорелейной опорной сети связи в оперативном-стратегическом и оперативно-тактическом звене управления.

Тактико-технические данные

Радиорелейная станция Р-414 (рис. 39) обеспечивает возможность бесперерывного вхождения в связь и бесподстроечного ведения связи в диапазоне дециметровых волн в составе радиорелейной линии протяженностью до **1500 км**, при средней длине интервала **45 км** и при условии обеспечения прямой радиовидимости между антеннами соседних станций. Число ретрансляций на линии полной протяженностью не более **37** при средней длине интервала 40 км.



Рис. 39. Внешний вид Р-414

Станция работает в диапазоне **1550–2000 МГц** и имеет **46** фиксированных рабочих волн с шагом сетки **10 МГц**.

Станция обеспечивает передачу сигналов двадцати четырехканальной аппаратуры временного уплотнения с фазово-импульсной модуляцией (ФИМ-24) или передачу цифровой информации при импульсно-кодовой модуляции со скоростью 480 кбод в варианте работы с аппаратурой ЦИ.

Псофометрическое отношение сигнал/шум в каналах ТЧ на концах линии в варианте ФИМ-24 – **не менее 39 дБ**.

Мощность СВЧ сигнала на выходе передатчика в режиме нормальной мощности **10 Вт**, на выходе аппаратной машины – **не менее 6 Вт**.

Мощность СВЧ сигнала на выходе передатчика в режиме пониженной мощности – **2,5 Вт**.

Промежуточная частота, используемая в станции – **70 МГц**;

Полоса пропускания приемника по ПЧ – **7,2–9 МГц**;

Питание станции трехфазное: 220 В, 50 Гц осуществляется от электростанции Э-351А (2×АБ-12-Т/230М1); ~380 В, 50 Гц – от внешней сети Э-351А (автотрансформатор 380–220 В, 50 Гц) – через электростанцию.

Потребление электроэнергии станцией не превышает 8 кВт.

Технический ресурс станции – не менее 25 тыс. ч.

Время разворачивания станции – 1 ч 40 мин.

Экипаж станции – 8 человек.

Состав станции (рис. 40)

Радиорелейная станция Р-414-3 состоит:

- из машины аппаратной Р-414;
- машины антенной с секционной опорой;
- электростанции Э-351А.



Рис. 40. Состав радиорелейной станции Р-414-3

Все оборудование станции размещено в кузове К4-131, установленном на шасси автомобилей ЗиЛ-131.

Машина аппаратная Р-414 предназначена для размещения оборудования, позволяющего использовать Р-414 при организации радиорелейных линий связи как в качестве оконечной, так и в качестве промежуточной станции.

Основное оборудование аппаратной машины состоит из двух одинаковых полукомплектов – А и Б. Аппаратура полукомплекта А расположена в левой части кузова, полукомплекта Б – в правой.

В состав аппаратной машины Р-414 (рис. 41) входит следующее основное оборудование:

- стойка 1500 (передающая) – 2 шт.;
- стойка 1600 (приемная) – 2 шт.;
- стойка 1200И (импульсная) – 2 шт.;
- стойка 1400 (служебной связи) – 2 шт.;
- стойка 1700 (автоматики и сигнализации);
- щит линейный 1800 (для ФИМ-24) (правый борт);
- щит линейный 1800-1 (для ЦИ) (правый борт);
- пульт коммутации каналов 1810 (ФИМ-24);
- силовой щит 1820;
- блок 1830 (малощумящий усилитель) – 2 шт.;
- прибор 1840 (дуплексер) – 2 шт.;
- стойка питания 1900 – 2 шт.;
- блок вентиляции 1950 – 2 шт.;
- блок 840 (громкоговоритель) – 2 шт.;
- стабилизатор напряжения СН-600 – 2 шт.



Рис. 41. Вид аппаратной машины Р-414 изнутри

Кроме того, снаружи кузова имеется *мачта телескопическая*, на которую при разворачивании монтируется *комплект МГА* (малогабаритные антенны), использующийся для установления связи на сближенных расстояниях.

В комплект станции входит и вспомогательное оборудование, которое используется для разворачивания станции, настройки приемопередающих устройств, измерения характеристик каналов и основного оборудования, а также для ведения служебных переговоров.

Вспомогательное оборудование:

- волномер Ч2-С17;
- прибор ИКШ (измеритель коэффициента шума);
- прибор ИПМ (измеритель проходящей мощности);
- прибор П-323ИШ (измеритель шумов в каналах);
- прибор П-321 (генератор и указатель уровня);
- осциллограф С1-65А;
- радиорелейная станция Р-415;
- радиостанция Р-105М (Р-159);
- телефонный аппарат ТА-57;
- электрооборудование кузова.

Машина антенная с секционной опорой предназначена для перевозки основного АМУ, МГА и оборудования, которое используется для разворачивания станции.

После разворачивания АМУ в кузове антенной машины оборудуется помещение для отдыха членов экипажа.

Электростанция Э-351А (рис. 42) предназначена для питания станции трехфазным током напряжением 230 В, 50 Гц. В станции установлены два агрегата бензоэлектрических, выходной мощностью 12 кВт, АБ-12-Т/230М1, щит управления питанием, кабельное и коммутационное имущество.



Рис. 42. Электростанция Э-351А

Кроме подвижных станций, существуют стационарные варианты исполнения, которые состоят из аппаратуры, устанавливаемой в аппаратном зале, антенно-фидерного устройства, элементов антенно-мачтового устройства.

Также в ее состав могут входить дизель-электрические агрегаты, силовой трехфазный автотрансформатор 380–220В, 50 Гц, рассчитанный на нагрузку до 8 кВт и пульт контроля (пульт 880).

В стационарном варианте исполнения вместо силового щита 1820 применяется щит 1820С.

Антенно-фидерное оборудование

Антенно-фидерное оборудование станции предназначено для приема и передачи высокочастотных сигналов между радиорелейными станциями.

В составе радиорелейной станции имеется два антенно-фидерных устройства: основное и вспомогательное.

Общий вид основного антенно-мачтового устройства показан на рис. 43.

Основное АФУ состоит:

- из двух параболических рефлекторов диаметром 1,5 м;
- трех облучателей (один из них резервный);
- поворотного устройства;
- двенадцати секций тридцатиметровой мачты;
- подъемника мачты;
- двух высокочастотных кабелей РК-75-9-14 (**по 50 м каждый**) на двух катушках;
- двух комплектов однопроводной линии передачи (ОЛП);
- двух высокочастотных кабелей РК-3 (по 25 м, для подключения Р-415);
- плиты подъемника;
- четырех расчалочных лебедок;
- держателя для крепления антенны станции Р-415 на тридцатиметровой мачте;
- ящика с принадлежностями.



Рис. 43. Общий вид основного антенно-мачтового устройства

Вспомогательное антенно-фидерное устройство (МГА) состоит:

- из двух облучателей;
- двух параболических рефлекторов диаметром 0,5 м;
- телескопической мачты высотой 12 м с ручной лебедкой;
- двух высокочастотных кабелей РК-3 длиной 15 м;
- двух ярусов оттяжек (в каждом ярусе по три) с кольями.

Вспомогательное антенно-фидерное устройство (рис. 44) используется для связи на небольших расстояниях (до 15 км) при наличии прямой радиовидимости между антеннами радиорелейных станций. Крепление малогабаритных антенн осуществляется к верхнему колену стальной телескопической мачты, которая с помощью ручной лебедки обеспечивает подъем антенн на высоту **12 м**.

К антенно-фидерному оборудованию относится и оборудование, входящее в состав станции, а в частности **прибор 1840 (дуплексер)**.

Дуплексер предназначен для обеспечения работы приемника и передатчика одного полукomплекта на общую антенну, подавления паразитного спектра передатчика и создания частотной селекции в приемном канале.



Рис. 44. Вспомогательное антенно-фидерное устройство

Из аппаратной машины выведены четыре высокочастотных кабеля типа **РК-75-9-14** для подключения приемопередающего оборудования к антенно-фидерному тракту.

Режимы работы станции

Аппаратура станции обеспечивает следующие варианты работы:

- **ФИМ-24** работает с аппаратурой уплотнения на 24 канала с ФИМ на первом этапе и с ЧМ – на втором этапе преобразования сигналов;
- **ЦИ** работает с аппаратурой цифровой информации с ИКМ на первом этапе и с ЧМ – на втором этапе преобразования сигналов;

В варианте ФИМ-24 станция обеспечивает следующие режимы работы:

- 1) оконечный;
- 2) узловой с ответвлением и вставлением каналов;
- 3) ретрансляционный без ответвления каналов;
- 4) ретрансляционный по ПЧ.

В варианте работы с аппаратурой ЦИ:

- 1) оконечный;
- 2) ретрансляционный по ПЧ:
 - а) режим автономного контроля.

При работе с аппаратурой уплотнения ФИМ-24 (временное уплотнение) станция обеспечивает передачу 24 каналов, из которых 21 канал ТЧ (1–21) предназначен для абонентов, 2 канала (22-й – СК-1, 24-й – СК-2) – для служебной связи и 23-й канал – для синхронизации АУ.

Вариант ФИМ-24 обеспечивает возможность выделения любого числа каналов на любой промежуточной станции. Это свойство придает системе большую гибкость при организации связи в радиолинии. Импульсная система позволяет осуществить на узловой станции следующие режимы работы канала:

- последовательное ответвление канала, т. е. ответвление канала с исключением канального импульса из дальнейшей ретрансляции с возможностью использования этого же канала для связи данной станции с любой другой станцией на последующем участке линии;

– параллельное ответвление канала, т. е. параллельное подключение на прослушивание с возможностью подмешивания своего разговора без разрыва связи на всей линии (служебные каналы СК-1 и СК-2).

Возможны и другие режимы использования каналов для связи по линии.

В варианте ЦИ станция обеспечивает передачу сигналов бинарной информации со скоростью 480 кбод, при этом одновременно обеспечивается работа служебного канала радиолинии.

Аппаратура ЦИ находится на удалении от станции Р-414 и связана с ней соединительными кабелями. Для обеспечения служебного канала по стволу в пределах одного участка радиолинии или между участками на каждой станции имеется оборудование служебного канала – стойка 1400.

Кроме двух рабочих режимов в станции имеется возможность перехода в режим **автономного контроля (АК)**.

Режим АК служит для подготовки к работе станции и проведения профилактических мероприятий.

Этот режим дает возможность проверить аппаратуру станции в условиях, близких к реальным, т. е. проверка производится на рабочих волнах при номинальном уровне СВЧ мощности на входе приемного устройства.

В режиме АК проверяется:

- работоспособность передающего и приемного устройства станции;
- работоспособность аппаратуры уплотнения ФИМ-24;
- остаточное затухание в каналах ФИМ-24;
- уровень психофизических шумов в каналах ФИМ-24 и в канале синхронизации (при работе приемного и передающего трактов с разносом 10 волн);
- остаточное затухание тракта служебного канала в варианте работы с аппаратурой ЦИ;
- установка девиации частоты;
- работа автоматики резервирования устройств и сигнализации.

Такая система проверки имеет преимущество перед проверкой путем связи передатчика с приемником разных направлений на одной волне при развязке через аттенюатор, так как исключается паразитное влияние передатчика на приемник и, кроме того, обеспечивается проверка работоспособности на рабочих волнах. Режим АК включается путем коммутации СВЧ оборудования РРС.

2.5.2. Высокочастотное оборудование РРС Р-414.

Назначение, тактико-технические данные и принцип работы передающего устройства по структурной схеме

Стойка 1500 служит для передачи информации в варианте ФИМ-24, а также для передачи цифровой информации и информации (СК) в варианте работы с аппаратурой ЦИ.

Передающая стойка 1500 (передатчик) предназначена для работы в составе аппаратуры РРС.

В стойке 1500 происходит преобразование сигналов аппаратуры уплотнения в частотно-модулированный сигнал промежуточной частоты (70 МГц) и последующее преобразование его в СВЧ сигнал в оконечном режиме или только преобразование в СВЧ сигнал в режиме переприема по ПЧ.

Передачик 1500 выполнен отдельной стойкой и работает совместно со стойкой 1900 (стойка питания).

Рабочий диапазон стойки 1500 (**1550–2000 МГц**) разбит на **46 фиксированных волн** – с 1-й по 46-ю, **через 10 МГц**.

Мощность сигнала СВЧ на выходе стойки 1500 (разъем Вых. СВЧ) – **не менее 10 Вт** во всем диапазоне рабочих волн при работе двух ламп ЛБВ и **не менее 2,5 Вт** при работе одной лампы ЛБВ.

Мощность сигналов на выходах «ВОЛНА 1610» и «ВОЛНА 1500» – не менее **3 мВт**.

Мощность сигналов на выходах стойки Вых. АК 1610 и Вых. АК 1500 на нагрузку 75 Ом – **не менее 1 и 5 мВт** соответственно.

Относительная нестабильность частоты – **не более $5 \cdot 10^{-4}$** .

Девияция частоты выходного сигнала стойки за счет сигнала **ФИМ-24** составляет **$2 \pm 0,2$ МГц**.

Девияция частоты выходного сигнала стойки за счет сигнала **ЦИ** составляет **$1,5 \pm 0,15$ МГц**.

Девияция частоты выходного сигнала стойки за счет сигнала **СК** составляет **$0,75 \pm 0,75$ МГц**.

Полоса пропускания передающего устройства по уровню –3 дБ – **не менее 14 МГц**.

Параметры стойки сохраняются при изменении напряжения в пределах **220 В \pm 5 %**.

В стойке обеспечивается ручное и автоматическое резервирование основных приборов и устройств, а также контроль их режимов по индикаторному прибору и состоянию по мнемосхеме стойки.

Стойка 1500 получает питающее напряжение со стойки 1900.

Масса стойки – **135 кг**.

Состав и конструкция стойки (рис. 45)

Оборудование стойки размещено в шкафу. Все оборудование скомпоновано на выдвижном каркасе. На передней панели расположены элементы управления, контроля и сигнализации.



Рис. 45. Верхняя часть передней панели стойки 1500:
 1 – упрощенная трактовая мнемосхема; 2 – контроль режимов;
 3 – переключатель и тумблер прибора; 4 – тумблер включения
 автоматики; 5 – ВЧ разъем для измерения уровня видеосигналов на входе
 приборов МД-О и МД-Р

В самом верху расположена упрощенная трактовая мнемосхема (1), ниже, с правой стороны, – тумблер включения автоматики (4). Под мнемосхемой находится измерительный прибор КОНТРОЛЬ РЕЖИМОВ (2), с правой стороны – переключатель и тумблер прибора (3). ВЧ разъем для измерения уровня видеосигналов (5) расположен на входе приборов МД-О и МД-Р. Под разъемами закреплены таблицы режимов ламп ЛБВ. Ниже таблиц (рис. 46) с правой стороны друг над другом расположены окна со шкалами приборов 1610, ручки перестройки приборов и ВЧ разъемы (7).

С левой стороны расположена ручка фазовращателя (8), а под ней окно прибора 1560, ручка перестройки прибора и ВЧ разъем «ВОЛНА 1500» (9). Еще ниже расположена съемная ручка запирающего устройства.



Рис. 46. Нижняя часть передней панели стойки 1500:
 7 – ручки перестройки приборов и ВЧ разъемы; 8 – ручка фазовращателя;
 9 – окно прибора 1560, ручка перестройки прибора и ВЧ разъем «ВОЛНА 1500»

2.5.3. Высокочастотное оборудование РРС Р-414.

Назначение, тактико-технические данные и принцип работы приемного устройства по структурной схеме

Приемное устройство предназначено для приема СВЧ сигналов с частотной модуляцией в составе аппаратуры РРС Р-414.

Приемное устройство (рис. 47) осуществляет:

- прием и усиление частотно-манипулированного радиосигнала на любой рабочей волне в диапазоне работы станции;
- преобразование усиленного СВЧ сигнала в сигнал промежуточной частоты (70 МГц);
- основное усиление и селекцию сигналов в тракте промежуточной частоты;
- детектирование частотно-модулированных колебаний;
- усиление видеосигнала и его нормализацию по амплитуде и длительности.



Рис. 47. Передняя панель приемного устройства

Радиоприемное устройство Р-414 обеспечивает беспереходное вхождение в связь и беспереходное ведение связи:

- беспереходное по частоте вхождение в связь обеспечивается установкой частоты гетеродина по резонансному волномеру;
- беспереходное ведение связи обеспечивается точной подстройкой гетеродина по принимаемому сигналу после вхождения в связь.

Технические данные

Рабочий диапазон приемного устройства **1550–2000 МГц** разбит на **46 фиксированных волн через 10 МГц**.

Амплитуда выходных импульсов в режиме ФИМ-24 составляет **0,24–0,36 В** при частоте следования **192 кГц**.

Коэффициент шума – **не более 15 дБ**.

Коэффициент бегущей волны на входе стойки в диапазоне рабочих волн – **не менее 0,4**.

Мощность гетеродина на разъемах «**ВОЛНА-О**» и «**ВОЛНА-Р**» – **не менее 3 мВт**.

Избирательность по зеркальному каналу – **не менее 215 дБ**.

Избирательность по соседнему каналу – **не менее 30 дБ**.

Полоса пропускания тракта ПЧ по уровню –3 дБ составляет **7,2–9 МГц**.

Состав приемного устройства

Основные элементы приемного устройства Р-414 сосредоточены в **стойке 1600**. В виде отдельных конструктивных элементов выполнены:

- полосовой не перестраиваемый фильтр – прибор 33 (**П-33**);
- МШУ с полосовым перестраиваемым фильтром на входе (**блок 1830**).

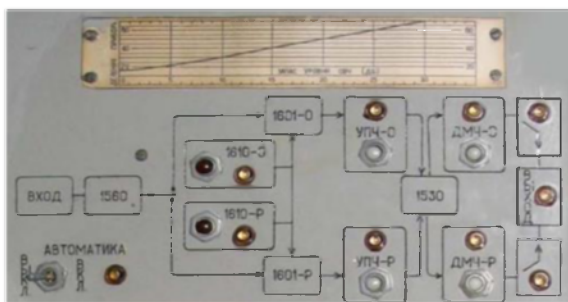
Функционально приемное устройство подразделяется на три элемента:

- **тракт СВЧ** (УСВЧ, смеситель, гетеродин). В тракте СВЧ происходит селекция и преобразование СВЧ сигнала в промежуточную частоту 70 МГц;
- **тракт УПЧ**, имеющий 23 каскада усиления. В тракте УПЧ происходит основное усиление и селекция принимаемого сигнала на частоте 70 МГц;
- **видеотракт** включает частотный демодулятор ДМЧ, видеофильтр П-1636, нормализатор импульсов П-1660, помехоустойчивую систему автоматики П-1680. В видеотракте происходит преобразование ЧМ сигнала ПЧ в видеосигнал, усиление и нормализация по длительности и амплитуде.

Конструкция приемного устройства

Все оборудование стойки 1600 скомпоновано на выдвижном каркасе шкафа.

Элементы управления, контроля и сигнализации размещены на передней панели шкафа (рис. 48).



а



б

Рис. 48. Передняя панель шкафа стойки 1600:

а – верхняя часть; *б* – нижняя часть

Вверху расположена градуировочная таблица ИЗУ, под ней – упрощенная трактовая мнемосхема. С левой стороны панели расположен тумблер включения АВТОМАТИКИ стойки. Ниже мнемосхемы друг под другом расположены измерительные приборы, переключатель контроля режимов работы стойки, окно под шкалу «ВОЛНА СТ.1600» и ручка переключения полосового фильтра (прибор 1560).

С правой стороны панели ниже табло расположены окна под шкалы «ВОЛНА 1610-О» и «ВОЛНА 1610-Р», ручки перестройки и ВЧ разъемы волномерного выхода приборов 1610 (гетеродинов) основного и резервного трактов.

Под ручками перестройки приборов 1560 и 1610 размещены два разъема **КОНТРОЛЬ ВИДЕО** для контроля уровня на выходах основного и резервного приборов ДМЧ.

Еще ниже по оси панели расположена ручка запирающего устройства (замка) выдвижного каркаса.

МШУ (блок 1830) выполнен в виде отдельного блока (рис. 49).



Рис. 49. Передняя панель МШУ

На передней панели расположены ручка перестройки полосового фильтра 1833 и окно контрольной шкалы; тумблер включения основного или резервного каскада усиления; контрольные лампы включения основного или резервного каскада усиления; два блока питания 1831 (для основного и резервного каскада усиления); разъем **ВЫХОД СВЧ**. На правой стороне корпуса имеется разъем **ВХОД СВЧ**, разъем **ПИТАНИЕ** и клемма для подключения заземления.

Сверху корпуса имеется ручка для переноски блока и два фальшразъема для подключения кабеля.

На задней стенке расположен не перестраиваемый полосовой фильтр – прибор П-33 (рис. 50).



Рис. 50. Прибор П-33

2.5.4. Система автономного контроля РРС Р-414

Отдельным устройством, не входящим в приемный тракт станции, является система автономного контроля (рис. 51), предназначенная для проверки и настройки аппаратуры станции без вхождения в связь. Она позволяет без изменения настройки принять сигналы собственного передатчика.

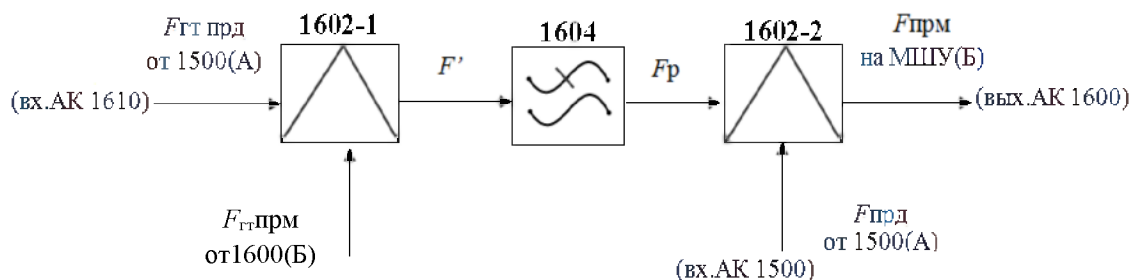


Рис. 51. Схема системы автономного контроля РРС Р-414

Система состоит из двух смесителей (1602) и фильтра нижних частот (1604). В режиме автоконтроля на смеситель 1602-1 подаются частота гетеродина передатчика $F_{ГТ.прд}$ и частота гетеродина приемника $F_{ГТ.прм}$. В результате преобразования частоты на выходе смесителя получаются суммарная и разностная частоты:

$$F' = F_{ГТ.прд} \pm F_{ГТ.прм}$$

Фильтр нижних частот 1604 служит для подавления суммарной и выделения разностной составляющей:

$$F_p = F_{ГТ.прд} - F_{ГТ.прм} = F_{прд} - F_{прм},$$

так как частоты сигналов отличаются от частот гетеродина приемника и гетеродина передатчика на постоянную величину 70 МГц.

На смеситель 1602-2 подается разностная частота

$$F_p = F_{прд} - F_{прм},$$

где $F_{прд}$ – частота передатчика; $F_{прм}$ – частота приемника.

В результате преобразования на выходе смесителя 1602-2 получаются суммарная и разностная частоты:

$$F = F_{прд} \pm F_p,$$

где одна из них есть частота, на которую настроена стойка 1600 ($F_{прм}$).

Выработанные сигналы частоты приема подаются на **ВЫХ. АК 1600** стойки, а затем с помощью СВЧ кабеля – на вход блока малошумящего усилителя.

2.5.5. Низкочастотное оборудование РРС Р-414.

Назначение и тактико-технические данные стойки 1200

Аппаратура уплотнения аппаратной размещается в двух однотипных стойках 1200И.

Стойка 1200И обеспечивает временное уплотнение при фазово-импульсном методе модуляции двадцати трех дуплексных каналов и формирование канала синхронизации (маркерного канала).

Стойка 1200И обеспечивает:

- нормализацию импульсов приемника по уровню и длительности;
- автоматическое отключение нормализованных импульсов приемника и выдачу аварийных сигналов на стойку 1700 при уровне шума, превышающем допустимую величину ($0,8 U_c$);

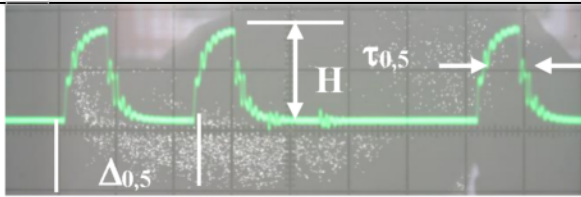
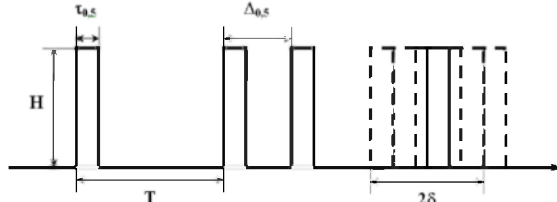
- формирование многоканального импульсного сигнала передачи, состоящего из импульсов маркерного канала и модулированных по фазе импульсов двадцати одного абонентского и двух служебных каналов;
- вставку и выделение из многоканального сигнала импульсов любых каналов и их демодуляцию;
- переприем импульсов маркерного канала в узловом режиме;
- передачу и прием сигналов контроля РРЛ с цифровым отображением информации;
- проведение контрольных измерений величины шума в канале синхронизации.

Технические характеристики

Входные и выходные напряжения стойки 1200И соответствуют величинам, указанным в табл. 11.

Таблица 11

Входные и выходные напряжения стойки 1200И

Назначение напряжения	Форма, характеристика напряжения	Параметры напряжения
Импульсы приемника		$H = 0,25 - 0,35 \text{ В};$ $\tau_{0,5} = 0,45 - 0,6 \text{ мкс};$ $T = 4,9 \text{ мкс};$ $\Delta_{0,5} = 1,7 \text{ мкс};$ $2\delta = 2 \text{ мкс}$
Выходные импульсы на передачу		$H = 0,35 - 0,45 \text{ В};$ $\tau_{0,5} = 0,5 - 0,6 \text{ мкс};$ $T = 4,9 \text{ мкс};$ $\Delta_{0,5} = 1,7 \text{ мкс};$ $2\delta = 2 \text{ мкс}$

Параметры стойки 1200И:

- 23 канала (приборы 1220И) имеют четырехпроводное окончание с уровнями передачи -13 дБ ($-1,5 \text{ Нп}$) и приема $+4,3 \text{ дБ}$ ($+0,5 \text{ Нп}$); входное и выходное сопротивление канала 600 Ом ;
- неравномерность ЧХОЗ канала (относительно частоты 800 Гц) не превышает величин, указанных в табл. 12;
- отношение сигнал/шум на приемной стороне канала равно 1500 ;
- отношение уровня сигнала к уровню переходной помехи в ретранслируемых каналах – не менее 10 тыс. ;
- стойка работает в двух режимах – оконечном и узловом. Управление режимами – дистанционное;
- частота опорных импульсов, генерируемых стойкой – 192 кГц ;
- стойка обеспечивает выдачу аварийных сигналов с цифровым отображением номера участка и номера станции при аварии на линии или ответвлениях.

Границы неравномерности ЧХОЗ канала

Частота, Гц	300	400	600	1600	2400	3000	3400
Допустимое отклонение, дБ (Нп)	от -0,87 до +3,04 (-0,1 до +0,32)	от -0,87 до +1,74 (-0,1 до +0,18)	от $\pm 0,87$ до $(\pm 0,1)$	от $\pm 0,87$ до $(\pm 0,1)$	от $\pm 0,87$ до $(\pm 0,1)$	от -0,87 до +1,74 (от -0,1 до +0,18)	от -0,87 до +3,04

Состав и устройство стойки 1200И

Аппаратура стойки 1200И по своему функциональному назначению подразделяется на следующие устройства:

- устройство нормализации импульсов приемника (прибор нормализации 1250И) – 1 шт.;
- устройство синхронизации (блок синхронизации 1210И) – 2 шт.;
- канальные устройства (канальный прибор 1220И) – 24 шт.;
- устройство контроля РРЛ (блок контроля 1230И) – 1 шт.;
- устройство электропитания (блок питания 1240И) – 2 шт.

Основными функциями аппаратуры уплотнения являются:

- формирование импульсного многоканального сигнала, несущего информацию, передаваемую по каналам ТЧ;
- разделение многоканального импульсного сигнала, поступающего от приемника, на отдельные каналы и выделение в каждом канале информации тональной частоты.

В соответствии с этим аппаратура уплотнения состоит из двух основных частей – передающей и приемной.

К передающей части относятся:

- блок синхронизации 1210И, работающий на передачу;
- модуляторы канальных приборов 1220И (21 абонентского и 2 СК).

К приемной части относятся:

- блок синхронизации 1210И, работающий на стороне приема;
- прибор нормализации импульсов приемника 1250И;
- демодуляторы канальных приборов 1220И (21 абонентского и 2 СК);
- демодулятор прибора 1220И канала синхронизации (маркерного канала).

2.5.6. Низкочастотное оборудование РРС Р-414.

Назначение и устройство пульта коммутации каналов 1810

Сигналы от абонентов, пройдя через вводный линейный щит 1800, по проводам внутреннего монтажа поступают на пульт коммутации каналов 1810.

Пульт 1810 (рис. 52) предназначен для коммутации каналов связи, образованных радиорелейной станцией Р-414 с абонентскими линиями (внешними абонентами), а также для коммутации низкочастотных окончаний вспомогательного оборудования.

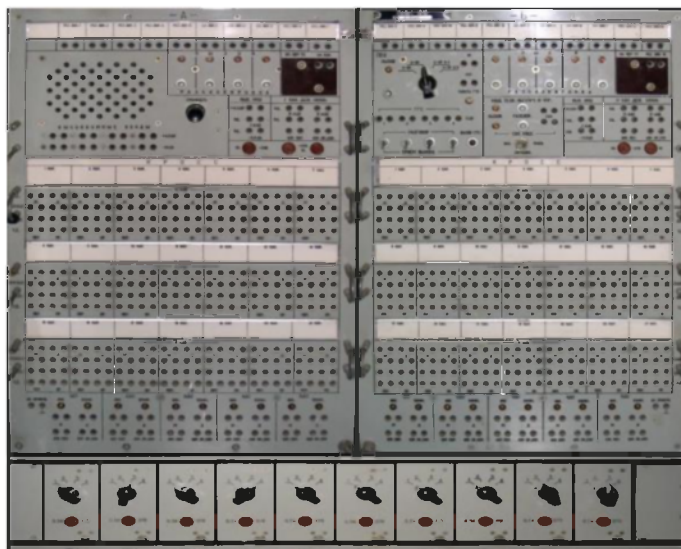


Рис. 52. Передача абоненту канала в четырехпроводном режиме

Пульт позволяет передавать абонентам каналные окончания с первого по двадцать первый канал направления А и направления Б в следующих режимах работы:

- четырехпроводный оконечный с уровнями **−13 дБ** (−1,5 Нп) на передаче и **+4,3 дБ** (+ 0,5 Нп) на приеме;
- четырехпроводный транзит с переприемом тонального вызова с уровнями **−3,5 дБ** (−0,4 Нп) на приеме и передаче;
- четырехпроводный транзит с переприемом индукторного вызова с уровнями **−3,5 дБ** (−0,4 Нп) на приеме и передаче;
- двухпроводный оконечный с уровнями **−6,9 дБ** (−0,8 Нп) на приеме и **0 дБ** (0 Нп) на передаче;
- двухпроводный транзит с уровнями **−3,5 дБ** (−0,4 Нп) на приеме и передаче.

Пульт позволяет обеспечить:

- сопряжение с аппаратурой, имеющей уровни **−13 дБ** (−1,5 Нп) на передаче и **+4,3 дБ** (+ 0,5 Нп) на приеме;
- коммутацию любых каналных окончаний на внешние абонентские, служебные и резервные линии;
- коммутацию низкочастотных окончаний радиорелейной станции Р-415 с уровнями **−13 дБ** (−1,5 Нп) на передаче и **+4,3 дБ** (+0,5 Нп) на приеме в четырехпроводном режиме и **−3,5 дБ** (−0,4 Нп) на передаче и приеме в двухпроводном режиме как на любой канал аппаратуры станции, так и на любые внешние линии.

Пульт обеспечивает:

- прием индукторного вызова по внешним линиям;
- прием на громкоговоритель сигнала от внешнего абонента и абонента радиолинии.

Приемно-вызывное устройство (ПВУ) пульта обеспечивает:

- работу (прием и передачу НЧ сигнала с микрофонной трубки) в режимах **2-ПР.**, **4-ПР.** в сторону внешнего абонента и **2-ПР. ВО**, **4-ПР. ВО** в сторону радиолинии;
- посылку (в режимах **2-ПР.** и **2-ПР. ВО**) и прием (в режимах **2-ПР.**, **2-ПР. ВО**, **4-ПР.**, **4-ПР. ВО**) индукторного вызова;
- посылку (в режимах **4-ПР.**, **4-ПР. ВО**) тонального вызова.

Пульт обеспечивает громкоговорящую служебную связь (ГСС) по любым четырём служебным или резервным линиям.

Пульт 1810 состоит из следующих основных устройств:

- двух кросс-панелей;
- двенадцати приемников индукторного вызова;
- приемно-вызывного устройства;
- генератора тонального вызова;
- усилителя НЧ;
- согласующего устройства;
- десяти блоков низкочастотных окончаний.

Кросс-панели предназначены для коммутации низкочастотных окончаний каналов станции с абонентскими линиями.

Каждая панель разбита на двадцать одну группу гнезд. На каждую группу гнезд выходят цепи модулятора (**М**) и демодулятора (**Д**) канала (**КАНАЛ**), выходы цепей внешнего абонента канала (**АБОН.**) и цепи удлинителей 17,4 дБ (**УД.**).

Левая панель включает в себя элементы коммутации цепей каналов направления связи А, правая – элементы коммутации цепей каналов направления связи Б. На панелях расположены также элементы коммутации и управления вспомогательного оборудования: громкоговорящей связи, приемно-вызывного устройства, сигнализации, гнезда входов и выходов блоков НЧ окончаний.

3. МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ РАДИОРЕЛЕЙНАЯ СТАНЦИЯ Р-409МБ1

3.1. Общие сведения о радиорелейной станции Р-409МБ1

Радиорелейная станция Р-409МБ1 (рис. 53) предназначена для обеспечения цифровой и аналоговой радиорелейной и проводной связи, а также цифровой связи по волоконно-оптическим кабелям (ВОК) в составе мобильных узлов связи и отдельно.



Рис. 53. Внешний вид РРС Р-409МБ1

Радиорелейная станция состоит из аппаратного комплекса и программного обеспечения, предназначенного для автоматизированного управления аппаратным комплексом станции.

Средства связи радиорелейной станции обеспечивают возможность его совместной работы с аналогичными аппаратными средствами связи в составе мобильных и стационарных узлов связи.

Радиорелейная станция Р-409МБ1 рассчитана на непрерывную круглосуточную работу при температуре окружающего воздуха от -10 до 50 °С и в условиях относительной влажности воздуха до 98 % при температуре не выше 35 °С.

Радиорелейная станция Р-409МБ1 относится к наземной аппаратуре военного назначения, установленной в кузове на колесной транспортной базе типа ЗИЛ-131 (или базе аналогичного типа). Шасси автомобиля – повышенной проходимости, грузоподъемностью 3500 кг, трехосное, односкатное, с системой регулирования давления в шинах и с экранированным электрооборудованием. Колея колес на плоскости дороги – 1820 мм. Наименьшее расстояние от плоскости дороги до низших точек автомобиля-картера ведущих мостов – 330 мм.

Максимальная скорость автомобиля с полной нагрузкой при движении по горизонтальному участку ровной прямой дороги с усовершенствованным покрытием – 80 км/ч.

Станция с полной нагрузкой при движении по сухому твердому грунту может преодолевать подъем в 30°. Емкость топливных баков – 340 л.

Общая масса изделия, заправленного горюче-смазочными материалами и водой, полностью укомплектованного, с водительским инструментом, без имущества, перевозимого отдельно, не должна превышать 13 325 кг.

Экипаж станции – 4 чел.

Состав оборудования станции

Все оборудование (рис. 54) радиорелейной станции Р-409МБ1 можно условно разделить на следующие подгруппы:

- средства связи и телекоммуникационное оборудование;
- средства автоматизации;
- средства электропитания;
- измерительные средства;
- оборудование жизнеобеспечения;
- кабельное имущество;
- инструменты, принадлежности и ЗИП.



Рис. 54. Размещение оборудования в аппаратном отсеке станции

Необходимо обратить внимание, что состав оборудования радиорелейной станции может меняться в зависимости от ее модификации и выполняемых задач. В табл. 13 приведен типовой перечень основного оборудования станции Р-409МБ1, а в табл. 14 – станции Р-409МБ1(КАС).

Таблица 13

Типовой перечень основного оборудования станции Р-409МБ1

№ п/п	Наименование оборудования	Количество, шт.
Средства связи и телекоммуникационное оборудование, в составе:		
1	РРС Р-409М	1
2	Статив МКДЗ	1
3	Статив коммутации мобильный (СКМ)	1
4	РРС Р-429, конфигурация 1+0	2
5	Цифровая система передачи <i>MGS-3M-MRL-E1B/ETH</i>	2
6	<i>SHDSL</i> модем ЦМ-Е1	2
7	Мультиплексор доступа синхронный СМД	1
8	Оптический кросс	1
9	Переговорно-вызывное устройство	1
10	Пульт служебной связи	1
11	Блок громкоговорящей связи	1
12	Телефонный аппарат	1
Средства автоматизации, в составе:		
13	Автоматизированное рабочее место (АРМ)	1
Средства электропитания, в составе:		
14	Система электропитания ПС-60/48 с комплектом аккумуляторов	1
Средства измерения, в составе:		
15	Прибор <i>AFK-3</i>	1

Таблица 14

Типовой перечень основного оборудования станции Р-409МБ1 (КАС)

№ п/п	Наименование оборудования	Количество, шт.
1	2	3
Средства связи и телекоммуникационное оборудование, в составе:		
1	Статив МКДЗ	2
2	СКМ	1
3	Станция цифровая радиорелейная Р-427	2
4	Радиорелейная станция Р-429	1
5	Мультиплексор доступа синхронный СМД-с	1
6	Пульт служебной связи ПСС	1
7	Станция автоматическая электронная цифровая телефонная мобильная АТСЭ ФММ	1
8	Система связи цифровая малоканальная Ф 4/12	1
9	Оборудование громкоговорящей связи ОГО	1
10	Оборудование кросса оптического ОКО	1
11	Переговорно-вызывное устройство ПВУ	1
12	Система периметровой охраны СПО-10	1
13	Блок оптический полевой БОП-4-4FC-4FC/UPC-1	1

1	2	3
14	Комплект обслуживания оптический КОО-1	1
15	Аппаратура цифровых систем передачи <i>FlexDSL</i> «Орион 3»	4
16	Цифровая система передачи «Мегатранс»	1
17	Конвертер интерфейсов <i>FlexCON</i>	1
18	Аппаратура цифровых систем передачи <i>FlexDSL</i> «Орион 3» (настольный комплект)	2
19	Конвертер интерфейсов <i>FlexCON</i> (настольный комплект)	2
20	Переходник <i>MOXA Nport</i> 5610-16	1
21	Цифровой ретранслятор <i>RD985</i>	1
22	Дуплексер 146-147/156-157 МГц	1
23	Цифровая портативная радиостанция <i>PD785G</i>	5
24	Коммутатор <i>Natex NetXpert NX-5124-DC</i>	1
25	Телефонный аппарат	21
26	Комплекс телекоммуникационный мобильный МТК-240Б	1
Средства автоматизации, в составе:		
27	АРМ администратора	1
28	АРМ телефониста	1
Средства электропитания, в составе:		
29	Система электропитания ПС-60/48У	1
30	Дизельный электрогенератор 5 кВт	2
31	Аккумуляторная батарея емкостью 22 А·ч	4
Средства измерения, в составе:		
32	Анализатор <i>AFK3</i>	1
33	Мультиметр цифровой	1
34	Оптический рефлектометр <i>OTDR VISA M1</i>	1

Тактико-технические данные

Станция **Р-409МБ1** обеспечивает:

- организацию аналогового радиорелейного направления с использованием высокочастотной (ВЧ) стойки Р-409 и аппаратуры П-330-6 из состава Р-409;
- организацию аналоговой кабельной линии связи с использованием аппаратуры П-330-6 (П-303ОБ) из состава Р-409;
- организацию двух радиорелейных направлений с использованием цифровых радиорелейных станций Р-429;
- организацию двух проводных направлений по кабелю П-296М с использованием цифровой системы передачи *MGS-3M-MRL-E1B/ETH*;
- организацию двух проводных направлений по кабелю П-296М с использованием *SHDSL* модема ЦМ-Е1;
- мультиплексирование/демультиплексирование в/из цифровых потоков Е1 пользовательских интерфейсов;
- кросс-коммутацию образованных цифровых потоков с возможностью вывода на кабельный ввод станции;
- шнуровую коммутацию всех образованных цифровых потоков Е1;

- автоматизированную кросс-коммутацию каналов со скоростями 64 кбит/с не менее восьми цифровых потоков *E1*;
- шнуровую коммутацию всех образованных пользовательских (абонентских) интерфейсов с возможностью их вывода на кабельный ввод станции;
- организацию служебной связи по внутриузловым соединительным линиям связи и по каналам, образованным радиорелейными и проводными средствами связи;
- измерение основных параметров потоков *E1* и каналов тональной частоты;
- юстировку антенн радиорелейных станций по азимуту с использованием ручного антенно-поворотного устройства;
- техническое сопряжение с аппаратурой аппаратных (станций) полевых узлов связи различной принадлежности, аппаратурой стационарных узлов связи пунктов управления Вооруженных Сил и сети электросвязи общего пользования.

Станция **Р-409МБ1(КАС)** обеспечивает:

- организацию двух радиорелейных направлений связи с использованием РРС Р-429;
- организацию радиорелейных направлений связи с использованием цифровых радиорелейных станций Р-427 (при использовании Р-427 вместо Р-429) с возможностью передачи до четырех *E1* и/или *Ethernet* в каждом направлении;
- организацию одной *SHDSL* кабельной линии связи по кабелю П-296М с использованием цифровой системы передачи (далее – ЦСП) Мегатранс 3М с возможностью передачи одной *E1* и одной *Ethernet* 10/100 Base-T;
- организацию четырех *SHDSL* кабельных линий связи по кабелю П-296М с использованием модемов «Орион 3» с возможностью передачи в каждом направлении четырех *E1* и четырех *Ethernet* 10/100BaseT;
- организацию ЦСП с использованием настольного комплекта модемов «Орион 3». Каждый модем обеспечивает дуплексную передачу информации со скоростью до 15 240 кбит/с (интерфейсы $2 \times E1$ и $2 \times Ethernet$ 10/100 BaseT) по одной паре кабеля П-274М длиной до 10 км;
- организацию двух *SDSL* кабельных линий связи с использованием блока линейного интерфейса *SDSL2* из состава синхронного мультиплексора доступа СМД-с с возможностью передачи в каждом направлении одного *E1* и одного *Ethernet* (10/100BaseT), универсальный цифровой интерфейс $N \times 64/RS232$;
- организацию четырех волоконно-оптических линий связи (далее – ВОЛС) уровня *STM-1* по волоконно-оптическому одномодовому кабелю с использованием *SFP*-модулей (длина волны 1,55 и 1,31 мкм) синхронного мультиплексора доступа СМД-с (образование до 16 асинхронных/синхронных сигналов *E1*, до 9 сигналов *E3*, до 252 сигналов *E1* для абонентского доступа, до 4 сигналов *Ethernet* 10/100 Base-TX);
- автоматизированную кросс-коммутацию основных цифровых каналов;
- мультиплексирование/демультиплексирование в/из потоков *E1* пользовательских интерфейсов: восемь каналов ТЧ, четыре канала С1-И, четыре канала ТЧ (МБ) и четыре линии *FXS* (АК);
- коммутацию и маршрутизацию *Ethernet*-трафика с использованием коммутатора *L3* между 24 портами *Ethernet* 10/100Base-TX и 2 портами *Ethernet* 1000Base-X (*SFP* с длиной волны 1,55 и 1,31 мкм);

– конвертирование сигналов интерфейса *E1* в сигналы интерфейса *Ethernet 10/100Base-T* и наоборот;

– шнуровую коммутацию образованных потоков *E1* и пользовательских (абонентских) интерфейсов с возможностью их вывода на кабельный ввод изделия;

– развертывание открытых сетей передачи данных, видео-конференц-связи и абонентской телефонной сети связи следующей емкостью:

- двадцать аналоговых абонентских линий, в том числе двенадцать линий через систему абонентского уплотнения Ф4/12;

- восемь абонентских линий МБ;

- четыре линий *FXS* от внешних АТС;

– развертывание открытой сети громкоговорящей связи емкостью до двадцати абонентских линий с использованием оборудования громкой связи БС-1 и БГС;

– развертывание засекреченных сетей передачи данных, видео-конференц-связи и автоматической телефонной связи емкостью до шестнадцати аналоговых двухпроводных абонентских линий с использованием выносного комплекса МТК-240Б;

– организацию локальной сети радиодоступа подвижным абонентам в сеть связи общего пользования через интерфейс *Ethernet 10/100 Base-T*;

– функционирование автоматизированных рабочих мест:

- администратора, оборудованного ПЭВМ с установленным программным обеспечением, обеспечивающим управление и конфигурацию оборудования изделия;

- телефониста, оборудованного ноутбуком с установленным программным обеспечением АТСЭ ФМС (БМК), обеспечивающим заказное обслуживание абонентов (коммутацию);

– организацию служебной связи по внутриузловым соединительным линиям связи и образованным каналам связи;

– измерение основных параметров каналов *E1* и ТЧ;

– развертывание периметровой охранной сигнализации на пять секторов охраны;

– определение местонахождения в системе ГЛОНАСС/*GPS* с использованием терминала навигационных измерений (ТНИ).

Технические данные средств электропитания

Электропитание изделия обеспечивается от источника однофазного переменного тока 220 В, 50 Гц. Предусмотрена работа от аккумуляторных батарей при (пропадании промышленной сети) в течение одного часа. Потребляемая мощность не превышает 1,8 кВт.

Источниками тока могут быть:

– сеть однофазного переменного тока;

– собственные электрические агрегаты, перевозимые в агрегатном отсеке кузова;

– система отбора мощности от двигателя автомобиля, включающая редуктор и генератор переменного тока типа ГАБ-4-0/230 мощностью 4 кВт. Этот вариант питания используется как аварийный.

Рассмотрим (**Р-409МБ1**) АБ-2-0/230 М1.

Характеристики **Р-409МБ1(КАС)**:

1) электрогенератора *DAEWOO DDAE6000XE*:

- а) мощность максимальная – 5,5 кВт;
- б) напряжение на выходе однофазное – 230 В;
- в) частота – 50 Гц;
- г) ток максимальный – 25 А;
- д) розетки – 1 шт. (16 А), 1 шт. (32 А);
- е) емкость топливного бака – 16 л;
- ж) время работы при 50%-й нагрузке – 14 ч;
- з) тип двигателя – дизельный, 4-тактный;
- и) габариты, мм – 800×500×630;
- к) вес, кг – 93;

2) электрогенератора *HYUNDAI DHY6000LE*:

- а) мощность максимальная – 5,5 кВт;
- б) напряжение на выходе однофазное – 230 В;
- в) частота – 50 Гц;
- г) ток максимальный – 23,9 А;
- д) розетки – 2 шт. (16 А);
- е) емкость топливного бака – 14 л;
- ж) время работы при 50%-й нагрузке – 13 ч;
- з) тип двигателя – дизельный, 4-тактный;
- и) габариты, мм – 740×500×630;
- к) вес, кг – 114.

Антенно-фидерное оборудование

Состав цифровой радиорелейной станции Р-427:

1) параболическая антенна решетчатого типа:

- а) диаметр – 0,6 м;
- б) диаметр – 0,9 м.

Состав цифровой радиорелейной станции Р-429:

- 1) антенна В;
- 2) антенна 2Б11.

Состав цифровой радиорелейной станции Р-409:

- 1) в поддиапазоне А – вибраторная логарифмическая периодическая антенна;
- 2) в поддиапазоне Б – z-образная антенна с рефлектором;
- 3) в поддиапазоне В – четырехэлементная z-образная синфазная антенна с

рефлектором.

Режимы работы станции Р-409МБ1

Аппаратура станции обеспечивает следующий режимы работы:

- узловой;
- конечный;
- ретрансляции.

3.2. Средства связи и телекоммуникационное оборудование РРС Р-409МБ1

Телекоммуникационное оборудование предназначено для организации цифровых радиорелейных, волоконно-оптических и проводных линий связи, радиодоступа подвижных абонентов, развертывания открытых и засекреченных сетей передачи данных, видео-конференц-связи, автоматической телефонной и громкоговорящей связи на подвижном пункте управления Вооруженных Сил тактического звена управления.

Оборудование кросса оптического (ОКО)

Оборудование кросса оптического (рис. 55) предназначено для размещения и коммутации сварных оптических волокон и возможности их дальнейшей коммутации с оборудованием телекоммуникационных систем, соединения линейных кабелей со стационарными, измерения характеристик кабеля.



Рис. 55. Оборудование кросса оптического

Переговорно-вызывное устройство (ПВУ)

ПВУ (рис. 56) предназначено:

- для обеспечения служебной связи при вхождении в связь, настройке каналов и линий связи по двух- и четырехпроводным физическим линиям связи МБ, ЦБ и АТС, четырехпроводным каналам ТЧ;
- для оперативного контроля и оценки исправности линий и каналов связи, абонентских устройств, в том числе телефонных аппаратов МБ, ЦБ, АТС и ГГС;
- для прослушивания через встроенный громкоговоритель трех линий (входы усилителя высокоомные).



Рис. 56. Переговорно-вызывное устройство

ПВУ осуществляет:

- формирование измерительного сигнала 800 Гц;
- формирование индукторного вызова в сторону абонента, получение от абонента индукторного вызова, его световую и звуковую сигнализации;

- формирование вызывного сигнала 2100 Гц в абонентскую и каналную стороны для каналов ТЧ;
- формирование разговорных сигналов с соответствующими уровнями передачи и приема для всех используемых линий, каналов связи и абонентов.

3.2.1. Назначение, состав и технические характеристики цифровой автоматической электронной телефонной станции АТСЭ ФММ

Автоматическая электронная цифровая телефонная станция (рис. 57) предназначена для обеспечения открытой автоматической и полуавтоматической (заказной) телефонной связи на подвижных пунктах различных звеньев управления.



Рис. 57. Автоматическая телефонная станция АТСЭ ФММ

Автоматическая телефонная станция **АТСЭ ФММ** обеспечивает:

- автоматическую связь абонентов между собой;
- автоматическую коммутацию абонентов на цифровые каналы Е1;
- автоматическую связь для абонентов встречных станций;
- переадресацию вызова;
- установление соединений сокращенным набором номера (позывного);
- автоматический автодозвон абоненту по сети;
- прямой вызов (без набора номера) от выделенного (прямого) абонента на пульт телефониста;
- возможность ограничения доступа входящих вызовов к выделенным абонентам путем переадресации их на пульт телефониста или другой номер АТС.

Максимальная абонентская емкость – 48 абонентов.

Состав АТСЭ ФММ

- БАЛ5 – блок аналоговых линий;
- БАЦЛ – блок аналоговых и цифровых линий;
- КВК5 – коммутатор временной комбинированный;
- КПС5 – кассета пакетной сигнализации;

- ТАС – табло аварийной сигнализации;
- УКП – устройство контроля питания;
- УНПК – устройство непрерывного питания комбинированное.

Технические характеристики АТС

Нагрузка:

- абонентские линии – 0,15 Эрл;
- соединительные линии – 0,7 Эрл.

Типы линий, включаемых в АТС:

- аналоговые двухпроводные линии индивидуальных абонентов (АЛ);
- аналоговые двухпроводные линии спаренных абонентов (САЛ);
- аналоговые двухпроводные линии прямых абонентов;
- аналоговые двухпроводные линии местной и междугородной связи;
- аналоговые четырехпроводные линии с вызывной частотой 2100 Гц;
- цифровая двухпроводная линия системного телефона (ЦАЛ СТА).

Виды ДВО, предоставляемые абонентам:

- тональный набор;
- безусловная переадресация;
- переадресация при занятости;
- переадресация на автоинформатор;
- запрет некоторых видов исходящей связи;
- запрет входящей и исходящей связи (кроме экстренных служб);
- исходящая связь по паролю;
- запрет входящей связи;
- передача входящего соединения другому абоненту;
- конференц-связь абонентов;
- определение номера вызывающего абонента (CLIP);
- уведомление о поступлении нового вызова;
- отмена всех услуг.

Наращивание емкости:

- абонентская линия – 8;
- цифровая СЛ-ИКМ30 (ИКМ15) – 2;
- аналоговая СЛ – 2.

Поддержка нумерации в сети:

- открытая;
- закрытая (2–7 знаков).

Сопротивление шлейфа АЛ – до 3 кОм.

АОН – безынтервальный пакет.

Пропускная способность цифрового канала – 64 кбит/с.

Коды межстанционного обмена (для ИКМ30) – НБВ-3.

Тип блокиратора спаренных АЛ – диодный.

Погрешность определения продолжительности соединения – не более ± 1 с.

Напряжение электропитания с заземленным положительным полюсом – 54–72 В.

Достоинства АТС

АТСЭ ФММ имеет следующие достоинства:

- гибкость построения сетей и направлений прямой связи различного назначения;
- встроенное в АТСЭ ФММ исполнение модемов для работы по медному и волоконно-оптическому кабелю;
- встроенное в АТСЭ ФММ исполнение аппаратуры абонентского уплотнения (обеспечивает передачу двенадцати номеров по одной кабельной паре на расстояние до 12 км);
- обеспечение работы в качестве коммутатора открытой связи ручного обслуживания на базе ПЭВМ или цифрового пульта. АТС позволяет заменить аппаратные каналообразования, коммутатор ручного обслуживания и аппаратную АТС старого парка одновременно;
- обеспечение работы в качестве первичного мультиплексора. АТС позволяет выделить из цифрового потока *E-1* каналы ТЧ и МБ для внешних потребителей (аппаратуры ЗАС, тонального телеграфирования, прямой связи, оповещения и др.), организовать каналы *n* 64 кбит/с с интерфейсом *Ethernet 10BaseT* для сети передачи данных;
- обеспечение работы с каналами ТЧ и абонентами МБ;
- возможность реализации встроенной системы записи (регистрации) переговоров;
- диагностика и измерение основных характеристик физических абонентских линий;
- поддержка функции *CLIP* с *FSK* модуляцией (определение номера вызывающего абонента);
- широкий диапазон рабочего напряжения и частоты электропитания (возможность работы с пониженным (нестабильным) напряжением промышленной электросети или дизель-генератора);
- АТС позволяет подключать к встроенной системе гарантированного электропитания другую телекоммуникационную аппаратуру;
- выполняются требования по радиоэлектронной защите, живучести и стойкости к внешним воздействиям (принудительная вентиляция и подогрев при запуске в холодное или жаркое время года);
- возможность (по желанию заказчика) изменения технических характеристик и габаритных размеров;
- высокая надежность;
- гарантия (по требованию заказчика) до 5 лет;
- возможность модернизации аппаратных АТС старого парка путем простой замены оборудования;
- АТС позволяет заменить аппаратные каналообразования, коммутатора открытой связи и АТС старого парка одновременно, что повышает устойчивость и надежность связи, уменьшает количество техники и обслуживающего персонала.

Станция автоматическая электронная цифровая телефонная мобильная АТСЭ ФМС

АТСЭ ФМС (рис. 58) на базе блока БМК (далее – АТС) – это комплекс цифрового коммутационного оборудования и программного обеспечения, основу которого составляет коммутационная система с распределенным полем и децентрализованным управлением (модульный принцип построения с многоступенчатой иерархией). АТС малой емкости не требуют постоянного присутствия обслуживающего персонала.



Рис. 58. АТСЭ ФМС

Блок мобильной коммутации БМК (далее – БМК) представляет собой универсальное устройство управления, работающее по заранее записанной программе. Плата БМК выполнена на базе микропроцессора *AM186ER-50KC/W* фирмы *AMD* и микросхемы ПЛИС Cyclone *EP1C12Q240C-8* фирмы *ALTERA*.

БМК включает в себя следующие узлы:

- 1) БП – блок питания. Входное напряжение – от -43 до -72 В. Блок вырабатывает рабочие напряжения $+5$ В, $+5$ В·А, -5 В и аварийную индикацию;
- 2) БВС – блок вызывного сигнала. Вырабатывает для абонентских комплектов вызывной сигнал. Также вырабатывается сигнал аварии, возникающий при неисправности или перегрузке и управляющий сигнал при прохождении вызывного сигнала через нуль;
- 3) БУВ – блок управления вентиляторами. Управляет включением четырех вентиляторов, для поддержания рабочей температуры внутри корпуса устройства. Вентиляторы имеют две рабочие скорости. Датчики температуры реализованы на микросхемах *LM335AZ* (*D4*, *D5*);
- 4) ЦП – микропроцессор *AM186ER-50KC/W* (*D1*) фирмы *AMD*, управляет работой всего блока;
- 5) *FLASH* ЦП – энергонезависимая память для хранения программ и конфигурационных данных используемых ЦП. Память выполнена на базе микросхемы *SST29VF020-70-4I-WHE* (*D13*, *D19*, *D20*, *D21*);
- 6) ОП – энергозависимая, статическая *RAM*, рабочая память ЦП.

3.2.2. Назначение и технические характеристики малоканальной цифровой системы связи Ф 4/12

Система связи цифровая малоканальная Ф 4/12 (рис. 59) предназначена для уплотнения физических абонентских линий на основе комплексного использования технологий xDSL, представляет собой цифровую систему передачи по одной симметричной медной паре 4, 8, 12, 16 каналов со скоростями 272, 528, 784, 784 кбит/с соответственно.



Рис. 59. Система связи цифровая малоканальная Ф 4/12

Кроме того, может применяться для создания сети абонентского доступа с использованием технологий цифрового уплотнения абонентских линий *xDSL*, обеспечивающая передачу высокоскоростных цифровых потоков по физическим симметричным линиям передачи (медным кабелям связи). Система предназначена для работы с аналоговыми АТС (типа АТС-К, АТС-ДШ, АТС «Квант») и цифровыми АТС (АТСЭ Ф, АТСЭ ФМ) с возможностью подключения телефонных аппаратов с частотным и импульсным набором номера, а также с другими абонентскими телекоммуникационными устройствами.

Система абонентского уплотнения Ф 4/12 конструктивно состоит из двух оконечных комплектов: абонентского (КА) и станционного (КС); и выпускается в двух вариантах исполнения (рис. 60):

1) интегрированном в телефонную станцию АТСЭ ФМ – комплект станционный КС представляет собой плату МГС8 (модуль групповой станционный), предназначенную для установки в кассету БАЛ (блок абонентских линий) АТСЭ ФМ;

2) автономном – КА и КС выполнены в отдельных корпусах настольного или настенного исполнения. Позволяет организовывать от четырех до двенадцати двухсторонних телефонных каналов по одной физической витой медной паре. Вариант применения системы связи Ф 4/12 в зависимости от исполнения представлен на рис. 61.



a



б

Рис. 60. Варианты исполнения системы уплотнения Ф4/12:
a – интегрированный в плату МГС8; *б* – автономный

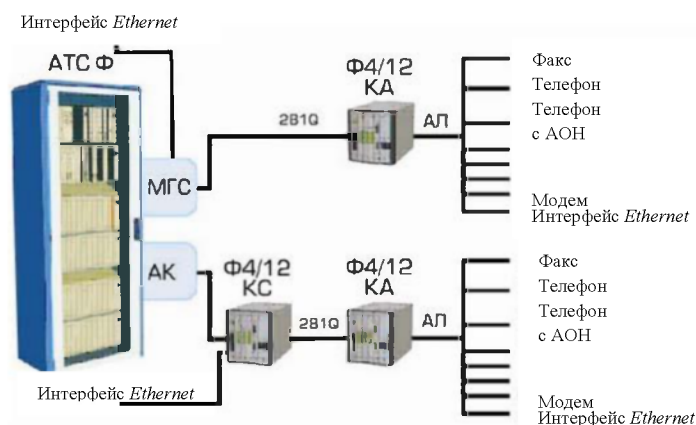


Рис. 61. Вариант применения системы связи Ф 4/12

Для цифровой малоканальной системы связи Ф 4/12 характерно:

- позволяет организовать дополнительный канал связи $n \cdot 64$ кбит/с с интерфейсом *Ethernet* (опция);
- обеспечивает работу со всеми типами аналоговых и цифровых АТС, с возможностью подключения телефонных аппаратов как с частотным, так и импульсным набором номера и поддержкой АОН, факсов и модемов;
- позволяет организовать включение регенератора;
- может быть укомплектована модулем телеметрии и сигнализации, предназначенными для контроля параметров абонентских линий;
- имеет в составе схемы защиты (грозозащиты) как со стороны линейного тракта, так и со стороны абонентских линий.

Максимальное расстояние между комплектами КС и КА определяется рабочим затуханием линии связи на частоте 500 кГц, которое не должно превышать 48 дБ.

Для линейного тракта (ЛТ) станции в качестве среды передачи используются двухпроводные симметричные линии с волновым сопротивлением 135 Ом.

Система позволяет организовать канал *Ethernet* по четырем или восьми телефонным каналам.

Набор индивидуальных интерфейсных модулей системы позволяет предоставлять абонентам аналоговые двухпроводные окончания для подключения телефонов. Однотипные модули системы взаимозаменяемы.

В табл. 15 представлены основные тактико-технические характеристики.

Таблица 15

Технические характеристики малоканальной цифровой системы связи Ф 4/12

Линейный код	2B1Q		
Вариант исполнения	КС		КА
Импеданс стыка	C22		Z
Сопротивление шлейфа, Ом	Менее 300		—
Чувствительность индикатора вызова, В эфф	От 35 до 110		—
Детектированная частота вызова, Гц	От 15 до 55		—
Набор номера	Импульсный или <i>DTMF</i>		—
Номинальный уровень входного сигнала, дБ	0		0
Номинальный уровень выходного сигнала, дБ	−5±0,5		−5±0,5
Максимальное сопротивление шлейфа АЛ, Ом			1800
Эффективное значение напряжения сигнала вызова, В			Не менее 35
Частота сигнала вызова, Гц			25±0,1
Габаритные размеры в корпусе (В×Ш×Г), мм			240×260×230
Масса комплекта во влагозащитном корпусе (КА), кг	не более 10		
Питание, В	МГС8	КС	КА
	От штатного блока питания кассеты БАЛ АТСЭ ФМ	От станционной сети, 60 В	Дистанционно от КС либо от сети переменного тока 220 В

Преимущества Ф 4/12:

- наличие схемы защиты (грозозащиты) как со стороны линейного тракта, так и со стороны абонентских линий;
- Ф 4/12 может быть укомплектована модулем телеметрии и сигнализации (МТ), предназначенными для контроля параметров абонентских линий;
- дистанционное питание КА от КС возможно при подключении КА к линейному кабелю с диаметром токопроводящей жилы от 0,5 мм и более.

3.2.3. Назначение, состав и технические характеристики мобильного телекоммуникационного комплекса МТК-240Б

Комплекс мобильный телекоммуникационный МТК-240Б (рис. 62) предназначен для оперативной организации цифровой проводной линии связи, образования и шифрования/дешифрования канала $E1$, а также развертывания засекреченных сетей передачи данных, видео-конференц-связи и автоматической телефонной связи на стационарном или подвижном пункте управления.



Рис. 62. Комплекс мобильный телекоммуникационный МТК-240Б

МТК-240Б (предназначен для установки непосредственно на подвижном пункте управления, организации цифровой проводной линии привязки к объекту связи сети электросвязи общего пользования, образования и шифрования/дешифрования канала $E1$ с обеспечением абонентских интерфейсов $E1$ ($G-703$) и *Ethernet*, а также развертывания засекреченных сетей передачи данных, видео-конференц-связи и автоматической телефонной связи емкостью до 16 двухпроводных абонентов).

Комплектация МТК-240Б:

- блок аккумуляторных батарей (предназначен для обеспечения резервного электропитания МТК-240Б в течение 1);
- контейнер для телефонных аппаратов (предназначен для хранения и транспортировки окончательных абонентских установок, размещаемых на рабочих местах оперативного состава пункта управления).

Состав МТК-240Б:

- контейнер (мобильный телекоммуникационный шкаф 19") – 1 шт.;
- станция телефонная АТСЭ ФМС (блок БМК) (19", 1U) – 1 шт.;
- аппаратура цифровых систем передачи «Орион-3» (19-дюймовая автономная) – 2 шт. (в том числе выносная);
- место для установки аппаратуры АЕ1-600А – 1 шт. (комплектуется по месту эксплуатации);
- система электропитания на 48(60) В – 1 шт.;
- панель коммутации – 1 шт.;
- панель управления – 1 шт.;
- ЗИП-О (в сумке-кармане контейнера) – 1 шт.;
- эксплуатационная документация (в сумке-кармане контейнера) – 1 шт.

Состав блока аккумуляторных батарей (рис. 63):

- кейс – 1 шт.;
- АКБ – 4 шт.



Рис. 63. Внешний вид блока аккумуляторных батарей

Состав контейнера для телефонных аппаратов (рис. 64):

- кейс – 1 шт.;
- телефонные аппараты типа «Нефрит-2 АТС» – 16 шт.;
- АРМ оперативного состава типа «ноутбук» для ПД – 1 комплект;
- витая пара 20 м – 2 комплекта;
- провод заземления 5 м – 1 комплект.



Рис. 64. Внешний вид контейнера для телефонных аппаратов

Комплекс мобильный телекоммуникационный МТК-240Б обеспечивает:

- функционирование встроенного автоматизированного рабочего места оператора управления средствами связи, оборудованного ПЭВМ и соответствующим программным обеспечением;
- организацию цифровой системы передачи с использованием модема «Орион-3», обеспечивающего дуплексную передачу информации со скоростью до 5632 кбит/с (интерфейсы $4 \times E1$ и $4 \times Ethernet$ 10/100 BaseT) по одной паре кабеля П-274М длиной до 10 км;
- развертывание открытых сетей передачи данных и видео-конференц-связи;
- шифрование/дешифрование с гарантированной стойкостью канала $E1$;
- развертывание засекреченных сетей передачи данных, видео-конференц-связи, а также сети автоматической телефонной связи емкостью до 16 двухпроводных аналоговых абонентских линий;

- автоматическую коммутацию абонентов как между собой, так и на цифровой канал *E1*;
- ручную коммутацию открытых и засекреченных каналов *E1* и *Ethernet* 10/100BaseT с возможностью их вывода на кабельный ввод;
- размещение телекоммуникационного оборудования в ударопрочном, пыле- и влагозащищенном контейнере.

**Основные технические характеристики МТК-240Б (в базовом исполнении)
МТК-240Б обеспечивает:**

1. С помощью АТСЭ ФМС:

- а) автоматическую телефонную внутреннюю связь, исходящую, входящую и транзитную связь с абонентами других АТС сети связи;
- б) подключение до 16 аналоговых двухпроводных защищенных телефонных аппаратов;
- в) взаимодействие с другими АТС по двум защищенным цифровым потокам *E1* по стандарту *G.703* с поддержкой сигнализации типа *1BCK*, *2BCK* и *EDSS-1*;
- г) взаимодействие с другими АТС ФМС по защищенной линии *Ethernet* 100BASE-TX с трансляцией *Ethernet* трафика через каналные интервалы потока *E1* («мост» через встроенный *TDM-Ethernet*-конвертор) с функцией *VLAN*;
- д) функции управления/мониторинга состояния оборудования АТСЭ ФМС, а также функций ручного коммутатора (*APM*);
- е) ввод исходных данных (коды, нумерация и т. д.) для АТСЭ ФМС;
- ж) техническую защиту информации от несанкционированного доступа, а также от утечек по каналам побочных электромагнитных излучений и наводок.

2. С помощью аппаратуры криптографической защиты информации (засекречивания):

- а) шифрование цифрового потока *E1* с возможностью выделения трафика *Ethernet*.

Примечание. Аппаратура шифрования/засекречивания может предоставляться или устанавливаться в комплекс заказчиком.

3. С помощью аппаратуры цифровых систем передачи (ЦСП):

- а) подключение к взаимодействующим узлам связи или пунктам выделения каналов, в том числе РУЭС сети электросвязи общего пользования и т. д. по медному или волоконно-оптическому кабелю связи;
- б) выделение цифровых потоков *E-1* и трафика *Ethernet*.

Примечание. В случае необходимости МТК-240Б может комплектоваться выносным (ответным) комплектом аппаратуры ЦСП.

4. С помощью оборудования кроссовой коммутации:

- а) комплексную защиту по току и напряжению всех линий;
- б) коммутацию и подключение абонентов и пользователей.

5. С помощью встроенной панельной ПЭВМ:

- а) диагностику, мониторинг и установку режимов работы входящего в состав комплекса оборудования;
- б) работу АТСЭ ФМС в режиме коммутатора ручного обслуживания.

Электропитание МТК-240Б

Электропитание МТК-240Б следующее:

- сеть переменного тока с напряжением 230 В, 50 Гц;
- сеть постоянного тока с напряжением 48–60 В;
- внешние АКБ с напряжением 48 В (в течение 1 ч).

Потребляемая мощность от сети переменного тока – не более 500 Вт.

Масса полностью укомплектованного контейнера – не более 50 кг.

Масса полностью укомплектованного кейса с АКБ – не более 15 кг.

Масса полностью укомплектованного контейнера для телефонных аппаратов – не более 30 кг.

- контейнер для телефонных аппаратов – не более 30 кг.

Габаритные размеры (внешние) в транспортном состоянии (Д×Ш×В):

- контейнера – 980×630×650 мм;
- кейса с АКБ – 339×295×152 мм;
- контейнера для телефонных аппаратов – 1044×547×378 мм.

3.2.4. Оборудование громкоговорящей связи ОГО

В состав оборудования громкоговорящей связи входят:

- блок связи БС-1 (рис. 65);
- блок громкоговорящей связи БГС (рис. 66).

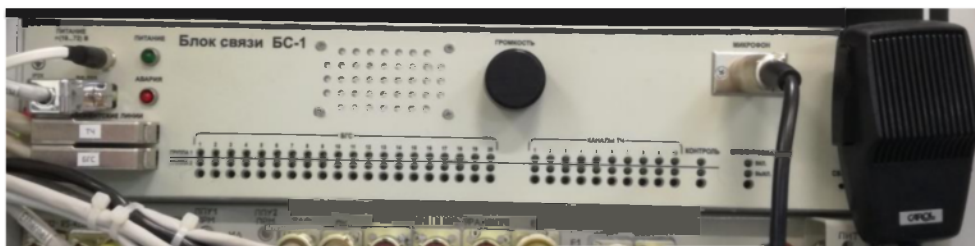


Рис. 65. Внешний вид блока связи БС-1

БС-1 обеспечивает:

- 1) подключение до 20 оконечных устройств по двухпроводным физическим линиям;
- 2) подключение до 10 оконечных устройств по четырехпроводным каналам тональной частоты;
- 3) сигнализацию о состоянии линий и документирование всех событий;
- 4) подключение других базовых блоков по двухпроводным физическим линиям и по четырехпроводным каналам тональной частоты.



Рис. 66. Блок громкоговорящей связи

Блок громкоговорящей связи (БГС) предназначен для организации дуплексной служебной связи каждый по одному аналоговому каналу ТЧ в режиме четырехпроводного окончания с вызовом голосом и двум аналоговым линиям (ТЧ, МБ, ГГС) в режиме двухпроводного окончания с вызовом голосом. Блок БГС подключается шнурами к линиям служебной связи через гнезда на стативе коммутационном мобильном.

3.2.5. Система периметровой охраны СПО-10

Система периметровой охранной сигнализации СПО-10 (рис. 67) предназначена для оперативного развертывания охранной сигнализации по периметру отдельно развертываемых подвижных комплексов связи, а также полевых узлов связи подвижных пунктов управления Вооруженных Сил.



Рис. 67. Пульт системы периметровой охранной сигнализации СПО-10

СПО-10 обеспечивает контроль пересечения установленного периметра охраны за счет развертывания пяти секторов охраны. СПО-10 представляет собой комплект оборудования, размещаемый внутри помещения (кузова) и снаружи помещения (кузова).

В Р-409МБ1 применено СПО-10, обеспечивающее:

1. Развертывание пяти секторов охраны, каждый из которых включает в себя три независимых друг от друга сегмента охраны.

Сегмент охраны имеет в своем составе:

- а) датчик сигнализации портативный обрывной – 2 шт.;
- б) инфракрасный (ИК) датчик движения – 1 шт.;
- в) фонарь осветительный (ближний или дальний) – 1 шт.

2. Подключение к базовому блоку сигнализации двух выносных блоков коммутации.

3. Подключение кабелем П-274М к каждому выносному блоку коммутации:

- а) 5 двухпроводных линий от 10 датчиков сигнализации портативных обрывных (на каждую двухпроводную линию до двух датчиков);
- б) 5 двухпроводных линий от ИК-датчиков сигнализации на движение;
- в) 5 двухпроводных линий для подключения фонарей осветительных;
- г) 1 двухпроводной линии для подключения оповещателя звукового (сирены).

4. Электропитание от сети переменного тока с напряжением 230 В, частотой 50 Гц или от внешних АБ с напряжением 24 В.

5. Включение при срабатывании одного из датчиков сигнализации сегмента охраны, светового индикатора данного сегмента на базовом блоке сигнализации.

6. Включение при срабатывании датчика сигнализации любого сегмента охраны, осветительного фонаря и контрольного светового индикатора на базовом блоке сигнализации, соответствующих данному сектору охраны.

7. Включение при срабатывании датчика сигнализации любого сегмента охраны оповещателя звукового (сирены) и дублирующего звукового сигнала на базовом блоке сигнализации.

8. Контроль аварийного состояния линий подключения сегментов охраны и фонарей осветительных («короткое замыкание в линии», «нагрузка не подключена») с выдачей сигнала на соответствующий световой индикатор сегмента и сектора охраны на базовом блоке сигнализации.

9. Нанесение карандашом схемы охраны объекта на внутренней стороне крышки корпуса.

10. Возможность размещения базового блока сигнализации, выносных блоков коммутации и АБ в отдельных ударопрочных, пыле- и влагозащищенных контейнерах (кейсах).

3.2.6. Назначение и возможности АРМ администратора и телефониста по управлению Р-409МБ1

В Р-409МБ1 размещено два рабочих места:

- автоматизированное рабочее место №1 администратора (далее – АРМ администратора);
- автоматизированное рабочее место №2 телефониста (далее – АРМ телефониста).

АРМ администратора (рис. 68) обеспечивает следующие функции:

- 1) администрирование и мониторинг цифровых систем передачи («СМД-с», «Орион 3», конвертера *FlexCON*, «Мегатранс-3М» и т. д.);

- 2) формирование схемы связи и визуализацию результатов мониторинга;
- 3) диагностику состояния и управление режимами работы средств связи станции в соответствии с техническими и программными возможностями, указанными в эксплуатационной документации на соответствующие средства связи;
- 4) возможность регистрации результатов измерения, полученных средствами измерения;
- 5) воспроизведение звуковой информации;
- 6) вывод на печать сформированных отчетов.



Рис. 68. Автоматизированное рабочее место администратора

АРМ администратора и АРМ телефониста обеспечивают выполнение одинаковых функций, и в случае выхода из строя одного из АРМ его функции может выполнять другой АРМ.

Программа АРМ определяет основные характеристики пользовательского интерфейса и имеет главное и вспомогательные окна. Для организации работы с программой АРМ используется манипулятор оптический *USB* и клавиатура *USB*.

Под монитором расположено устройство подключения УП-3, на лицевой панели которого находятся разъемы для подключения устройств ввода (манипулятор оптический *USB*, клавиатура *USB*), телефонного аппарата. Также на панели устройства подключения УП-3 расположены регулятор громкости и индикатор включения питания.

На столе расположен БГС из комплекта оборудования громкоговорящего оповещения.

АРМ телефониста (рис. 69) обеспечивает следующие функции:

- 1) мониторинг и управление АТС (БМК);
- 2) ведение в мультиплексорах журналов коммутации;
- 3) воспроизведение звуковой информации;
- 4) вывод на печать сформированных отчетов.



Рис. 69. Автоматизированное рабочее место телефониста

В качестве АРМ телефониста в станции Р-409МБ1 используется ноутбук.

Ноутбук рассчитан на эксплуатацию в условиях непрерывной круглосуточной работы (при питании от внешнего источника постоянного тока) и сменной работы в режиме многократного включения/выключения в течение суток.

Ноутбук может эксплуатироваться в стационарных условиях с питанием от сети переменного тока с напряжением 220 В с использованием преобразователя напряжения.

Ноутбук построен на платформе AMD Sabine, оснащен экраном 15,6", встроенной или дискретной видеокартой, стандартным набором портов. Имеется влагозащищенная клавиатура и сканер отпечатка пальца (опционально).

Ноутбук имеет следующие характеристики:

1. Процессор и чипсет:

- платформа (кодовое название) – *AMD Sabine*;
- чипсет – *AMD A70M*.

2. Конструкция:

- материал корпуса – металл;
- материал крышки – алюминий.

3. Габариты и вес:

- ширина – 375 мм;
- глубина – 256,2 мм;
- толщина передней грани – 28,7 мм;
- вес – 2470 г.

4. Экран:

- диагональ экрана – 15,6";
- соотношение сторон экрана – 16:9;
- разрешение – 1366×768;
- технология экрана – *TN+Film*;
- подсветка матрицы – *LED* (светодиодная).

5. Оперативная память:

- тип оперативной памяти – *DDR3*;
- максимальный объем памяти – 8 Гб;
- количество слотов памяти – 2 шт.;

6. Хранение данных:

- тип жесткого диска (дисков) – *HDD*;
- оптический привод (*ODD*) – *DVD Multi*;
- карты памяти – *Memory Stick*, *Memory Stick PRO*, *MMC*, *SD*, *SDHC*, *SDXC*.

7. Камера и звук:

- количество активных пикселей – 1 Мп;
- встроенный микрофон – 2 шт.;
- технологии объемного звучания – *SRS Premium Sound*;
- встроенные динамики – 2 шт.

8. Клавиатура и тачпад:

- относительный размер клавиш – 100 %;
- шаг клавиш – 19 мм;
- управление курсором – тачпад (сенсорная площадка).

9. Интерфейсы и коммуникации:

- *LAN* – 10/100/1000 *Mbit (Realtek)*;
- всего *USB*-портов – 4 шт.;
- *USB 2,0* – 4 шт.;
- *USB 3,0* – опционально;
- аудиовыходы (3,5 мм *jack*) – 1 шт.;
- аудиовходы (3,5 мм *jack*) – 1 шт.

10. Аккумулятор:

- Тип аккумулятора – *Li-ion*;
- Количество ячеек – 6 шт.;
- Запас энергии – 47,8 Вт·ч.

Ноутбук предназначен для эксплуатации в условиях воздействия следующих внешних факторов:

- температура окружающей среды – от –10 до +40 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха – до 90 % при температуре +25 °С;
- атмосферное давление – от 60 до 107 кПа.

3.3. Низкочастотное оборудование, средства служебной и радиосвязи PPC P-409МБ1

3.3.1. Назначение и устройство вводных щитов PPC P-409МБ1

Станция P-409МБ1(КАС) оборудована тремя кабельными вводами. Кабельный ввод 1 (ввод питания) служит для подключения кабелей питания. Кабельные вводы 2 и 3 служат для подключения абонентских линий и вводно-соединительных кабелей от других изделий.

Кабельный ввод 1 (ввод питания)

Кабельный ввод (ввод питания рис. 70) расположен на стенке кузова, входит в состав кузова и предназначен для подключения электрооборудования к внешнему источнику питания. На изоляционной панели имеются разъемы для подключения электропитающего кабеля от внешних источников электропитания (промышленная сеть, агрегаты электропитания). Также на кабельном вводе расположен штепсельный разъем для подключения заземления.

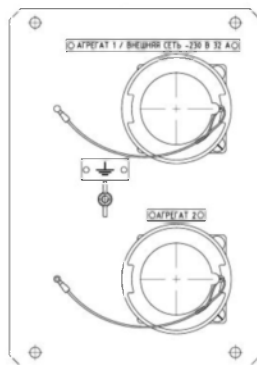


Рис. 70. Ввод питания

Кабельный ввод 2

На кабельном вводе 2 (рис. 71) расположены разъемы:

- полумуфты АП-10 1–4, 5–8 под общей гравировкой КТЧ – для подключения четырехпроводных каналов тональной частоты кабелем ПТРК-10×2 (2 шт.);
- полумуфты АП-2 1–2, 3–4 под общей гравировкой С1-И – для подключения четырехпроводных линий кабелем П-269-2·4+1·2 (2 шт.);
- полумуфты АП-4 1-4, 5-8 под общей гравировкой Е1 – для подключения четырехпроводных линий кабелем П-269-4·4+2·2 (2 шт.);
- полумуфты П-296 1, 2 под общей гравировкой МОДЕМ 1, МОДЕМ 2 – для подключения аппаратуры цифровой системы передачи «Орион 3» кабелем П-296 (2 шт.);
- полумуфта П-296 под общей гравировкой MGS – для подключения аппаратуры цифровой системы передачи MEGATRANS-3 кабелем П-296 (1 шт.);
- разъемы RJ-45 с гравировкой Ethernet 1, Ethernet 2, Ethernet 3 – для подключения оборудования к сети Ethernet;
- полумуфта АП-2 1–5, две парные клеммы 6, 7 под общей гравировкой АК – для подключения двухпроводных линий кабелем П-269-2·4+1·2 (1 шт.), П-274М (2 шт.);
- полумуфта АП-2 1-5, две парные клеммы 6, 7 под общей гравировкой МБ – для подключения двухпроводных абонентских линий МБ кабелем П-269-2·4+1·2 (1 шт.), П-274М (2 шт.);
- парные клеммы 1, 2 под общей гравировкой SDSL1, SDSL2 – для подключения двухпроводных линий кабелем П-274М (2 шт.);
- полумуфты ПОА-40 с гравировкой ВОК СМД 1, 2; ВОК СМД 3, 4 – для подключения волоконно-оптического кабеля к СМД-с;

- парные клеммы 1, 2 под общей гравировкой МОДЕМ (3), МОДЕМ (4) – для подключения аппаратуры цифровой системы передачи «Орион-3» кабелем П-296 (4 шт.);
- полумуфты АП-2 1–5, 6–10, 11–15, парные клеммы 16, 17, 18, 19, 20 под общей гравировкой ГГС – для подключения четырехпроводных линий кабелем П-269-2·4+1·2 (3 шт.), П-274М (5 шт.);
- парная клемма под общей гравировкой Ф 4/12 – для подключения абонентского комплекта Ф 4/12 кабелем П-274М (1 шт.);
- разъем FQ30-32ZK-S под общей гравировкой СПО-10 СЕКТОР 1–5 – для подключения системы периметровой охраны СПО-10;
- розетки с гравировкой ОСВ. ВВОДА, ±12В – для подключения лампы освещения кабельного ввода и питания потребителей постоянным напряжением 12 В;
- клемма $\frac{1}{=}$ – для подключения провода от заземлителя.

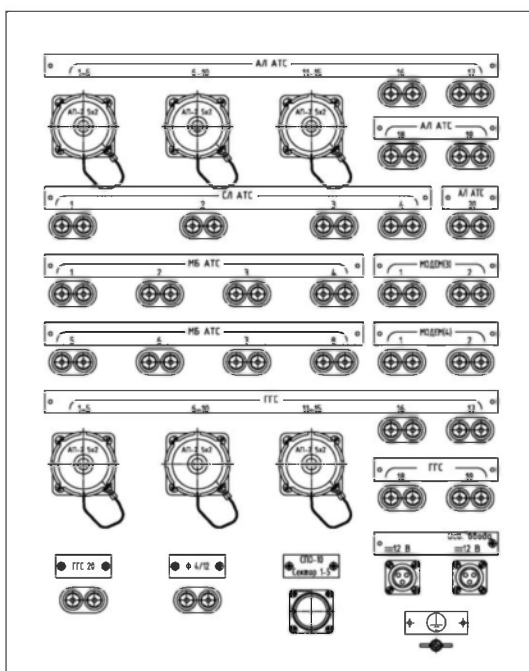


Рис. 72. Кабельный ввод 3

3.3.2. Назначение и технические характеристики цифрового ретранслятора *RD985* и цифровой портативной радиостанции *PD785G*

Цифровой ретранслятор *RD985*

Цифровой ретранслятор *RD985* (рис. 73) предназначен для двусторонней радиосвязи в симплексном (одночастотном, двухчастотном) режиме и используется для организации сетей радиосвязи.

В составе ретранслятора применяются приемопередающие модули (далее – платформа): *VHF* – рабочий диапазон частот от 146 до 174 МГц и *UHF* – рабочий диапазон частот от 403 до 470 МГц.



Рис. 73. Цифровой ретранслятор RD985

В ретрансляторе используется программное обеспечение для работы в системах сигнализации *HDC1200/DTMF/CTCSS/CDCSS/2-tone/5-tone*. Ретранслятор работает в аналоговом и цифровом режимах. В цифровом режиме ретранслятор работает в протоколе DMR. Класс излучения *16K0F3E*, *14K0F3E*, *11K0F3E* – для аналогового и *7K60FXW*, *7K60FXD* – для цифрового режима. Частотный разнос между соседними каналами – 25, 20 и 12,5 кГц для аналогового режима и 12,5 кГц – для цифрового режима. Мощность несущей передатчика ретранслятора – 5 и 50 Вт. Имеется возможность оперативного выбора требуемого уровня мощности несущей.

Параметры ретранслятора в аналоговом режиме при нормальных климатических условиях должны соответствовать нормам, указанным в табл. 16.

Таблица 16

Параметры ретранслятора в аналоговом режиме при нормальных климатических условиях

Наименование параметра	Значение параметра
1	2
1. Рабочий диапазон частот, МГц: – для ретранслятора с платформой <i>VHF</i> ; – для ретранслятора с платформой <i>UHF</i>	146–174 403–470
2. Номинальное значение мощности несущей передатчика, Вт	50
3. Отклонение частоты передатчика от номинального значения, кГц, не более	$\pm 2,0/\pm 2,0/\pm 1,0$
4. Отклонение мощности на выходе передатчика от номинального значения, дБ, не более	$\pm 1,5$
5. Отклонение максимальной эффективной излучаемой мощности (ЭИМ) от номинального значения, дБ, не более	$\pm 6,25$
6. Максимально допустимая девиация частоты передатчика, кГц, не более	5,0/4,0/2,5
7. Максимальная пороговая чувствительность приемника (кондуктивная) при отношении сигнал/шум 20 дБ, дБ·мкВ, не более	6
8. Мощность в соседнем и альтернативном каналах: – в соседнем канале, не более; – в альтернативном канале, не более	– 60 дБ и 2 мкВт – 70 дБ и 2 мкВт

1	2
9. Нежелательные кондуктивные побочные излучения передатчика: – в полосе частот от 9 кГц до 1 ГГц в режиме передачи, мкВт, не более; – в полосе частот от 1 до 4 ГГц в режиме передачи, мкВт, не более; – в полосе частот от 9 кГц до 1 ГГц в режиме ожидания, нВт, не более; – в полосе частот от 1 до 4 ГГц в режиме ожидания, нВт, не более	0,25 1 2 20
10. Нежелательные радиационные побочные излучения передатчика: – в полосе частот от 30 МГц до 1 ГГц в режиме передачи, мкВт, не более; – в полосе частот от 1 до 4 ГГц в режиме передачи, мкВт, не более; – в полосе частот от 30 МГц до 1 ГГц в режиме ожидания, нВт, не более; – в полосе частот от 1 до 4 ГГц в режиме ожидания, нВт, не более	0,25 1 2 20
11. Интермодуляционные ослабления, дБ, не менее	70
12. Максимальная пороговая чувствительность приемника (кондуктивная) при отношении сигнал/шум 12 дБ, мкВ, не более	0,3
13. Избирательность приемника по соседнему каналу, дБ, не менее	70/70/60
14. Избирательность приемника по побочным каналам приема, дБ, не менее	70
15. Интермодуляционная избирательность приемника, дБ, не менее	70
16. Уровень блокирования приемника, дБ, не менее	84
17. Коэффициент нелинейных искажений передатчика, %, не более	3
18. Отклонение амплитудно-частотной модуляционной характеристики (АЧМХ) передатчика от характеристики с предкоррекцией 6 дБ/октава, дБ, не более	от +1,5 до –3,0
19. Коэффициент нелинейных искажений приемника, %, не более	3
20. Отклонение амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) приемника от характеристики с поспекооррекцией –6 дБ/октава, дБ, не более	от +1,5 до –3,0

Примечание. Параметры, указанные через /, соответственно даны для канального разнеса 25/20/12,5 кГц.

Мобильный дуплексер MDF1-6VH4.5/6

Малогабаритный мобильный дуплексер *MDF1-6VH4.5/6* (рис. 74) предназначен для организации двухчастотного симплексного режима радиосвязи с использованием одной общей антенны как для приема, так и для передачи. Дуплексер имеет три порта: для подключения антенны, радиоприемного тракта (радиоприемника) и радиопередающего тракта (передатчика).



Рис. 74. Мобильный дуплексер *MDF1-6VH4.5/6*

Характеристики дуплексного фильтра MDF1-6VH4,5/6 УКВ диапазона:

- диапазон рабочих частот – 152–174 МГц;
- потери (с подстройкой) – не более 1,3 дБ;
- частотный разнос TX/RX – 4,5–6 МГц;
- импеданс – 50 Ом;
- разъемы – *N*-мама;
- изоляция – не хуже 80 дБ;
- изоляция типовая – 90 дБ;
- КСВ – не хуже 1,5;
- максимальная проходная мощность – не более 50 Вт;
- диапазон рабочих температур – с гарантированной стабилизацией от –30 до +50 °С;
- вес – 0,885 кг;
- габаритные размеры – 225×156×32 мм.

Антенна R-F 331 NG 142-160 МГц

Антенна предназначена для совместной работы с цифровым ретранслятором *Hytera RD985*.

Электрические характеристики антенны:

- частотный диапазон – 142–160 МГц;
- сопротивление – 50 Ом;
- КСВ на резонансной частоте – 1,5;
- поляризация – вертикальная;
- усиление – 3 дБ;
- мощность – 100 Вт.

Механические характеристики антенны:

- тип коннектора – *N female*;
- монтажное отверстие – 33–60 мм;
- температурный диапазон – от –35 до +80 °С;
- материал – стеклопластик, латунь;
- длина – 2450 мм;
- вес – 2,4 кг.

Цифровая портативная радиостанция PD785G

Цифровая радиостанция *PD785G* (рис. 75) может работать в аналоговом или цифровом режиме и поддерживает различные типы голосовых вызовов, включая персональные вызовы, групповые вызовы, вызовы всех радиостанций и экстренные вызовы, передачу таких данных, как персональные и групповые текстовые сообщения; обеспечивает возможность просмотра данных местоположения *GPS* и отправки текстовых сообщений *GPS*.



Рис. 75. Цифровая портативная радиостанция *PD785G*

Основные характеристики радиостанции *PD785G* представлены в табл. 17.

Таблица 17

Общие характеристики радиостанции *PD785G*

Наименование параметра	Значение
1	2
Диапазон частот	ОВЧ: 136–174 МГц; УВЧ: 400–470 МГц
Число каналов связи	1024
Число зон связи	64 (до 16 каналов в каждой зоне)
Разнесение каналов	25/20/12,5 кГц
Рабочее напряжение	7,4 В (номинальное)
Аккумулятор	2000 мА (литиево-ионный)
Ресурс аккумулятора: (литиево-ионный аккумулятор увеличен- ной емкости 2000 мА)	В аналоговом режиме – более 10,5 ч; в цифровом – более 14 ч
Устойчивость частоты	±1,005
Полное входное сопротивление антенны	50 Ом
Габаритные размеры (В×Ш×Г) (со стан- дартным аккумулятором, без антенны)	125×55×37 мм
Масса (со стандартным аккумулятором и с установленной антенной)	355 г
Корпус	Поликарбонат
ЖК-дисплей	160×128 пикселей, 65 535 цветов, 1,8", 4 строки
Передатчик	
Радиочастотный выход	ОВЧ: высокая мощность – 5 Вт, низкая мощность – 1 Вт; УВЧ: высокая мощность – 4 Вт, низкая мощность – 1 Вт
Частотная модуляция	11K0F3E при 12,5 кГц; 14K0F3E при 20 кГц; 16K0F3E при 25 кГц

Цифровая модуляция 4FSK		12,5 кГц, только передача данных: 7K60FXD; 12,5 кГц, передача данных и речевого сигнала: 7K60FXW
Пределы модуляции		±2,5 кГц при 12,5 кГц; ±4,0 кГц при 20 кГц; ±5,0 кГц при 25 кГц
ЧМ-шумы		40 дБ при 12,5 кГц; 43 дБ при 20 кГц; 45 дБ при 25 кГц
Подавление соседнего канала		60 дБ при 12,5 кГц; 70 дБ при 20/25 кГц
Искажение звукового сигнала		3 %
Тип цифрового вокодера		AMBE++ или SELP
Приемник		
Чувствительность	в аналоговом режиме	0,22 мкВ
	в цифровом режиме	0,3 мкВ при коэффициенте двоичных ошибок 5 %
Селективность		60 дБ при 12,5 кГц / 70 дБ при 20/25 кГц
Нелинейные искажения		70 дБ при 12,5/20/25 кГц
Отношение сигнал/шум		40 дБ при 12,5 кГц; 43 дБ при 20 кГц; 45 дБ при 25 кГц
Номинальная выходная мощность звукового сигнала		0,5 Вт
Номинальный уровень искажения звукового сигнала		3 %
Чувствительного звукового канала		+1 ~ -3 дБ
Кондуктивное паразитное излучение		< -57 дБ·мВт
Условия среды эксплуатации		
Эксплуатационная температура		-30 ~ +60 °С
Допустимая температура хранения		-40 ~ +85 °С
Защищенность от пыли и влаги		Категория IP57

3.4. Порядок выполнения нормативов по развертыванию/свертыванию радиорелейных станций

3.4.1. Условия выполнения нормативов по развертыванию/свертыванию радиорелейных станций. Требования безопасности при развертывании/свертывании радиорелейных станций

Нормативы по развертыванию/свертыванию аппаратных и станций выполняются в составе экипажа на тактико-специальных занятиях, тренировках и учениях.

Развертывание/свертывание аппаратных станций и подготовка их к работе производятся в соответствии с требованиями инструкций и руководств по эксплуатации данного типа техники связи.

Перед выполнением норматива руководитель занятия проверяет у обучаемых знание норматива, доводит до их сведения тактическую обстановку и обста-

новку по связи, а также вручает командиру подразделения документы, необходимые для работы средств связи (схему-приказ, данные для работы радиорелейных станций, переговорные таблицы, таблицы позывных и сигналов).

Личное оружие и индивидуальные средства противохимической защиты при развертывании/свертывании станций и линий связи военнослужащие должны иметь при себе в положении, удобном для работы, и в готовности к быстрому применению. При работе внутри кузова оружие разрешается хранить в пирамиде станции.

Выполнение нормативов без установления связи

Перед развертыванием станции находятся в походном положении на расстоянии 100–150 м от места развертывания, которое заранее рекогносцировано.

Экипажи построены впереди автомобилей. По команде руководителя **«К работе приступить!»** станции выдвигаются к месту развертывания, производится развертывание аппаратуры, антенно-мачтовых устройств, прокладка, проверка соединительных линий и аппаратуры «на себя».

При развертывании радиорелейных станций выполнить следующие действия:

- 1) разбить площадки для АМУ, определить азимут на корреспондента (с помощью компаса);
- 2) развернуть АМУ, отъюстировать антенны на корреспондентов;
- 3) оборудовать заземления;
- 4) развернуть необходимые соединительные линии между машинами или линии дистанционного управления;
- 5) подготовить к работе аппаратуру и измерительные приборы;
- 6) вынести бензоагрегаты, подключить кабели питания к станции, оборудовать заземления и запустить двигатели;
- 7) включить питание, проверить аппаратуру «на себя»;
- 8) настроить, отрегулировать аппаратуру, подготовить ее к работе во всех режимах эксплуатации.

По окончании развертывания и проверки «на себя» экипаж выстраивается впереди станции. Начальник экипажа докладывает руководителю о готовности к приему связи.

При отработке нормативов необходимо руководствоваться следующим:

- нормативы считаются выполненными, если при их отработке были соблюдены условия выполнения и не допущены нарушения техники безопасности;
- если при отработке норматива обучаемым допущена хотя бы одна ошибка, которая может привести к травме, поломке техники, вооружения или к аварии, выполнение норматива прекращается и оценивается **«неудовлетворительно»**;
- за нарушение последовательности выполнения норматива, которое не приводит к травме, аварии, поломке техники, а также за каждую ошибку, оговоренную в условиях выполнения норматива, оценка снижается на один балл.

Отработка нормативов по тактико-специальной подготовке, выполняемых в составе экипажа, оценивается:

- **«отлично»** – если военнослужащие действовали слаженно, полностью выполнили весь объем предусмотренных работ, не допустили нарушений требо-

ваний инструкции по разворачиванию и эксплуатации техники и по времени получили оценку «отлично»;

– **«хорошо»** – если военнослужащие действовали слаженно, полностью выполнили весь объем предусмотренных работ, но допустили не более двух ошибок при разворачивании и эксплуатации техники и по времени получили оценку «хорошо»;

– **«удовлетворительно»** – если было допущено не более четырех ошибок в последовательности операций по разворачиванию и эксплуатации техники или по времени получена оценка «удовлетворительно»;

– **«неудовлетворительно»** – если не выполнены условия для получения оценки «удовлетворительно».

Норматив №40

Разворачивание радиорелейной станции Р-409МБ1 (без установления связи)

Оценка:

- «отлично» – 40 мин;
- «хорошо» – 45 мин;
- «удовлетворительно» – 50 мин.

Для свертывания станции экипаж выстраивается впереди автомобиля, по команде **«К работе приступить!»** свертывает станцию, приводит ее в походное положение и выстраивается впереди автомобиля. Начальник экипажа докладывает руководителю о готовности к выполнению последующих задач.

Свертывание станции производится в последовательности, обратной разворачиванию.

Свертывание АМУ производится в порядке, обратном разворачиванию.

Кроме того, для свертывания АМУ необходимо выполнить следующие действия:

1) вращайте рукоятку лебедки против часовой стрелки со скоростью, при которой опускание мачты осуществлялось бы за 1,5–2 мин (более быстрое вращение лебедки может привести к запутыванию троса лебедки);

2) соедините оба конца мачты фалом и с помощью него осторожно поверните мачту антенной вниз;

3) отсоедините фидеры, оттяжки, антенну и, удерживая мачту с помощью фала, снимите опорную плиту;

4) переведите мачту в горизонтальное положение;

5) уложите мачту на крыше кузова станции и закрепите ее зажимами;

6) уложите антенну с принадлежностями в ящик на крыше кузова;

7) уложите принадлежности мачты в такелажные ящики по бортам кузова;

8) вытащите колья с помощью хомута, находящегося в такелажном ящике, и лома; для этого наденьте хомут на кол, просуньте лом в дугу хомута и, опираясь ломом в землю, выньте кол;

9) уложите колья после их очистки в ящик, установите его под кузов станции.

Установка вынесенного бензоэлектрического агрегата в агрегатный отсек

агрегатного отделения кузова производится в обратной последовательности с применением тех же средств транспортирования.

Норматив №40

Свертывание радиорелейной станции Р-409МБ1

Время на свертывание станции уменьшается на 10 % относительно времени на развертывание и составляет соответственно:

- «отлично» – 36 мин;
- «хорошо» – 40 мин 30 с;
- «удовлетворительно» – 45 мин.

Требования безопасности при развертывании антенно-мачтового устройства (АМУ)

Перед развертыванием АМУ необходимо проверить исправность тросов оттяжек, работу подъемного механизма мачты. При установке мачты с земли ствол необходимо удерживать руками ниже пояса крепления откидных подставок, также необходимо укрепить опорную плиту к грунту кольями.

Во избежание травм рук при выдвижении ствола из подставки не допускать горизонтального перемещения трубки (стержня с фланцем) в отверстии корпуса лебедки.

При выполнении работ на крыше кузова станции необходимо соблюдать осторожность (особенно в ненастную погоду). Запрещается обслуживающему персоналу находиться на крыше кузова станции во время ее переезда.

Требования безопасности при подключении станции к внешней сети переменного тока

Перед подключением станции к внешней сети ее необходимо заземлить. Для надежного заземления необходимо снять верхний слой грунта на глубину 30 – 50 см (в зимнее время до талого грунта) и заглубить заземлители, входящие в состав станции, на полную их высоту. Расстояние между заземлителями должно быть не менее их длины. После этого заземлители соединить между собой и подключить к заземляющей шине на блоке Б23.

При создании заземления на почвах с высоким удельным сопротивлением (песок, супесь, сухой торфяник) для улучшения его эффективности необходимо через каждые 4–5 суток поливать почву в месте ее соприкосновения с заземлителями раствором поваренной соли (4–5 стаканов соли на ведро воды).

Требования безопасности при обслуживании бензоэлектрических агрегатов

При работе с бензоэлектрическим агрегатом необходимо выполнять следующие требования:

– при подключении кабеля от вынесенного из кузова станции агрегата к разъему 220 В кузова станции убедиться в том, что переключатель **ВКЛЮЧЕНО/ОТКЛЮЧЕНО** нагрузки на блоке приборов бензоагрегата находится в положении **ОТКЛЮЧЕНО**;

– не касаться зажимов бензоагрегата при его работе;

– не допускать работы бензоагрегата со снятой шторкой блока аппаратуры.

При работе бензоагрегата тщательно следить за тем, чтобы никакие посторонние предметы, а также одежда не могли попасть на вращающиеся устройства, так как это может привести к поломке узлов и устройств агрегата, а также нанести травмы персоналу.

Для остановки бензоагрегата необходимо перекрыть топливный кран, чтобы израсходовать весь бензин в карбюраторе.

3.4.2. Порядок выполнения норматива по разворачиванию/свертыванию радиорелейных станций Р-409МБ1

Нормативы по разворачиванию/свертыванию радиорелейной станции Р-409МБ1 выполняются в составе экипажа.

Местность для размещения станции по возможности должна отвечать следующим требованиям:

– площадка для разворачивания станции должна находиться на возвышенности, быть открытой в направлениях на корреспондентов и иметь размер 30×30 м для разворачивания одной мачты;

– площадка для разворачивания станции должна быть удалена от источников промышленных помех (проезжих дорог, промышленных предприятий, электрифицированных железных дорог, высоковольтных ЛЭП) на расстояние не менее 500 м, а во избежание помех от мощных КВ и УКВ передатчиков – на расстояние до 1 км от них;

– при размещении нескольких РРС на одном пункте управления необходимо располагать их группами по две-три станции на расстояниях: между группами – не менее 1 км, между станциями в группе – не менее 100 м;

– расстояние между двумя мачтами антенных устройств станции, работающей в поддиапазоне А, должно быть в пределах 16–20 м.

Диаграммы направленности антенных устройств не должны пересекаться и не должны быть направлены на аппаратную машину (рис. 76).

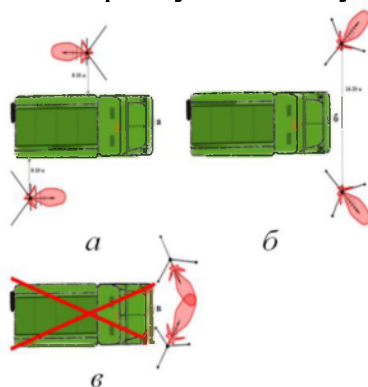


Рис. 76. Расположение антенн радиорелейной станции Р-409МБ1:
а, б – правильное; в – неправильное

Автомобиль, как правило, должен размещаться в укрытии котлованного типа с аппарелью.

Развертывание антенно-мачтового устройства

Развертывание АМУ состоит из выбора площадки, подготовки мачты к развертыванию, снятия антенн и их принадлежностей с крыши кузова, оснащения мачты антеннами, фидерами и оттяжками, развертывания мачты и закрепления ее оттяжками.

Развертывание и свертывание АМУ производится под руководством и контролем начальника станции.

Для развертывания АМУ выполните следующие действия:

1) извлеките оттяжки, опорную плиту, кувалду, разметочное устройство из такелажных ящиков кузова;

2) извлеките ящик с кольями для оттяжек и подготовьте колья к забиванию в грунт с учетом сезона;

3) наметьте с помощью разметочного устройства места для забивки кольев (на расстоянии 15 м от основания мачты) (рис. 77);

4) забейте с помощью кувалды колья в намеченные места под углом приблизительно 70° к грунту с наклоном в сторону, противоположную направлению на мачту, и закрепите на кольях барабаны с оттяжками (рис. 78);

5) поднимитесь на крышу кузова станции, освободите мачту от зажимов и выведите ее за борт кузова, после чего зафиксируйте стрелку откидной вилкой на механизме укладки мачты;

6) снимите чехол с верхней части мачты;

7) привяжите к верхнему концу мачты фал от разметочного устройства;

8) установите на выдвижную подставку мачты опорную плиту;

9) откройте ящик на крыше кузова и подайте вниз необходимые антенны и принадлежности к ним;

10) произведите сборку антенны и укрепите ее на мачте;

11) подсоедините к антенне фидер и пропустите его в удерживающие вилки на головках секций мачты;

12) подсоедините к мачте оттяжки (рис. 79), при этом первый ярус оттяжек крепится на фланце нижней секции мачты, второй, третий и четвертый ярусы – к фланцам верхних по порядку секций мачты, при этом необходимо иметь ввиду, что карабины оттяжек и соответствующие им фланцы секций мачты окрашены в одинаковый цвет;

13) проследите за тем, чтобы оттяжки разных направлений не перепутались между собой, а вилки для удержания фидеров на фланцах секций мачты располагались на одной прямой и находились на нижней стороне мачты, когда она расположена горизонтально; если это соблюдается, то при установке мачты в вертикальное положение оттяжки сами распределяются по трем направлениям без дополнительных работ;

14) установите мачту в вертикальное положение;

15) установите ручкой трубку в косые вырезы подставки на основание мачты, подняв мачту и повернув вправо по часовой стрелке до фиксации;

16) оставьте ручку в трубке для последующей ориентации антенны путем поворота мачты этой ручкой;

17) закрепите оттяжки первого яруса, после чего барабаны на кольях застопорьте защелками;

18) выдвиньте вращением рукоятки лебедки вторую и третью секции мачты, при этом следите за состоянием оттяжек, барабанов и мачты, отпускайте или подтягивайте оттяжки, вращая барабаны;

19) затяните оттяжки второго яруса после выдвижения третьей секции мачты и застопорьте барабаны;

20) выдвиньте вращением рукоятки лебедки четвертую секцию мачты;

21) затяните оттяжки третьего яруса и застопорьте барабаны;

22) выдвиньте вращением рукоятки лебедки пятую секцию мачты;

23) затяните оттяжки четвертого яруса и застопорьте барабаны;

24) подсоедините фидеры к разъемам блока Б23;

25) проверьте надежность фиксации барабанов оттяжек (выполняется начальником станции).

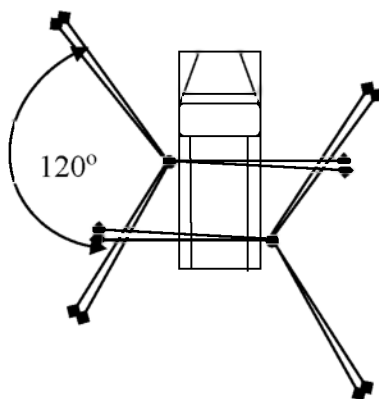


Рис. 77. Расположение оттяжек при разворачивании двух мачт

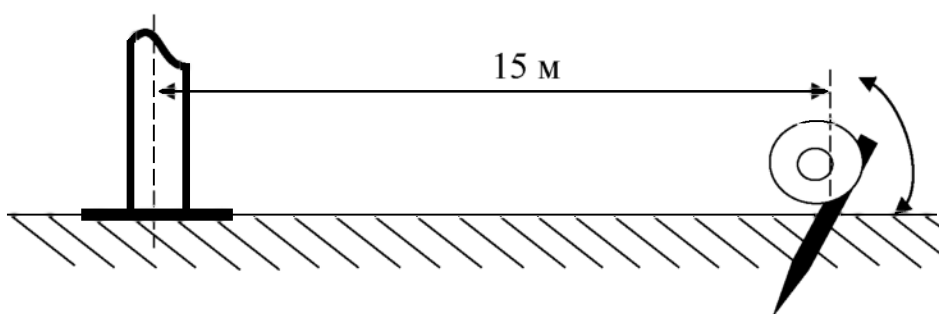


Рис. 78. Положение кола для оттяжек мачты РРС Р-409МБ1

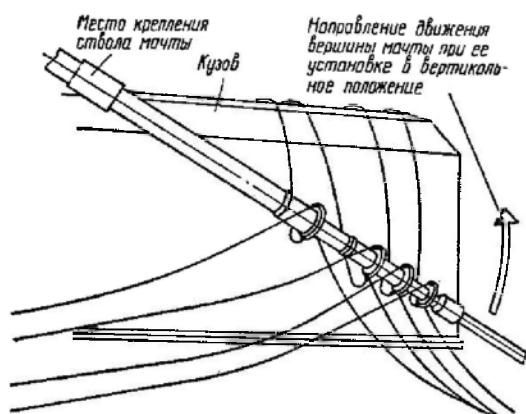


Рис. 79. Присоединение оттяжек к стволу мачты

После проведения вышеперечисленных работ выровняйте мачту в вертикальной плоскости, регулируя длину и степень затяжки оттяжек.

Для сборки антенн поддиапазонов Б и В необходимо выполнить следующие действия:

1) извлеките из ящика на крыше кузова станции антенны Б и В с принадлежностями;

2) освободите ремень, соединяющий половины рефлектора, разверните его в одну плоскость и зафиксируйте зажимом на стойке, предусмотрев требуемую поляризацию антенны (поляризация антенн горизонтальная, если проводники, образующие полотно рефлектора, параллельны земле, и вертикальная, если проводники перпендикулярны земле);

3) разверните стойки облучателя антенны поддиапазона Б, вставьте концы стоек облучателя в соответствующие вилки на рефлекторе и зафиксируйте их там зажимами;

4) подключите к антеннам поддиапазонов Б и В фидеры и закрепите их резиновыми кольцами в верхней части мачты.

Разматывание фидеров с катушек и наматывание их на катушки с использованием оборудования станции показано на рис. 80.

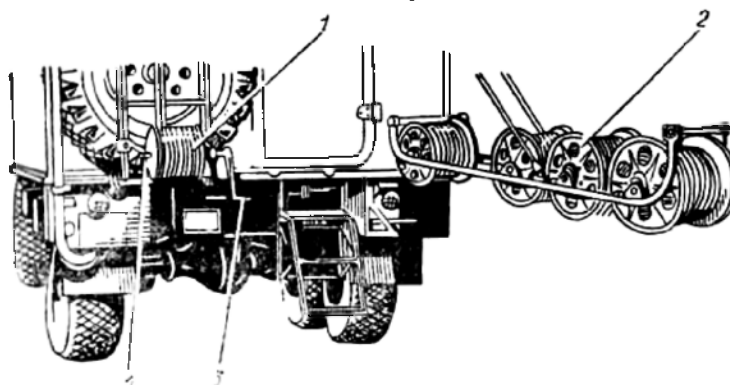


Рис. 80. Разматывание и наматывание фидеров и силового кабеля:

- 1 – катушка силового кабеля; 2 – фидеры; 3 – ручка для намотки;
4 – стопорное устройство

Для отличия фидеров, идущих к антеннам поддиапазонов Б и В, на одном из них предусмотрено утолщение шаровидной формы.

Оборудование заземления

Заземляющее устройство предназначено для предотвращения появления повышенного напряжения на корпусе станции при подаче электроэнергии.

В состав заземляющего устройства входят два заземлителя и соединительные заземляющие провода. При заземлении заземлители устанавливаются в землю на расстоянии не менее их длины и соединяются между собой проводом. После этого заземляющее устройство соединяется с земляной клеммой на блоке В23.

Кроме того, для обеспечения работоспособности электрооборудования кузова станции она должна быть заземлена колом заземления, входящим в комплект кузова. Кол должен быть соединен проводом с разъемом на правой стороне блока ввода, иначе будет невозможна подача напряжения от внешней сети переменного тока для питания станции.

Вынос бензоэлектрических агрегатов

При работе аппаратуры станции от бензоэлектрических агрегатов последние следует вынести из агрегатных отсеков (рис. 81). Проверку работоспособности бензоэлектрических агрегатов допускается проводить в агрегатных отсеках.

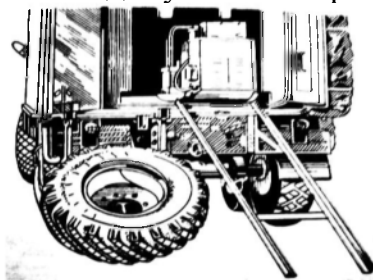


Рис. 81. Вынос агрегатов питания из агрегатного отсека станции

Бензоэлектрические агрегаты должны быть размещены на расстоянии не менее 20–25 м от станции. Место размещения агрегатов должно быть тщательно очищено от легковоспламеняющихся предметов.

Для выноса бензоэлектрических агрегатов необходимо выполнить следующие действия:

- 1) отведите с помощью лебедки запасное колесо от дверей кузова;
- 2) откройте обе половины наружной двери кузова;
- 3) снимите крышку агрегатного отсека;
- 4) отсоедините от бензоэлектрического агрегата кабель, соединяющий его с системой электропитания станции;
- 5) освободите крепление бензоэлектрического агрегата в агрегатном отсеке;
- 6) извлеките из-под кузова две направляющие, предварительно освободив фиксаторы;
- 7) установите обе направляющие отогнутыми концами в гнезда пола кузова у задней наружной двери кузова;
- 8) соедините обе направляющие поперечной планкой в их нижней части;

9) извлеките такелажные ремни из ящика ЗИП бензоэлектрического агрегата и присоедините их к раме бензоэлектрического агрегата;

10) спустите бензоэлектрический агрегат, пользуясь такелажными ремнями, по направляющим на грунт;

11) разместите бензоэлектрический агрегат в заранее подготовленном месте.

Примечание. Палатка, находящаяся на крышке кузова станции, предназначена для обслуживания неработающего бензоэлектрического агрегата в условиях воздействия атмосферных осадков;

12) подсоедините в агрегатном отсеке кабель, идущий к системе электропитания станции, к разъему на крышке люка агрегатного отсека с внутренней стороны;

13) извлеките из такелажного ящика кузова катушку с питающим кабелем, размотайте его, один конец подсоедините к разъему на крышке люка агрегатного отсека с наружной стороны, а второй его конец – к агрегату;

14) уберите на место направляющие такелажные ремни, закройте одну половину двери и установите на место запасное колесо.

Для разматывания с катушки и наматывания на катушку питающего кабеля и других кабелей на кронштейне запасного колеса установлено приспособление. Ручка и стержень для этого приспособления находятся в такелажном ящике.

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

4.1. Общие положения по порядку проектирования РРЛ.

Порядок выбора аппаратуры РРЛ и определение ее параметров

Порядок выбора аппаратуры РРЛ осуществляется в ходе планирования развертывания и эксплуатации РРЛ штабом воинской части (соединения) связи, на которую возлагается задача по развертыванию и эксплуатации линии. Руководит планированием командир воинской части (соединения) связи.

Целями планирования являются:

- определение рациональных способов применения сил и средств;
- выбор трассы радиорелейной линии, обеспечивающей ее работу с требуемым качеством связи;
- определение маршрутов и порядка выдвижения подразделений (станций) в районы выполнения задач, очередности работ по развертыванию линии; определение боевых задач подразделениям;
- разработка данных для линии, мероприятий по обеспечению устойчивости и безопасности связи;
- определение порядка сдачи каналов на узлы связи;
- организация взаимодействия подразделений в ходе выполнения боевых задач;
- определение резерва сил и средств связи, места его нахождения и порядка использования;
- разработка мероприятий по боевому, техническому и тыловому обеспечению;
- определение порядка управления на марше, в ходе развертывания и эксплуатации РРЛ;
- определение сроков выполнения задач.

При планировании и эксплуатации РРЛ разрабатываются мероприятия по обеспечению устойчивости работы и защиты РРЛ от всех видов разведки противника, преднамеренных помех, оружия массового поражения и другого современного оружия, учитывается влияние рельефа местности, лесных массивов, строений и других местных предметов на маскировку и экранирование излучения в сторону противника.

Назначение рабочих и запасных волн (частот) связи осуществляется с учетом исключения взаимного влияния других средств радиоэлектронного излучения. Предусматриваются выделение нескольких пар запасных волн связи с произвольным разносом и при возможности в разных поддиапазонах, работа станции с пониженной мощностью и с антеннами, развернутыми не на полную высоту.

Для защиты от оптических, радиолокационных и тепловых средств разведки планируется применение табельных средств маскировки, использование тепловых ловушек и уголковых отражателей.

Выполнение мероприятий по обеспечению безопасности связи в ходе развертывания и эксплуатации линии контролируется штабом воинской части.

Для защиты от поражающих факторов всех видов оружия предусматриваются:

- использование резервных трасс и позиций станций;
- инженерное оборудование и маскировка позиций РРС и районов расположения воинских частей и подразделений;
- организация оповещения; проведение санитарно-гигиенических и специальных профилактических мероприятий.

4.2. Порядок построения трассы РРЛ при использовании карты/цифровой карты местности

Выбор трассы РРЛ заключается в подборе на топографической карте позиций развертывания станций. При этом необходимо руководствоваться требованиями к трассе линии, ее интервалам и позициям станций.

Требования к трассе РРЛ:

- 1) трасса линии должна позволять развернуть линию в установленные сроки и обеспечить ее работу с качеством связи, заданным для данного типа станций;
- 2) общая протяженность трассы не должна превышать максимальную протяженность линии, предусмотренную тактико-техническими характеристиками применяемого типа станций;
- 3) для затруднения ведения радиоразведки противником, создания радиопомех, а также снижения вероятности возникновения помех от станций своей линии конфигурация трассы должна быть зигзагообразной, а излучение в сторону противника – минимальным.

Требования к интервалам радиорелейной линии:

- 1) протяженность интервалов не должна превышать величину, установленную для данного типа станций;
- 2) на интервалах радиорелейной линии ослабление сигнала рельефом местности и средой распространения не должно быть более допустимого значения, установленного для данного типа РРС;
- 3) на интервалах тропосферной линии углы закрытия антенн (надежность связи по замираниям) не должны превышать допустимые значения.

Требования к позициям развертывания РРС

Местность, предназначенная для позиции станции, должна обеспечивать:

- возможность подъезда станций и транспортных средств, размещение станций на тех скатах высот, с которых обеспечивается экранирование излучения рельефом местности в направлении противника и соблюдается выполнение требований по надежности связи;
- исключение влияния на качество связи возможных источников помех (антенных полей радиопередающих устройств, высоковольтных линий электропередачи, электрифицированных железных дорог) и соблюдение техники безопасности;

– возможность и удобство прокладки соединительных линий для передачи каналов от РРС на соответствующий узел связи.

Выбор трассы линии и позиции РРС должен производиться по карте масштаба 1:100 000. Для уточнения рельефа местности и местных предметов необходимо использовать более крупномасштабные карты. При использовании карт старого выпуска необходимо учитывать прирост высоты леса, возможные изменения состояния дорожной сети, мостов, построек и т. д.

Выбор трассы РРЛ и позиций РРС проводится по карте, для чего:

– на карту наносятся районы разворачивания ОУС (ВУС, УС), определенные боевым распоряжением (боевым приказом);

– вдоль линии ОУС (ВУС, УС) намечается полоса, в пределах которой, исходя из обстановки, может пролегать трасса линии;

– в полосе «поднимаются» и отмечаются значения господствующих высот и низких участков местности;

– по оценке местности и простейшим расчетам осуществляется предварительный выбор позиции;

– делается расчет интервалов и линии в целом, определяются основной и резервный варианты трасс. Пригодность выбранных по карте позиций определяется рекогносцировочной группой, а при невозможности ее высылки – непосредственно начальниками станций.

Данные для РРЛ разрабатываются на основе указаний вышестоящего штаба и инструкции по эксплуатации соответствующего типа станций.

Качество разработки данных является одним из важнейших факторов надежной работы линии.

Основными данными для работы линии являются координаты позиций станций, азимуты магнитные на корреспондентов, волны (частоты), позывные.

Координаты позиций станций – линейные величины (абсцисса X и ордината Y), определяющиеся положением точки разворачивания РРС на карте, и, следовательно, позиции станции на местности.

Волны (частоты) связи – условные номера фиксированных волн (частот) передачи и приема, назначенные для работы радиопередающего и радиоприемного устройств каждого комплекта (полуконспекта) РРС в порядке, установленном для данного типа станции. Каждому комплекту (полуконспекту) РРС назначаются основные и запасные волны (частоты) связи и указывается их поляризация. При этом резервные блоки приемопередающих устройств настраиваются на основные или запасные волны исходя из конкретной обстановки.

Волны (частоты) связи назначаются из числа выделенных командиру воинской части распоряжением вышестоящего штаба.

Для каждого интервала РРС назначается одна пара основных волн передачи и приема и не менее одной пары запасных. Повторение волн допускается не чаще чем через два интервала. В первую очередь назначаются волны для осевых, затем – рокадных и других линий. Для всех станций, работающих в одном пункте, частоты передачи назначаются из одной части диапазона, а частоты приема – из другой.

При назначении волн связи для каждой станции следует руководствоваться правилами, изложенными в инструкциях по эксплуатации соответствующих типов РРС, рекомендациями по назначению рабочих частот для радиорелейных и тропосферных линий связи, а также учитывать уже работающие линии связи и другие радиоэлектронные средства.

Позывные радиорелейных (тропосферных) станций – условное четырехзначное число, присваиваемое РРС на период выполнения задачи.

В качестве позывных используются четырехзначные числа в диапазоне от 1001 до 9999. Они назначаются лотерейным способом из выделенного для военной части диапазона чисел.

Для РРС назначается по одному сменному позывному. Замена этих позывных должна проводиться при каждой смене позиции. Позывные назначают также отдельным аппаратным каналам, кроссам, узлам связи, пунктам управления линий.

При ведении переговоров по открытым каналам применять какие-либо другие наименования, характеризующие станцию, кроме присвоенного ей позывного, запрещается. При этом позывной передается в виде сочетания пары двузначных чисел.

4.3. Порядок построения продольного профиля интервала РРЛ

Профиль интервала РРЛ – чертеж профиля местности интервала, отображающий (с учетом кривизны земной поверхности) вертикальный разрез местности между соседними станциями с отметками высот, включая строения, лес, водные поверхности и т. д. Построение профилей осуществляется с помощью топографических карт.

Профили интервалов для наглядности и возможности анализа строятся с использованием сильно различающихся масштабов расстояний и высот.

Линия прямой видимости – прямая, соединяющая электрические центры антенн на интервале радиорелейной линии.

Линия профиля местности интервала РРЛ – контур предмета местности и местных предметов (лес, массивы построек) на чертеже профиля местности интервала РРЛ.

Дуга кривизны земной поверхности на интервале РРЛ – дуга кривизны уровня моря и условного уровня, лежащего выше уровня моря на постоянную величину в пределах интервала РРЛ. Высоты местности на чертеже профиля местности откладываются в том же масштабе высот, что и точки дуги кривизны земной поверхности, вверх от дуги по вертикальным параллельным линиям, перпендикулярным хорде дуги земной поверхности.

Просвет интервала РРЛ Н – расстояние по вертикали между линией прямой видимости и линией профиля местности (с учетом леса и местных предметов) в рассматриваемой точке интервала.

На участках интервала, где линия профиля местности проходит ниже линии прямой видимости, величина просвета положительная; если же она проходит выше линии прямой видимости (просвета нет), то величина просвета отрицательная (имеет знак «минус»).

Эквивалентный радиус Земли – воображаемый радиус Земли, равный 8500 км ($4/3$ реального среднего радиуса Земли, равного 6370 км, используется при построении профиля), при котором траектория радиоволны с учетом нормальной рефракции представляется прямой линией.

Предельная дальность прямой видимости (с учетом нормальной рефракции радиоволны) – расстояние между двумя антеннами РРС, развернутыми на идеально равнинной местности, при котором линия прямой видимости является касательной к поверхности Земли, а радиус Земли принимается равным эквивалентному.

Построение профиля местности (рис. 82) интервала и определение его типа производятся в следующем порядке. На топографическую карту в масштабе 1:100 000 (1:50 000) наносятся планируемые позиции РРС А и Б (масштабы расстояний и высот на рисунке уменьшены в 1,5 раза) и соединяются прямой. Вдоль прямой АБ на карту накладывается полоска миллиметровой бумаги шириной 3–4 см. Точки А, Б и точки пересечения горизонталей с прямой АБ (пронумерованные) отмечаются на верхней кромке полоски миллиметровой бумаги, напротив каждой отметки записываются соответствующие значения высот горизонталей.

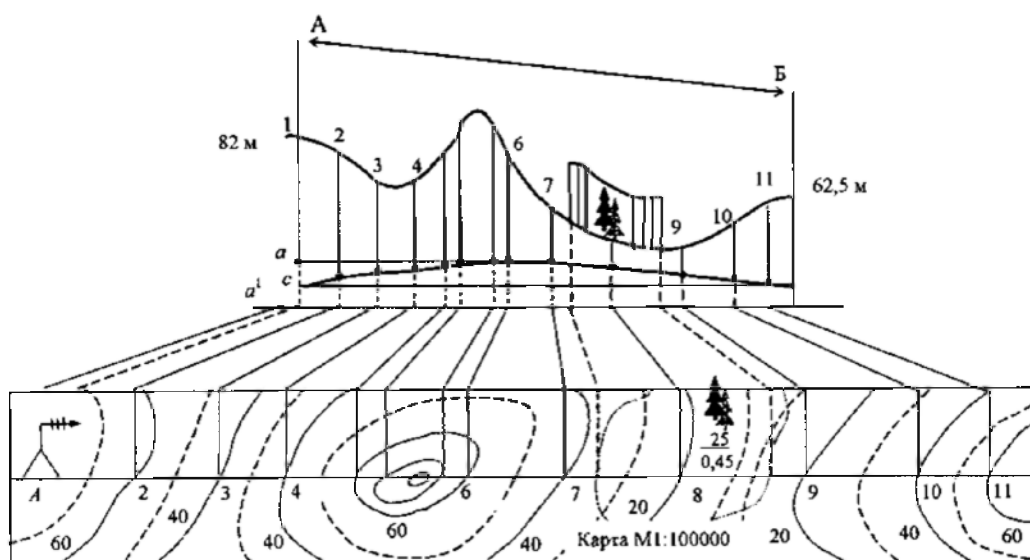


Рис. 82. Пример снятия профиля местности по топографической карте

Для уточнения величины и конфигурации наиболее выступающих частей рельефа учитываются дополнительные горизонтали карты, изображенные на ней штриховыми линиями.

При построении чертежа профиля местности интервала на листе миллиметровой бумаги с помощью шаблона, соответствующего выбранному масштабу высот, вычерчивается дуга кривизны земной поверхности. Затем значения высот

горизонталей, считываемые с полоски миллиметровой бумаги, в виде отрезков вертикальных прямых линий соответствующей высоты откладываются вверх от дуги кривизны земной поверхности. При этом учитываются выбранный для построения чертежа масштаб высот, а также соответствующее различие масштабов расстояний чертежа и масштаба применяемой карты. Верхние концы отрезков соединяются плавной кривой, которая отображает линию рельефа поверхности Земли. На линию рельефа поверхности Земли в выбранном масштабе высот наносятся массивы местных предметов. Кривая, огибающая линию рельефа поверхности Земли и местные предметы, отображает линию профиля местности интервала.

Если окажется, что вся местность интервала лежит существенно выше уровня моря, то в целях сокращения вертикального размера чертежа профиля местности все высоты местности при построении чертежа откладывают не от уровня моря, а от условного уровня. За условный уровень для удобства пересчета принимают уровень, лежащий выше уровня моря на целое число десятков или сотен метров, но, как правило, не выше наиболее низкой точки местности на интервале.

Затем в выбранном масштабе высот на чертеже профиля местности откладываются высоты антенных опор станций и проводится линия прямой видимости АБ, что позволяет ответить на вопрос, является ли интервал закрытым.

Если интервал не является закрытым, то на чертеж профиля местности наносится линия критических просветов (предельная кривая), что позволяет отличить открытый интервал от полуоткрытого.

5. МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ РАДИОРЕЛЕЙНАЯ СТАНЦИЯ Р-414МБ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Радиорелейная станция Р-414МБ (рис. 83) предназначена для использования в составе опорных узлов связи для организации радиорелейных цифровых каналов связи полевой опорной сети связи Вооруженных Сил, а также линий привязки к узлам связи пунктов управления Вооруженных Сил и сети электро-связи общего пользования.



Рис. 83. Радиорелейная станция Р-414МБ

Состав оборудования станции

Радиорелейная станция Р-414МБ состоит:

- из машины аппаратной;
- машины антенной с секционной опорой;
- электростанции Э-351А.

Все оборудование станции размещено в кузове К4-131, установленном на шасси автомобилей ЗиЛ-131.

Машина аппаратная предназначена для размещения оборудования, позволяющего использовать Р-414МБ при организации радиорелейных линий связи как в качестве оконечной, так и в качестве промежуточной станции.

В состав аппаратной машины (рис. 84) входит следующее основное оборудование:

- ЦРРС Р-424 – 2 шт.;
- аппаратура цифровой системы передачи ЦМ-Е1;
- синхронный мультиплексор доступа (СМД);
- АРМ;
- статив коммутации мобильный (СКМ).



Рис. 84. Машина аппаратная РРС Р-414МБ (аппаратный отсек)

Кроме основного оборудования, в комплект станции входит и вспомогательное оборудование, которое используется для развертывания станции, настройки приемопередающих устройств, измерения характеристик каналов и основного оборудования, а также для ведения служебных переговоров.

Вспомогательное оборудование:

- анализатор первичного сетевого стыка АФК-3;
- прибор П-321 (генератор и указатель уровня);
- телефонный аппарат ТА-57;
- электрооборудование кузова.

Машина антенная с секционной опорой предназначена для перевозки основного АМУ и оборудования, которое используется для развертывания станции.

После развертывания АМУ в кузове антенной машины оборудуется помещение для отдыха членов экипажа.

Электростанция Э-351А предназначена для питания станции трехфазным током с напряжением 230 В, 50 Гц. В станции установлены два бензоэлектрических агрегата с выходной мощностью 12 кВт, АБ-12-Т/230М1, щит управления питанием, кабельное и коммутационное имущество.

Режимы работы станции

Станция обеспечивает следующие режимы работы:

- оконечный;
- узловой;
- ретрансляционный.

6. РАДИОРЕЛЕЙНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ КОМПАНИИ SAF

6.1. Назначение, состав и технические характеристики оборудования для построения РРЛ компании SAF

Цифровое микроволновое радиооборудование *CFM-LM* широко применяется в сфере современных технологий, в том числе в частных сетях передачи голоса/данных, сетях сотовой связи, частных сетях общего пользования, соединении линий учрежденческих АТС, а также для доступа к высокоскоростным сетям поставщиков услуг передачи данных (*IP*, *FR*, и т. д.).

Выбор антенн для использования с радиоблоками модели *CFM-LM* зависит исключительно от коэффициента готовности, необходимого в конкретном случае применения оборудования.

Состав системы *CFM-LM*

В стандартной конфигурации узел связи *CFM-LM* состоит из внутреннего блока, радиоблока и антенны.

Радиоблок подсоединяется непосредственно к антенне или же устанавливается отдельно – в этом случае для соединения антенны с радиоблоком необходим гибкий волновод (или коаксиальный кабель в случае *CFM-LM* – 5ГГц).

Радиоблок соединяется с внутренним блоком с помощью одножильного коаксиального кабеля.

Основные технические характеристики

Радиорелейное оборудование *CFM-LM* предоставляет следующие возможности эксплуатации и технического обслуживания:

- 1) наблюдение за работой радиоблока;
- 2) проверку по возвратной петле для ближнего и дальнего концов линии связи;
- 3) программный контроль параметров радиоблока и внутреннего блока.

Радиосистема *CFM-LM* предоставляет широкий спектр возможностей управления, в том числе удаленное осуществление настройки, наблюдения и проверки.

Для того чтобы определить источник неисправности, инженер по обслуживанию может получить доступ к каналу эксплуатации и технического обслуживания, используя ПК с программным обеспечением, необходимым для выполнения проверок по возвратной петле.

Консоль управления можно подсоединить к внутреннему блоку через порт RS232 или Ethernet. Задать локальную проверку по возвратной петле можно также с помощью интерфейса управления внутреннего блока – ЖК-дисплея и вспомогательной клавиатуры.

При помощи консоли управления (ПК), а также интерфейса управления внутреннего блока (ЖК-дисплея и вспомогательной клавиатуры) можно настраивать широкий спектр параметров.

В зависимости от используемой антенны радиоблок можно прикрепить непосредственно к антенне без волноводного фидера или же установить отдельно и подсоединить к антенне гибким волноводом. В любом случае отсоединить и заменить радиоблок можно без нарушения юстировки антенны.

Внутренний блок устанавливается в 19-дюймовую стойку или же на стене или горизонтальной поверхности.

CFM-M-MUX и *CFM-MP-MUX* обеспечивают скорость передачи данных WAN 8, 16 и 34 Мбит/с; скорость передачи данных выбирается программным обеспечением.

CFM-8-4E1 обеспечивает фиксированную пропускную способность трафика в 2 Мбит/с на каждом из портов интерфейса *E1*, порты могут быть реализованы либо как розетка *RJ-45*, либо как разъемы *BNC*.

CFM-16-8E1 – мультиплексор с фиксированной конфигурацией.

Характеристики радиоблоков представлены в табл. 18.

Таблица 18

Характеристики радиоблоков

Радиоблок	Частотный диапазон, ГГц	Дуплексный разнос, МГц	Мощность передатчика, дБм	
			максимальная	минимальная
<i>CFM-LM</i> , 18 ГГц	17,7–19,7	1008/1010/1092,5	+19	–10
<i>CFM-LM</i> , 15 ГГц	14,40–15,35	315/422/490/728	+23	–10
<i>CFM-LM</i> , 13 ГГц	12,75–13,25	266	+23	–10
<i>CFM-LM</i> , 11 ГГц	10,7–11,7	490/530	+27	0
<i>CFM-LM</i> , 10 ГГц	10,15–10,65	350	+27	–10
<i>CFM-LM</i> , 8 ГГц	7,70–8,50	119/266/311,22/310	+27	0
<i>CFM-LM</i> , 7 ГГц	7,10–7,90	154/161/168/245	+27	–10
<i>CFM-LM</i> , 5 ГГц	4,40–5,00	300/312	+33	–10

Радиоблоки подразделяются на различные типы в зависимости от того, какой частотный поддиапазон (*A*, *B* или *C*) в какой боковой полосе частот (*H* или *L*) они охватывают. Для каждого ретрансляционного участка необходимо сочетание двух типов радиоблоков.

Вариант сочетаний радиоблоков:

– радиоблоки *L* и *H* – передатчик радиоблока *L*-типа работает в нижней полосе частот (боковая полоса частот *L*), а приемник – в верхней полосе частот. Радиоблоки *H*-типа имеют обратный принцип работы – передатчик работает в верхней боковой полосе частот, а приемник – в нижней;

– радиоблоки *LA* и *HA* – передатчик радиоблока *LA* работает в поддиапазоне *A* боковой полосы частот *L*, передатчик радиоблока *HA* работает в поддиапазоне *A* боковой полосы частот *H*;

– радиоблоки *LB* и *HB*;

– радиоблоки *LC* и *HC*.

Тип радиоблока зависит от того, какой частотный план он поддерживает.

Мощность передатчика можно изменять от минимальной до максимальной с шагом в 1 дБ·м.

В табл. 19 представлены основные параметры радиоблоков *CFM-LM*.

Таблица 19

Основные параметры

Наименование параметра	Значение
Ширина пропускания каналов для поддерживаемых битовых скоростей передачи данных	– скорость передачи данных 34 Мбит/с → 28 МГц; – скорость передачи данных 16 Мбит/с → 14 МГц; – скорость передачи данных 8 Мбит/с → 7 МГц
Модуляция	4 FSK
Ослабление мощности передатчика	0–43 дБ (шаг 1 дБ) для радиоблока <i>CFM-LM</i> , 5ГГц
Избирательность приемника по соседнему, совмещенному и зеркальному каналам	– допустимое значение отношения уровня сигнала к уровню помехи от соседнего канала на входе приемника (при <i>BER</i> , равной $1 \cdot 10^{-6}$), после увеличения сигнала на 1 дБ относительно чувствительности – –10 дБ ; – допустимое значение отношения уровня сигнала к уровню помехи от совмещенного канала на входе приемника (при <i>BER</i> , равной $1 \cdot 10^{-6}$) после увеличения сигнала на 1 дБ относительно чувствительности – –18 дБ ; – избирательность по зеркальному каналу – не менее 70 дБ
Коэффициент фоновых битовых ошибок	$<10^{-11}$
Максимальная входная мощность на порт антенны	0 дБ·м
Пороговая чувствительность приемника на порте антенны и коэффициент усиления (гарантированные значения) для внутренних блоков без FEC (для 8/16/34 Мбит/с):	
пороговая чувствительность приемника при <i>BER</i> , равном 10^{-3}	–85/–82/–79 дБ·м
пороговая чувствительность приемника при <i>BER</i> , равном 10^{-6}	–82/–79/–76 дБ·м
коэффициент усиления при <i>BER</i> , равном 10^{-3}	118/115/112 дБ
коэффициент усиления при <i>BER</i> , равном 10^{-3}	115/112/98 дБ
Пороговая чувствительность приемника на порте антенны и коэффициент усиления (гарантированные значения) для внутренних блоков, поддерживающих <i>FEC</i> (для 8/16/34 Мбит/с)	
пороговая чувствительность приемника при <i>BER</i> , равном 10^{-3}	–87/–84/–81 дБ·м
пороговая чувствительность приемника при <i>BER</i> , равном 10^{-6}	–84/–81/–78 дБ·м
коэффициент усиления при <i>BER</i> , равном 10^{-3}	120/117/114 дБ
коэффициент усиления при <i>BER</i> , равном 10^{-3}	117/114/111 дБ

Применяемые кабели

Для оборудования узла связи CFM необходимы кабели следующих типов:

- кабель для соединения внутреннего блока с радиоблоком;
- кабель, подключаемый к цифровому мультиметру, для юстировки антенны в процессе установки;
- кабели интерфейса (*E1*, *Ethernet*, *V35*);
- силовой кабель для подключения к внутреннему блоку.

Кабель, соединяющий внутренний блок с радиоблоком

Для соединения внутреннего блока с радиоблоком необходим коаксиальный кабель 50 Ом. Можно использовать любой качественный кабель 50 Ом, оснащенный штыревыми разъемами *N*-типа на обоих концах. Вместе с радиоблоком поставляются два штыревых разъема *N*-типа, которые можно использовать с кабелями *RG-213* или другими, имеющими диаметр 10 мм. Поскольку ослабление сигнала в кабеле имеет весьма существенное значение, особенно на частоте 350 МГц, для используемых кабелей есть ограничение – ослабление сигнала не должно превышать 20 дБ при частоте 350 МГц. Обычно при использовании коаксиального кабеля типа *RG-213* его длина может достигать 100 м, кабеля типа *LMR-400*, *S400* – 300 м.

Кабель для юстировки антенны

Для подключения цифрового мультиметра к порту *RSSI* радиоблока при юстировке антенны можно использовать коаксиальный кабель с разъемом *BNC* на одном конце и надлежащим оконечным разъемом на другом конце (например, такой, как изображен на рис. 85).



Рис. 85. Кабель для подключения вольтметра к порту *RSSI* радиоблока

Кабели информационного интерфейса

Для информационных интерфейсов внутреннего блока CFM-LM могут использоваться следующие типы кабелей информационного интерфейса:

- неэкранированная витая пара (*UTP*) 3-й категории (или выше); для *10Base-T Ethernet*, *UTP* 5-й категории (или выше); для соединения – *100Base-Tx Ethernet*;
- *UTP* 3-й категории (или выше) для симметричного интерфейса *E1*;
- любой коаксиальный кабель 75 Ом с разъемами *BNC* для несимметричного порта трафика *E1*.

Кабели интерфейса управления

Для порта управления *Ethernet* внутреннего блока необходимо использовать стандартные соединительные кабели *Ethernet*.

Для порта управления *RS-232* внутреннего блока можно использовать любой прямой кабель или последовательный модемный кабель.

Кабель питания

Поскольку терминалы *CFM* имеют низкое энергопотребление, нет особых требований к кабелям, соединяющим внутренний блок с источником питания постоянного тока. Можно использовать любой качественный двужильный силовой кабель, который подходит к навинчивающемуся двухполюсному разъему питания, предоставляемому *SAF Tehnika*. Разъем питания является двухполюсным, тип *2ESDV-02*.

Антенна

Выбор антенны обуславливается требуемыми показателями готовности линии связи и расстоянием между узлами связи. *SAF Tehnika* предлагает антенны следующих типов для установки в узлах связи *CFM*:

- линзово-рупорные антенны диаметром 25 см (производства *SAF Tehnika*);
- параболические антенны 30, 60, 120, 180, 240 и 300 см (производства *COMHAT-PROVEXA*, *Arkivator* и *Grante*).

В качестве альтернативы антеннам, которые предлагает *SAF Tehnika*, могут использоваться антенны других производителей.

6.2. Назначение и технические характеристики внешнего радиоблока *SAF CFM LM*

Радиоблок и антенна представляют собой оборудование узла связи *CFM* (одного конца ретрансляционного участка), размещаемое вне помещений. Радиоблок (внешний блок) может быть либо напрямую подсоединен к антенне, либо установлен отдельно и соединен с помощью гибкого волновода или коаксиального кабеля (*CFM-LM*, 5 ГГц). Радиоблок подсоединяется к внутреннему блоку при помощи одножильного коаксиального кабеля 50 Ом.

Радиоблок *CFM-LM* (рис. 86) выполнен как защищенный от погодных воздействий – белый цилиндрический корпус весом 2,5 кг.

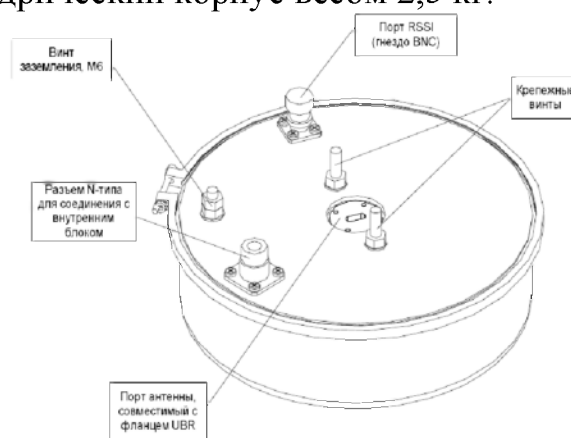


Рис. 86. Радиоблок *CFM-LM*

На поверхности радиоблока расположены:

- фланец *UBR* в центре корпуса, предназначенный для подсоединения к антенне, или интерфейс коаксиального кабеля (*CFM-LM*, 5 ГГц);
- разъем для соединения с внутренним блоком (гнездо *N*-типа);
- контрольный порт для юстировки антенны (гнездо *BNC*).

Радиоблок оснащен датчиком температуры и датчиком конденсирования влаги. Показания этих датчиков можно узнать с помощью любого из доступных средств управления. Датчик температуры показывает температуру внутри радиоблока – обычно она примерно на 6 °С выше температуры окружающей среды. В случае если поступает сигнал от датчика влажности, это, вероятнее всего, означает, что радиоблок не закрыт, что не соответствует условиям нормальной работы и должно быть по возможности скорее устранено.

Каждый радиоблок имеет маркировочный знак (рис. 87). Уникальную идентификацию каждого радиоблока обеспечивает номер изделия (*P/N*) и серийный номер. Данные о поддиапазоне (*A*, *B* или *C*) и боковой полосе частот (*L* или *H*) входят в номер изделия.

Маркировочный знак радиоблока включает в себя:

- наименование модели изделия;
- номер изделия (*P/N*);
- серийный номер (*S/N*).



Рис. 87. Маркировочный знак радиоблока

Функциональная схема радиоблока приведена на рис. 88. Радиоблок состоит из следующих компонентов:

- кабельный интерфейс;
- модуль ПЧ;
- блоки приемника и передатчика;
- модуль контроллера;
- модуль синтезатора;
- дуплексер.



Рис. 88. Функциональная схема радиоблока

Кабельный интерфейс обеспечивает выполнение двух функций:

- 1) подачу питания радиоблоку;
- 2) передачу сигнала внутреннему блоку по коаксиальному кабелю.

Напряжение источника питания может быть в пределах от 20 до 60 В любой полярности относительно заземления. Питание поступает от внутреннего блока через кабель.

От внутреннего блока принимается сигнал с частотой 350 МГц, модулированный вместе с отфильтрованным сигналом данных. Кабельный интерфейс включает в себя блок демодуляции ЧМ. Сигнал данных на выходе блока демодуляции ЧМ передается на модулирующий вход ГУН (генератора, управляемого напряжением) приемника в модуле синтезатора. Так происходит передача сигнала данных от внутреннего блока радиоблоку. Ограничением длины кабеля является условие, что максимальное ослабление сигнала в кабеле не должно превышать 20 дБ. Демодуляторы ЧМ создают напряжение, пропорциональное логарифму мощности несущей с частотой 350 МГц (*RSSI* кабеля). Напряжение подается на модуль контроллера и служит для проверки того, не превышает ли длина коаксиального кабеля максимально допустимую.

Передача сигнала данных от радиоблока внутреннему блоку происходит следующим образом: ограниченный (сигнал постоянного уровня) сигнал ПЧ с частотой 140 МГц передается в коаксиальный кабель через усилитель и полосовой фильтр в кабельном интерфейсе. Сигнал является частотно-модулированным (модуляция выполняется в передатчике на противоположном конце линии связи), если ослабление в кабеле не превышает 20 дБ, длина кабеля не влияет на передачу сигнала данных. Поскольку фильтрация и ограничение сигнала ПЧ вы-

полняется в радиоблоке, передача сигнала внутреннему блоку не влияет на чувствительность приемника.

Дополнительный сигнал данных, пересылаемый со скоростью 9 кбит/с, передается от внутреннего блока радиоблоку и в обратном направлении по одному и тому же коаксиальному кабелю. Оба сигнала, передаваемые между внутренним блоком и радиоблоком, включают в себя данные телеметрии – для этого используются две несущие с амплитудно-импульсной модуляцией. Данные от радиоблока передаются внутреннему блоку на несущей с частотой 6 МГц, от внутреннего блока радиоблоку – на несущей с частотой 4,5 МГц.

Модуль ПЧ используется для второго преобразования и фильтрации сигнала. Сигнал на ПЧ 1542 МГц передается блоку ПЧ от первого преобразователя в приемнике. Синтезированный генератор 1402 МГц совместно со смесителем преобразует первую промежуточную частоту во вторую промежуточную частоту 140 МГц. Второй сигнал ПЧ фильтруется при помощи фильтра поверхностных акустических волн, а затем сигнал передается на логарифмический усилитель, на выходе которого находится ограничитель сигнала. Логарифмический усилитель обладает дополнительной функцией точного измерения мощности принимаемого сигнала. Напряжение постоянного тока на выходе этого усилителя передается модулю контроллера и используется для измерений.

Модуль синтезатора включает в себя два во многом схожих синтезатора частот. Один синтезатор передает сигнал генератора первому смесителю. Второй синтезатор имеет модулирующий вход и передает сигнал передатчику. Синтезаторы основаны на генераторах, управляемых напряжением (ГУН). Частота ГУН стабилизируется и преобразовывается при помощи фазовой автоматической подстройки частоты (ФАПЧ).

Приемник осуществляет усиление полученного сигнала с помощью малошумящего усилителя (МШУ), который является монолитной интегральной схемой СВЧ-диапазона, заключенной в специальный корпус. Затем сигнал передается фильтру зеркальных каналов, который установлен с целью снижения коэффициента шума приемника. Что касается входящего сигнала, достаточное ослабление зеркального канала обеспечивается дуплексорным фильтром.

Усиленный сигнал передается субгармоническому смесителю, где преобразовывается в частоту 1542 МГц. Смеситель также является монолитной интегральной схемой СВЧ-диапазона. Блок приемника оснащен волноводным входом.

В передатчике удваивается частота выходного сигнала модуля синтезатора и усиливается полученный сигнал. Обе функции выполняет монолитная интегральная схема СВЧ-диапазона. Включать и выключать передатчик можно путем включения и выключения питания. Блок передатчика оснащен волноводным выходом.

Дуплексер предназначен для объединения сигналов передатчика и приемника в один, передаваемый антенне по волноводу. Дуплексер является узкополосным волноводным фильтром с одним общим волноводным выходом. Частота передачи в одном узле связи должна соответствовать частоте приема в другом узле связи, и наоборот.

Модуль контроллера предназначен для управления и наблюдения за радиоблоком, а также состоянием соединения с внутренним блоком.

Функции управления позволяют:

- задавать настройки частот синтезатора;
- задавать настройки выходной мощности;
- включать и выключать приемник.

Функции наблюдения включают в себя:

- измерение уровня принимаемого сигнала;
- измерение ослабления сигнала в кабеле;
- проверку синхронизации синтезаторов;
- измерение температуры радиоблока;
- проверку уровня влажности внутри радиоблока.

Задавать настройки мощности передатчика и частоты можно, используя интерфейс управления внутреннего блока (ЖК-дисплей и вспомогательную клавиатуру) или с помощью консоли управления. Радиоблок имеет собственный контроллер управления и память для хранения настроек конфигурации. Данные о настройках конфигурации хранятся в *EPROM* контроллера управления радиоблока. Поэтому в случае замены радиоблока могут измениться текущие настройки конфигурации, и тогда необходимо задать их снова.

6.3. Назначение и технические характеристики модема *SAF MP-MUX*

Внутренний блок является обязательным компонентом микроволновой радиосистемы *CFM-LM*.

Внутренний блок обеспечивает:

- соединение радиоблока с оборудованием пользователя;
- функции локального и удаленного управления;
- подачу питания радиоблоку.

Внутренние блоки предназначены для установки в защищенных от погодных воздействий укрытиях или внутри помещений.

Внутренний блок *CFM-MP-MUX* (рис. 89) выполнен как алюминиевый блок высотой $2U$ для монтажа в стойку 19". Глубина внутреннего блока равна 230 мм без ручек на передней панели и 270 мм с ручками.

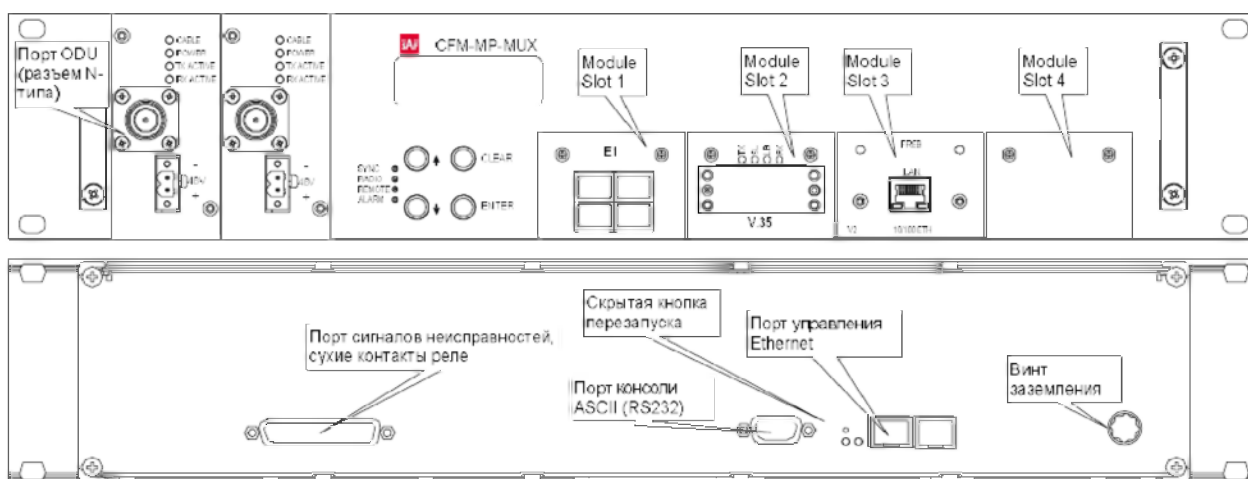


Рис. 89. Внутренний блок *CFM-MP-MUX* (передняя и задняя панели)

Внутренний блок *CFM-MP-MUX* является модульным мультиплексором со двояной схемой подачи питания и кабельного интерфейса. Он поддерживает следующие варианты конфигурации 1+1: горячее резервирование (*HSB*), частотное разнесение (*FD*) и пространственное разнесение (*SD*). Блок может быть оснащен четырьмя модулями интерфейса (*V.35*, *E1*, 4×*E1* или 1-портовый или 2-портовый модуль *100Base-T Ethernet*). *CFM-MP-MUX* поддерживает скорость передачи данных *WAN* 8, 16 и 34 Мбит/с; скорость выбирается программным обеспечением.

Основные возможности внутренних блоков *CFM-MP-MUX* представлены в табл. 20.

Таблица 20

Функциональные возможности внутренних блоков *CFM-MP-MUX*

Модули и слоты для установки модулей	<ul style="list-style-type: none"> – модель имеет четыре слота для установки модулей трафика; – два модуля подачи питания и кабельного интерфейса, поддерживающих горячую замену (в конфигурации 1+1)
Порты трафика (поддерживаемые модули трафика)	<ul style="list-style-type: none"> – модуль интерфейса <i>V.35</i> (разъем порта <i>M34</i>), поддерживает скорости: 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 6144 и 8192 кбит/с; – 2-портовый модуль <i>100Base-T Ethernet</i> (розетка <i>RJ-45</i>); – 1-портовый модуль <i>100Base-T Ethernet</i> (розетка <i>RJ-45</i>); – модуль <i>E1</i> обеспечивает один порт <i>E1</i> (скорость – 2048 кбит/с) с интерфейсами 120 Ом, розетка <i>RJ-45</i>, и 75 Ом, <i>BNC</i>; – модуль 4×<i>E1</i> обеспечивает четыре порта <i>E1</i>, порты можно включать/выключать по отдельности – пропускная способность модуля будет равна 2, 4, 6 или 8 Мбит/с соответственно
Порты управления	<ul style="list-style-type: none"> – последовательный порт управления <i>RS-232</i>; – порты управления <i>Ethernet</i> для управления посредством веб-подключения, <i>Telnet</i> или <i>SNMP</i>; – консольный порт <i>RS232</i>; – вводы порта сигналов неисправностей и подключения оборудования пользователя (дополнительно)
Интерфейсы передней панели	<ul style="list-style-type: none"> – ЖК-дисплей/вспомогательная клавиатура; – светодиоды активности портов и сигналов неисправностей

Модуль подачи питания и кабельного интерфейса

Модуль подачи питания и кабельного интерфейса (рис. 90), допускающий горячую замену, для версий внутренних блоков *CFGMP02*, *CFGMP03* и *CFGMP02*. Модуль оснащен разъемом *N*-типа для подсоединения кабеля, соединяющего внутренний блок с радиоблоком, а также розеткой подачи питания.

Модуль интерфейса V.35

Модуль *V.35* (рис. 91) подключается к модульному мультимплексору как оконечное устройство и выделяет из потока данных от мультимплексора (скоростью 2, 4, 6 или 8 Мбит/с) ту скорость передачи данных, которая необходима пользователю, на порт *V.35*. Пользователь может выбрать из следующих вариантов: 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 6144 или 8192 кбит/с.

Если для слота мультимплексора задана пропускная способность 2 Мбит/с, модуль *V.35* также может работать в режиме *fractional E1* – дробный *E1*. В этом режиме из потока *E1* со стороны *WAN* можно выделить до 31 канала по 64 кбит/с каждый (таймслоты со 2 по 32 в режиме *PCM31*).

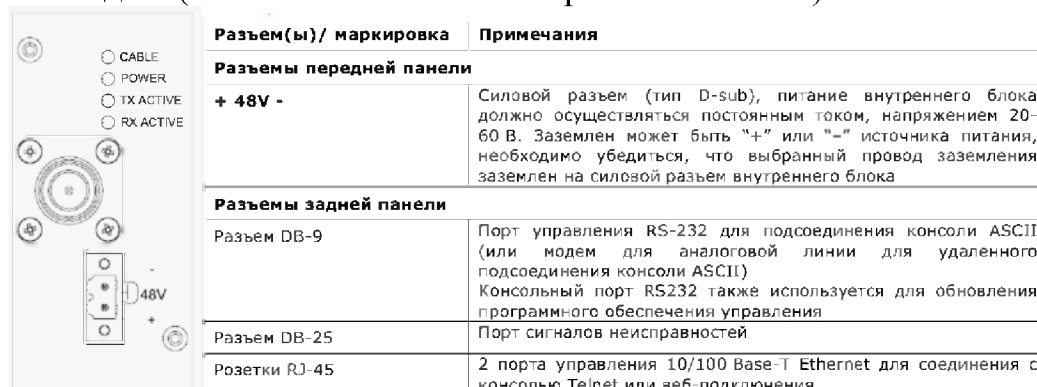


Рис. 90. Модуль подачи питания

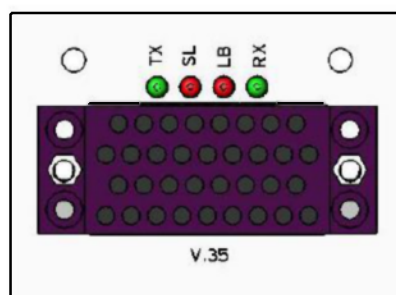


Рис. 91. Модуль V.35

Модуль интерфейса E1

Модуль интерфейса *E1* (рис. 92) имеет один порт и оснащен интерфейсами двух типов:

- симметричным интерфейсом 120 Ом, тип разъема – *RJ-45*;
- несимметричным интерфейсом 75 Ом, тип разъема – *BNC*, требуется пара коаксиальных кабелей с разъемами типа *BNC*.

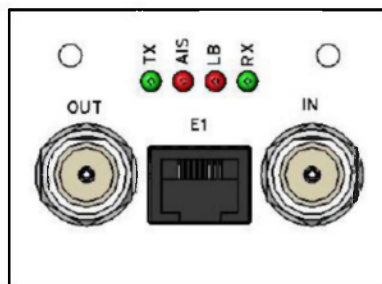


Рис. 92. Модуль интерфейса $E1$

Оба интерфейса предназначены для выделения потоков данных из потока со скоростью 2 Мбит/с ($G.703$). Осуществлять переключение между портами BNC и $RJ-45$ можно с помощью ЖК-дисплея и клавиатуры внутреннего блока, а также консоли управления (веб-подключение, *Telnet* или *ASCII*).

Модуль интерфейса $4 \times E1$

Модуль $4 \times E1$ (рис. 94) оснащен четырьмя портами $E1$ с разъемами $RJ-45$ (интерфейсы 120 Ом), порты можно включать/выключать по отдельности, и тогда скорость модуля будет изменяться в соответствии с табл. 21.

Таблица 21

Скорость модуля $4 \times E1$

Количество активных портов $E1$	Скорость модуля
4 (все порты активны)	8 Мбит/с
3	6 Мбит/с
2	4 Мбит/с
1	2 Мбит/с
0	0 Мбит/с

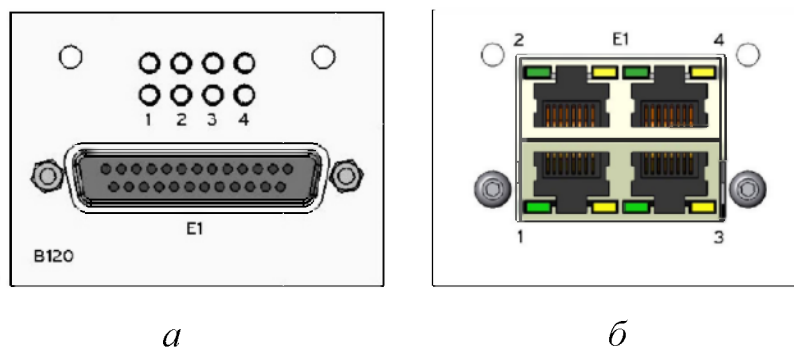


Рис. 93. Модуль $4 \times E1$:

a – с портами $DB25$; b – с портами $RJ-45$

Каждый порт имеет два светодиода, указывающих на то, в каком режиме работы находится порт:

1) один из светодиодов каждого порта обозначает проверку по возвратной петле. Это светодиод желтого цвета, который горит, когда для порта задана проверка по возвратной петле, и гаснет, когда проверка по возвратной петле выключена;

2) второй светодиод обозначает статус передачи данных через порт и может гореть либо зеленым, либо красным цветом.

Функциональное описание внутреннего блока

Внутренние блоки CFM состоят из следующих функциональных узлов (рис. 94):

- кабельный интерфейс;
- модем немодулированной передачи;
- силовой блок;
- контроллер управления;
- плата мультиплексора (только для мультиплексорных внутренних блоков, модульных внутренних блоков моста быстрого *Ethernet* и внутренних блоков *E1*);
- информационный интерфейс.

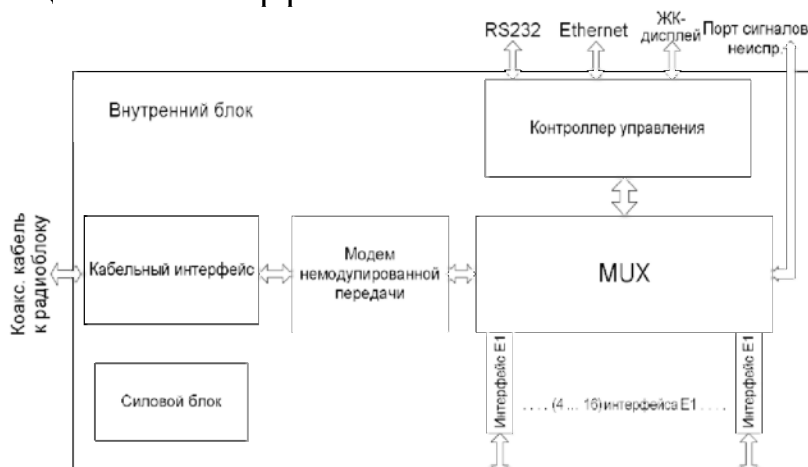


Рис. 94. Блок-схема внутреннего блока серии *CFM*

Кабельный интерфейс обеспечивает подачу питания всем узлам и радиоблоку.

Поскольку преобразователь постоянного тока является изолированным, напряжение источника питания может быть положительным или отрицательным относительно заземления.

Как и в радиоблоке, дополнительный поток данных телеметрии передается с использованием амплитудно-импульсной модуляции.

Принимаемый (от радиоблока) сигнал с частотой 140 МГц демодулируется в частотном демодуляторе, от которого сигнал передается модулю мультиплексора.

От модуля мультиплексора четырехуровневый сигнал данных передается ГУН 350 МГц. Сигнал с преобразованной несущей передается через буферный усилитель и полосовой фильтр в кабель, подсоединенный к радиоблоку.

Модем немодулированной передачи выполняет кодирование, декодирование и скремблирование четырехуровневого сигнала данных.

Контроллер управления обеспечивает функциональные возможности наблюдения и управления внутренним блоком и радиоблоком. Контроллер управления содержит стек протоколов *TCP/IP* и действует как маршрутизатор *IP*-пакетов трафика управляющей информации. Комплексные возможности

управления обеспечиваются посредством веб-подключения, *SNMP*-агента и клиента/сервера *Telnet*, что позволяет легко интегрировать оборудование *CFM* в любую телекоммуникационную сеть.

Модуль мультиплексора (*MUX*) выполняет мультиплексирование и демultipлексирование канала передачи данных *WAN* в каналы информационного интерфейса и канал передачи телеметрических данных со скоростью 16 кбит/с.

Информационный интерфейс обеспечивает физический интерфейс между оборудованием пользователя и мультиплексором.

Для модульных внутренних блоков (*MUX*) предлагаются специальные модули информационного интерфейса:

1. Модуль интерфейса *E1*. 1-портовый модуль *E1* работает с каналом *G.703* 2 Мбит/с. Модуль интерфейса *E1* оснащен разъемами порта трафика двух типов: симметричный интерфейс 120 Ом на разъеме типа *RJ-45* и несимметричный интерфейс 75 Ом на разъеме типа *BNC* (требуется пара коаксиальных кабелей с разъемами типа *BNC*).

2. Модуль интерфейса *V.35*, оснащенный стандартным разъемом *M.34*. Модуль *V.35* работает с потоком данных от мультиплексора 2, 4, 6 или 8 Мбит/с и выделяет на интерфейс *V.35* скорость передачи данных, необходимую пользователю. Выбор возможен из следующих вариантов: 64, 128, 256, 512, 1024, 2048 кбит/с; 4, 6 или 8 Мбит/с.

Плата интерфейса *Ethernet* имеет встроенный 2-портовый модуль коммутации пакетов. Один из портов – это интерфейс *10Base-T Ethernet* 10 Мбит/с (реализованный как разъем типа *RJ-45*). Второй порт – синхронный последовательный интерфейс, его оконечным устройством является модем немодулированной передачи. Соответственно оконечным устройством полной пропускной способности, поступающей от радиоблока, является плата интерфейса *Ethernet*.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Военные системы радиорелейной и тропосферной связи / Е. А. Волков [и др.] ; под ред. Е. А. Волкова. – Минск : ВАС, 1982.
2. Изделие Р-409МБ1. Руководство по эксплуатации. – Минск : ОАО «Связь-инвест», 2013.
3. Изделие Р-414МБ. Руководство по эксплуатации. – Минск : ОАО «Связь-инвест», 2018.
4. Об утверждении Руководства по техническому обеспечению связи и комплексов средств автоматизации в Вооруженных Силах Республики Беларусь : Приказ начальника Генерального штаба Вооруженных Сил – первого заместителя Министра обороны Республики Беларусь от 30 ноября 2007 г., №684. – Минск : МО РБ, 2007.
5. Об утверждении Руководства по эксплуатации стационарных узлов и станций связи Вооруженных Сил Республики Беларусь : Приказ начальника Генерального штаба Вооруженных Сил – первого заместителя Министра обороны Республики Беларусь от 1 марта 2013 г., №77. – Минск : МО РБ, 2013.
6. Инструкция по развертыванию и эксплуатации радиорелейных и тропосферных линий связи для соединений, воинских частей и подразделений связи Вооруженных Сил. – Минск : МО РБ, 2003.

Учебное издание

Утин Леонид Львович
Федоренко Владимир Александрович
Масейчик Елена Алексеевна

ВОЕННЫЕ СИСТЕМЫ РАДИОРЕЛЕЙНОЙ СВЯЗИ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Редактор *Е. В. Иванюшина*
Корректор *Е. И. Костина*
Компьютерная правка, оригинал-макет *О. И. Толкач*

Подписано в печать 03.06.2020. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 9,42. Уч.-изд. л. 10,0. Тираж 35 экз. Заказ 154.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.
Ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск