

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

Военный факультет

Кафедра связи

## **ЦИФРОВЫЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫЕ СТАНЦИИ ПОЛЕВЫХ УЗЛОВ СВЯЗИ**

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по военному образованию в качестве учебно-методического пособия  
для курсантов учреждения образования «Белорусский государственный  
университет информатики и радиоэлектроники»,  
обучающихся по специальности 1-45 01 03 «Инфокоммуникационные  
технологии (системы телекоммуникаций специального назначения)»*

Минск БГУИР 2017

УДК 621.396.4:623.615(076)  
ББК 32.884.1-5я73+68.517я73  
Ц75

**Авторы:**

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

**Рецензенты:**

кафедра управления органами пограничной службы  
государственного учреждения образования «Институт пограничной службы  
Республики Беларусь» (протокол №8 от 26.12.2016);

профессор кафедры защиты информации учреждения образования  
«Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники», доктор технических наук, профессор В. И. Кириллов

**Цифровые радиорелейные станции полевых узлов связи : учеб.-**  
Ц75 метод. пособие / Л. Л. Утин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2017. – 104 с. : ил.  
ISBN 978-985-543-350-8.

Содержит информацию для изучения назначения, состава, технических характеристик, устройства, принципов работы, порядка и правил эксплуатации 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 621.396.4:623.615(076)**  
**ББК 32.884.1-5я73+68.517я73**

**ISBN 978-985-543-350-8**

© УО «Белорусский государственный  
университет информатики  
и радиоэлектроники», 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦИФРОВЫЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫЕ СТАНЦИИ ПОЛЕВЫХ УЗЛОВ СВЯЗИ.....	4
1.1. Принципы построения цифровых радиорелейных станций.....	4
1.2. Виды модуляции, применяемые в цифровых радиорелейных станциях .....	7
2. ЦИФРОВАЯ РАДИОРЕЛЕЙНАЯ СТАНЦИЯ Р-429 .....	18
2.1. Назначение ЦРРС Р-429 .....	18
2.2. Состав ЦРРС Р-429 .....	18
2.3. Тактико-технические характеристики ЦРРС Р-429 .....	26
2.4. Принцип работы ЦРРС Р-429 .....	27
3. ЦИФРОВАЯ РАДИОРЕЛЕЙНАЯ СТАНЦИЯ Р-427 .....	46
3.1. Назначение ЦРРС Р-427 .....	46
3.2. Состав ЦРРС Р-427 .....	46
3.3. Тактико-технические характеристики ЦРРС Р-427 .....	48
3.4. Принцип работы ЦРРС Р-427 .....	50
4. ЦИФРОВАЯ РАДИОРЕЛЕЙНАЯ СТАНЦИЯ Р-424 .....	58
4.1. Назначение ЦРРС Р-424.....	58
4.2. Состав ЦРРС Р-424 .....	59
4.3. Тактико-технические характеристики ЦРРС Р-424 .....	66
4.4. Принцип работы ЦРРС Р-424 .....	67
5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ИЗМЕРЕНИЕ И АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ПЕРВИЧНОГО СЕТЕВОГО СТЫКА .....	82
5.1. Задание на лабораторную работу .....	82
5.2. Краткие теоретические сведения .....	82
5.3. Порядок выполнения лабораторной работы.....	85
6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РРЛ, ОБРАЗОВАННЫХ ЦРРС Р-424 (Р-429).....	92
6.1. Задание на лабораторную работу .....	92
6.2. Краткие теоретические сведения .....	92
6.3. Порядок выполнения лабораторной работы.....	94
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ.....	102
ЛИТЕРАТУРА .....	104

# 1. ЦИФРОВЫЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫЕ СТАНЦИИ ПОЛЕВЫХ УЗЛОВ СВЯЗИ

## 1.1. Принципы построения цифровых радиорелейных станций

Цифровые радиорелейные станции (ЦРРС) предназначены для построения многоинтервальных цифровых радиорелейных линий (ЦРРЛ) с целью передачи по ним информации цифровыми методами как от аналоговых источников сообщений, так и от дискретных. Структурные схемы ЦРРС при этом будут отличаться лишь принципами построения входящей в состав станции аппаратуры аналого-цифрового и цифроаналогового преобразования. Кроме того, аналоговые сигналы могут подвергаться аналого-цифровому преобразованию либо каждый индивидуально, либо путем уплотнения известными способами (например, методом частотного уплотнения), образуя групповой сигнал, который затем преобразуется в цифровую форму.

Преимущество индивидуального аналого-цифрового преобразования сигналов заключается в том, что кодеки работают с малыми скоростями кодирования и декодирования. При этом, используя современные возможности микроминиатюризации, кодеки можно монтировать непосредственно в микротелефонных трубках абонентов. При таком способе построения схемы полностью исключаются переходные помехи между каналами, которые могут возникать в групповых трактах аппаратуры уплотнения аналоговых сигналов.

При групповом аналого-цифровом преобразовании групповые кодеки должны иметь скорость обработки в  $NK$  раз больше, чем индивидуальные, поэтому они намного сложнее и менее надежны. Вместе с тем, учитывая, что выход из строя группового кодека может стать причиной прерывания связи в целой группе каналов, к нему предъявляются повышенные требования по надежности, что достигается за счет резервирования и автоматической коммутации на резервный комплект. Однако групповое кодирование и декодирование имеет ряд достоинств, основным из которых является возможность сопряжения создаваемых цифровых комплексов связи с широко распространенными в настоящее время аналоговыми.

На рис. 1 изображена упрощенная структурная схема ЦРРС, в которой применен способ индивидуального аналого-цифрового преобразования сигналов.

Рассмотрим принцип работы тракта передачи ЦРРС и назначение его основных функциональных элементов (см. рис. 1).

Каждый аналоговый сигнал перед поступлением на вход индивидуального кодера подвергается фильтрации с целью ограничения его спектра. Каналь-



друг за другом через одинаковые интервалы времени  $T_i$ . Так как длительность  $\tau_0$  и форма каждого символа кодовых групп различных каналов могут быть неодинаковыми, то групповой поток перед подачей в радиотракт ЦРРС регенерируется в нормализаторе. В дальнейшем при необходимости нормализованная последовательность кодовых комбинаций может быть подвергнута перекодированию в преобразователе кода. Правило перекодирования зависит от многих обстоятельств и условий, в частности, от вида примененной манипуляции несущего колебания, требований к точности посимвольной (поэлементной) синхронизации приемного цифрового оборудования, допустимой полосы пропускания приемника, скорости передачи и т. д. С выхода преобразователя перекодированная видеопоследовательность поступает на вход манипулятора. В настоящее время находят применение амплитудная манипуляция (АМ), частотная манипуляция (ЧМ), фазовая манипуляция (ФМ) и производные от них. Наиболее перспективными являются методы относительной фазовой манипуляции (ОФМ). С выхода манипулятора импульсно-манипулированный радиосигнал проходит через полосовой фильтр (ПФ), предназначенный для подавления его спектральных компонент высших порядков, после чего усиливается передатчиком до требуемой мощности и излучается в направлении корреспондента.

Приемная часть ЦРРС показана на рис. 1, б. Принятый антенной СВЧ-сигнал усиливается в линейном тракте приемника, фильтруется полосовым фильтром и поступает на вход деманипулятора, где преобразуется в последовательность видеоимпульсов и через фильтр нижних частот (ФНЧ) подается на вход нормализатора. Полосовой фильтр и фильтр нижних частот служат для согласованной фильтрации сигналов. С выхода нормализатора регенерированный групповой цифровой поток подается на преобразователь кода и одновременно на выделитель синхросигналов. Все цифровое приемное оборудование начинает работать лишь после обнаружения и выделения сигнала синхронизации. Нормализатор, преобразователь кода, блок формирования тактовых колебаний и распределитель импульсов имеют такое же назначение, как в тракте передачи.

Преобразователь кода восстанавливает групповой видеопоток в исходный цифровой поток, который в дальнейшем поступает на входы всех канальных декодеров. Работой декодеров управляет распределитель импульсов, вследствие чего процедура декодирования происходит лишь в те моменты времени, когда на их входы поступает сигнал данного канала. После детектирования аналоговые сигналы фильтруются и поступают к соответствующим потребителям.

## 1.2. Виды модуляции, применяемые в цифровых радиорелейных станциях

Для преобразования символов цифровых сигналов в радиосигналы, пригодные для передачи по ЦРРЛ, используют модулятор (манипулятор), а для обратного преобразования – демодулятор (деманипулятор), совокупность которых сокращенно называют модемом. В общем случае преобразование сигналов в модемах связано с переносом спектра исходного сообщения в область более высоких частот, т. е. в полосу частот радиотракта ЦРРЛ, и обратно. Поскольку немодулированный несущий радиосигнал представляет собой синусоидальное колебание, характеризующееся амплитудой, частотой и фазой, каждый из этих параметров может быть проманипулирован цифровой последовательностью.

Ранее рассматривались ЦРРЛ, в которых передача информации осуществляется посредством сигналов импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) и дельта-модуляции (ДМ), элементы (символы) которых принимают только два значения (уровня) – «0» или «1» – длительностью  $\tau_0$ . Следовательно, в этих ЦРРЛ манипулированный радиосигнал, соответствующий  $i$ -му состоянию, в общем виде может быть представлен следующим образом:

- при амплитудной манипуляции

$$U_{AM}(t) = U_m(x_i) \cos 2\pi f_0 t; \quad (1)$$

- при частотной манипуляции

$$U_{ЧМ}(t) = U_m \cos 2\pi f_0(x_i) t; \quad (2)$$

- при фазовой манипуляции

$$U_{ФМ}(t) = U_m \cos [2\pi f_0 t + \varphi(x_i)]. \quad (3)$$

Собственно, манипуляция несущей может быть осуществлена различными способами, среди которых можно выделить:

- непосредственную манипуляцию СВЧ-радиокосебания;
- манипуляцию радиокосебания на некоторой промежуточной частоте с последующим частотным преобразованием;
- цифровой синтез манипулированной несущей.

Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки. Непосредственная манипуляция СВЧ-несущей достаточно проста в реализации, например, при АМ, но существенно затруднена при ЧМ и практически невозможна при ФМ. Цифровой синтез манипулированного колебания позволяет получить высокую точность и стабильность несущего сигнала, но затруднителен в практической реализации. Наиболее широко используется манипуляция неко-

торой промежуточной частоты передатчика с последующим ее преобразованием в полосу частот радиоканала.

В настоящее время в ЦРРЛ связи применяются все рассмотренные выше виды манипуляции, однако наиболее перспективной для передачи высокоскоростных цифровых потоков является ФМ, при которой радиосигнал имеет неизменную огибающую, занимая относительно малую полосу частот. Это позволяет более эффективно использовать мощность передатчика и получить требуемую помехозащищенность.

Демодуляция сигналов при рассмотренных видах манипуляции осуществляется двумя способами: когерентным и некогерентным. Однако для АМ- и ЧМ-сигналов когерентные способы приема, как правило, на практике не применяются, что объясняется затруднительностью их технической реализации, поэтому создавать сложные синхронные демодуляторы целесообразно для наиболее помехоустойчивых ФМ-сигналов.

Рассмотрим основные методы цифровой модуляции и демодуляции манипулированных радиосигналов.

### 1.2.1. Двухуровневая амплитудная манипуляция

Двухуровневый АМ-радиосигнал  $U_{AM}(t)$  (рис. 2, а) на интервале времени  $0 \leq t \leq \tau_0$  определяется выражением

$$U_{AM}(t) = U_m x_i \sin(2\pi f_0 t + \varphi_0) \quad (4)$$

и может принимать следующие значения:

$$U_{AM}(t) = \begin{cases} U_1(t) = U_m \sin(2\pi f_0 t + \varphi_0), & \text{если } x_i = 1; \\ U_2(t) = 0, & \text{если } x_i = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Спектр АМ-радиосигнала, представленный на рис. 2, б, соответствует периодической передаче в радиоканале «0» и «1». При случайном следовании символов «0» и «1» он становится практически сплошным. Из рисунка видно, что такой спектр характеризуется наличием дискретной составляющей с частотой, равной несущей  $f_0$ , и уровнем  $U_m/2$ . Следовательно, значительная часть мощности передатчика расходуется на излучение несущей. Для приема АМ-радиосигналов полоса пропускания приемника  $\Delta f_{пр}$  выбирается примерно  $2R = 2/\tau_0$ .

Упрощенная структурная схема тракта приема АМ-радиосигналов приведена на рис. 2, в. Додетекторную часть приемника, состоящую в общем случае из входных цепей, усилителя высокой частоты, преобразователя и усилителя промежуточной частоты, можно рассматривать как линейный тракт, обеспечи-

вающий основную селекцию сигнала от помех. Полученный на выходе линейного тракта АМ-радиосигнал детектируется, усиливается и подается на вход решающего устройства.

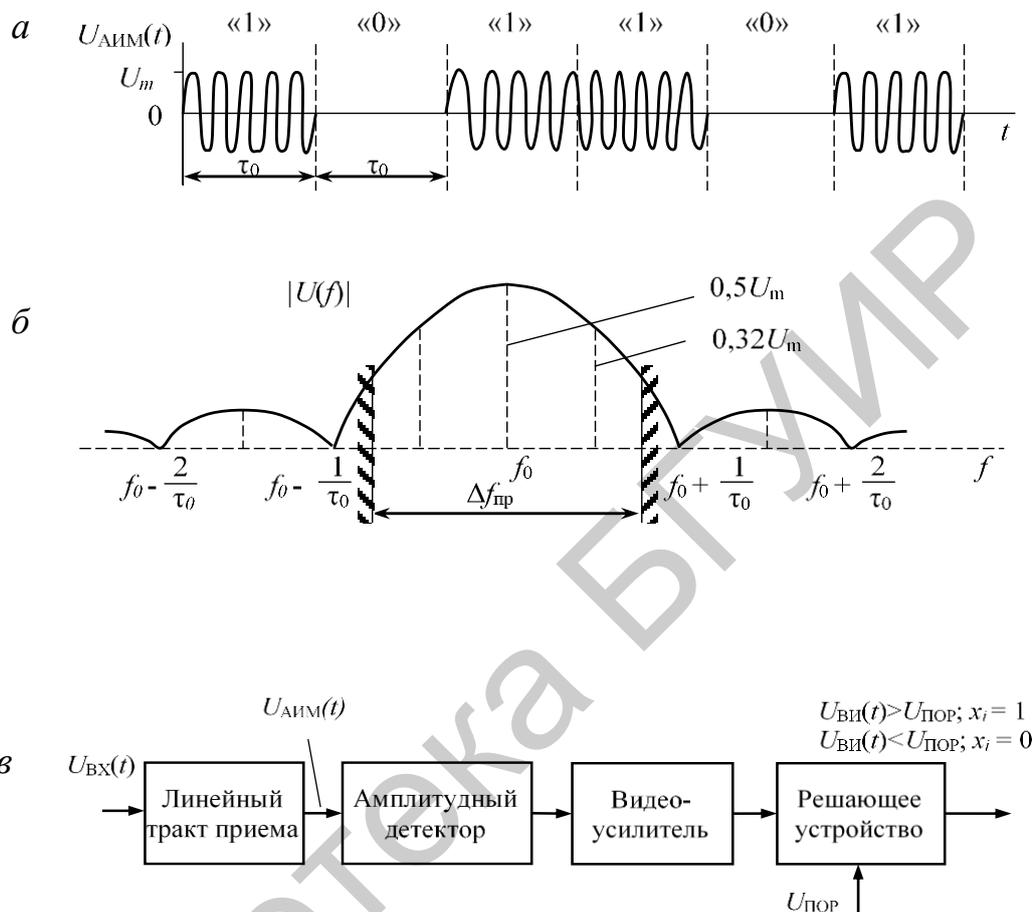


Рис. 2. Принцип АМ:

*а* – АМ-радиосигнал; *б* – спектр АМ-радиосигнала; *в* – упрощенная структурная схема тракта приема АМ-радиосигнала

При некогерентном приеме АМ-радиосигналов их различие определяется путем сравнения  $U_{\text{ви}}(t)$  с некоторым пороговым напряжением  $U_{\text{пор}}$  по правилу:

если  $U_{\text{ви}}(t) > U_{\text{пор}}$ , то  $x_i = 1$ ;

если  $U_{\text{ви}}(t) < U_{\text{пор}}$ , то  $x_i = 0$ .

Следует заметить, что достоверность принятия решения существенно зависит от отношения сигнал/шум  $\{U_c/U_{\text{ш}} = h\}$  на входе приемника и от оптимальности выбора величины  $U_{\text{пор}}$ . Чтобы обеспечить демодуляцию АМ-сигнала в режиме оптимального порога, необходимо знать величину  $h$  и устанавливать соответствующее ей значение порога. В случае изменения величины  $h$  (например, за счет замираний) приемник должен иметь устройство оценки этой вели-

чины. Практически такая оценка может осуществляться с помощью системы автоматической регулировки усиления (АРУ).

Из теории передачи дискретных сообщений известно, что вероятность ошибки в определении значения одного элемента при некогерентном приеме АМ-сигналов в канале с постоянными параметрами с достаточной точностью определяется выражением

$$P_{\text{ош.нк}} = \frac{1}{2} e^{-\frac{h^2}{4}}, \quad (6)$$

где

$$h^2 = \frac{P_c \tau_0}{N_0} = \frac{P_c}{N_0 \Delta f_{\text{пр}}} = \frac{P_c}{n_{\text{ш}} k T \Delta f_{\text{пр}}}. \quad (7)$$

### 1.2.2. Двухпозиционная частотная манипуляция

Простые ЧМ-сигналы (рис. 3, а), используемые для передачи цифровой информации на интервале времени от 0 до  $\tau_0$ , можно записать в виде

$$U_{\text{ЧМ}}(t) = \begin{cases} U_1(t) = U_m \sin(2\pi f_0 t + \varphi_1), & \text{если } x_i = 1; \\ U_2(t) = U_m \sin(2\pi f_0 t + \varphi_2), & \text{если } x_i = 0, \end{cases} \quad (8)$$

где  $f_1$  и  $\varphi_1$  – частота и фаза радиопосылки при передаче информационного символа «1»;  $f_2$  и  $\varphi_2$  – частота и фаза радиопосылки при передаче символа «0».

Спектр ЧМ-радиосигнала изображен на рис. 3, б, где  $f_1$  и  $f_2$  – частоты манипуляции, а  $\Delta f_p$  – разнос между ними. В теории передачи дискретных сообщений методом ЧМ показано, что существует оптимальная величина разноса частот манипуляции, при которой достигается максимальная помехоустойчивость приема:

$$\Delta f_{\text{пр}} = 0,75 / \tau_0. \quad (9)$$

Если  $\Delta f_p < \Delta f_{p,\text{опт}}$ , то условие различения манипулированных сигналов ухудшается из-за значительного перекрытия их спектров. При  $\Delta f_p > \Delta f_{p,\text{опт}}$  условия различения ЧМ-радиосигналов существенно не улучшаются, лишь снижается эффективность использования отведенной для их передачи полосы частот, так как на передачу того же количества информации требуется более широкая полоса. Приблизительно можно считать, что для приема ЧМ-сигналов полоса пропускания приемника определяется формулой

$$\Delta f_{\text{пр}} = 2R + \Delta f_p. \quad (10)$$

В настоящее время наиболее перспективными являются системы с ЧМ без разрыва фазы и с разносом  $\Delta f_p$ , близким к оптимальному.

Структурная схема тракта некогерентного приема ЧМ-радиосигналов представлена на рис. 3, в.

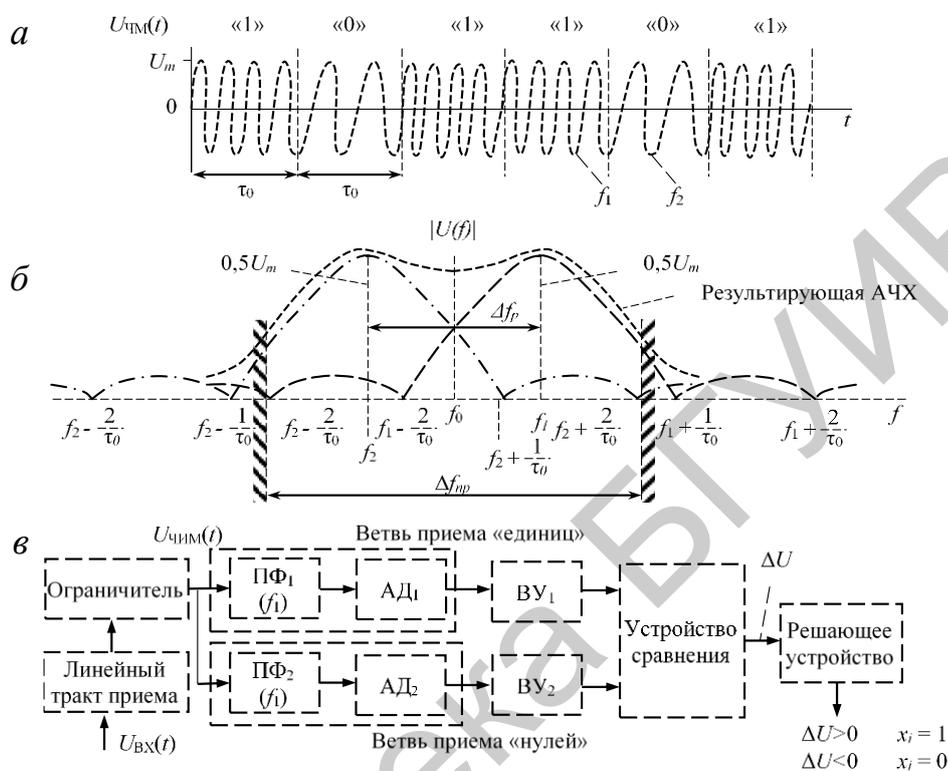


Рис. 3. Принцип ЧМ:

а – ЧМ-радиосигнал; б – спектр ЧМ-радиосигнала; в – упрощенная структурная схема тракта приема ЧМ-радиосигнала

Принятый антенной радиосигнал усиливается, преобразуется до сигнала промежуточной частоты в линейном тракте приемника и подается на вход ограничителя для снятия паразитной амплитудной модуляции. В дальнейшем этот сигнал подвергается обработке в двух одинаковых по структуре каналах «1» и «0». Каждый канал содержит полосовой фильтр, амплитудный детектор (АД) и видеоусилитель (ВУ). Полосы пропускания фильтров ПФ<sub>1</sub> и ПФ<sub>2</sub>, а также коэффициенты передачи АД<sub>1</sub> и АД<sub>2</sub>, ВУ<sub>1</sub> и ВУ<sub>2</sub> выбираются одинаковыми. Если считать, что энергия посылок также одинакова, то эта схема является симметричной для приема «1» и «0». С выхода видеоусилителей сигналы подаются на входы устройства сравнения, где определяется разность  $\Delta U$  между сигналами в каналах.

Принятие решения о характере переданного символа производится в решающем устройстве по следующему правилу:

если  $\Delta U > 0$ , то  $x_i = 1$ ;

если  $\Delta U < 0$ , то  $x_i = 0$ .

Вероятность ошибки при некогерентном приеме ЧМ-радиосигналов в канале с постоянными параметрами определяется выражением

$$P_{\text{ош.нк}} = \frac{1}{2} e^{-\frac{h^2}{2}}, \quad (11)$$

где  $h^2 = \frac{P_c \tau_0}{N_0} = \frac{P_c}{n_{\text{ш}} k T \Delta f_{\text{пр}}}$ , а ПФ<sub>1</sub>, и ПФ<sub>2</sub> реализованы в виде согласованных филь-

тров с полосой пропускания, равной  $1/\tau_0$ , и с пренебрежимо малой нестабильностью средних частот.

### 1.2.3. Фазовая манипуляция

В настоящее время известны следующие разновидности фазовой манипуляции: простая противофазовая манипуляция, относительная фазовая манипуляция, двукратная относительная фазовая манипуляция и многократная относительная фазовая манипуляция.

При простой противофазной манипуляции информация о характере символов передаваемой цифровой последовательности заложена в фазе радиосигнала, который на интервале  $0 - \varphi_0$  может принимать лишь одно из двух значений:

$$U_{\text{ФМ}}(t) = \begin{cases} U_1(t) = U_m \sin(2\pi f_0 t + \varphi_0), & \text{если } x_i = 1; \\ U_2(t) = 0, & \text{если } x_i = 0. \end{cases} \quad (12)$$

При противофазовой манипуляции (рис. 4, а), когда  $|\varphi_1 - \varphi_2| = \pi$ , фаза радиопосылки  $\varphi$  является случайной величиной, однозначно связанной с последовательностью передаваемых информационных символов  $x_i$ :

$$\varphi_x = \begin{cases} \varphi_1 = 0^\circ, & \text{если } x_i = 1; \\ \varphi_2 = 180^\circ, & \text{если } x_i = 0. \end{cases} \quad (13)$$

Демодуляция такого ФМ-радиосигнала осуществляется с помощью синхронного фазового детектора, который осуществляет перемножение информационного сигнала с опорным колебанием и фильтрацию полученного выходного напряжения от высокочастотных составляющих. Однако при случайном изменении текущей фазы опорного колебания на противоположную имеет место так называемое явление обратной («негативной») работы. Очевидно, что такой режим демодуляции ФМ-сигналов недопустим, поскольку с момента, соответ-

ствующего переходу в «негатив», последовательность символов будет приниматься неправильно. Амплитудно-частотный спектр фазоманипулированного сигнала представлен на рис. 4, д.

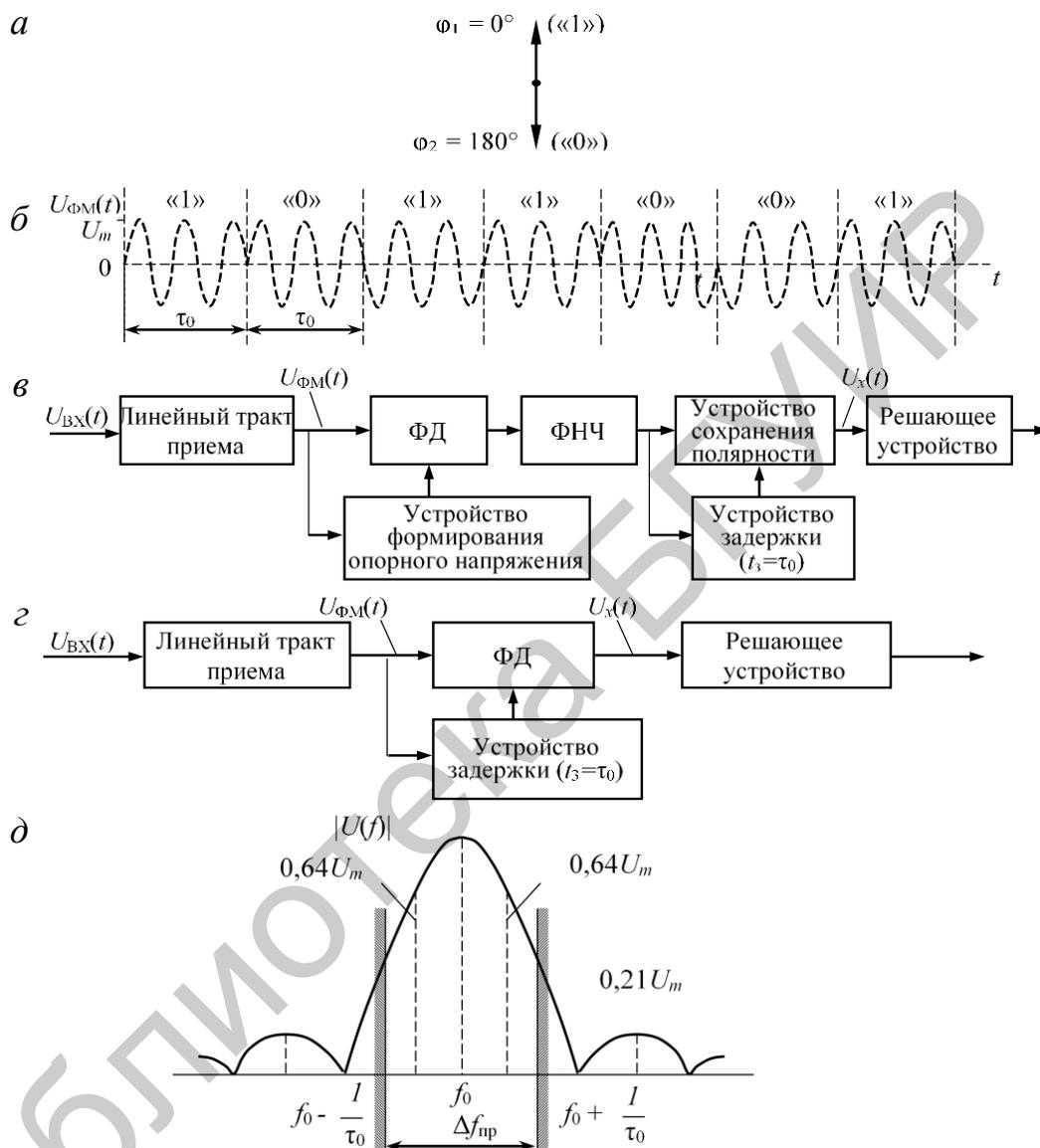


Рис. 4. Принцип ФМ и ОФМ:

а – векторная диаграмма, поясняющая принцип ФМ; б – векторная диаграмма, поясняющая принцип ОФМ-радиосигнала; в – упрощенная структурная схема устройства когерентного приема ОФМ-радиосигнала; з – упрощенная структурная схема устройства некогерентного приема ОФМ радиосигнала; д – спектр фазоманипулированного радиосигнала

В настоящее время наиболее широко применяют метод относительной фазовой манипуляции, свободный от явления обратной работы. Здесь применена относительная система отсчета фаз, вследствие чего соответствие между ин-

формационными символами и фазоманипулированными посылками становится иным по сравнению с противофазной манипуляцией. При ОФМ фаза очередной радиопосылки зависит как от вида информационного символа («1» или «0»), поступающего на вход манипулятора, так и от характера предыдущего символа.

Например, при ОФМ началом отсчета фазы каждой очередной посылки является фаза предыдущей посылки (рис. 4, б): при передаче символа «1» фаза колебания сохраняется такой же, как и у предыдущей посылки, а при передаче символа «0» фаза колебания изменяется на  $180^\circ$  по отношению к фазе предыдущей посылки. Условно это правило можно записать так:

$$\begin{aligned} \varphi &= \varphi_{i-1} && \text{при } x_i = 1; \\ \varphi &= \varphi_{i-1} + \pi && \text{при } x_i = 0, \end{aligned}$$

где  $i$  – номер посылки в текущий момент времени.

Рассмотренное правило манипуляции фазы при ОФМ может быть и иным: при передаче символа «1» фаза колебания меняется на обратную по отношению к фазе предыдущей посылки, а при передаче символа «0» остается без изменения. Выбор того или иного правила определяется удобствами технической реализации ОФМ.

Рассмотрим основные методы приема ОФМ-радиосигналов. На практике широкое применение находят когерентный и некогерентный методы.

Один из вариантов построения когерентной схемы когерентного приема ОФМ-радиосигналов приведен на рис. 4, в. Особенностью этой схемы является то, что опорное колебание, необходимое для когерентного детектирования, выделяется непосредственно из принимаемого сигнала с помощью специального устройства формирования. В настоящее время известно несколько способов формирования опорного колебания и соответствующих им схем, например, схемы Пистолькорса, Сифорова, Костаса и др.

В устройстве формирования опорного напряжения, построенном по схеме Пистолькорса, вначале производится удвоение частоты принимаемого сигнала. Полученное напряжение с удвоенной частотой и неизменной начальной фазой фильтруется и подается на делитель частоты на два, на выходе которого образуется необходимое опорное колебание с частотой  $f_0$  без манипуляции фазы с достаточно малым уровнем шумов.

В устройстве, выполненном по схеме Сифорова, снятие манипуляции фазы достигается за счет удвоения частоты, а фильтрация помех обеспечивается системой фазовой автоподстройки, представляющей собой узкополосный фильтр. Достоинством схемы является то, что она не содержит делителя частоты.

Более совершенной является схема Костаса, отличающаяся большой сложностью технической реализации. В такой схеме снятие манипуляции осуществляется с помощью перемножителя, на один из входов которого поступает принимаемый сигнал, предварительно усиленный и ограниченный, а на другой – сигнал с выхода фазового детектора (ФД) системы фазовой автоматической подстройки (ФАП).

Демодуляция ОФМ-сигнала, полученного на выходе линейного тракта приемника, осуществляется с помощью ФД, на второй вход которого воздействует опорное колебание, сформированное одним из рассмотренных выше способов. В результате детектирования на выходе ФД образуется видеопоследовательность, которая после фильтрации подается на вход устройства сравнения полярности. На его второй вход поступает та же информационная видеопоследовательность, задержанная на время  $t_3 = \tau_0$ . Принципиальная необходимость наличия устройства задержки состоит в том, что в демодуляторе ОФМ нельзя принимать решение по одной посылке, поскольку информация заложена в разности фаз предыдущей и принятой (текущей) посылок. Устройство задержки представляет собой элемент памяти, с помощью которого обеспечивается относительное начало отсчета фаз как на передаче, так и на приеме.

Устройство сравнения обычно реализуется в виде схемы совпадения. При совпадении полярностей огибающих текущей и предыдущей посылок на выходе схемы образуется управляющий импульс, под действием которого решающее устройство фиксирует наличие символа «1», в противном случае фиксируется наличие «0». Таким образом, на выходе схемы образуется последовательность видеоимпульсов, соответствующая исходной информационной последовательности.

Следует заметить, что под действием помех в системе с ОФМ возникают ошибки, как правило, парами. Неверный прием текущей посылки приводит к неправильному декодированию последующей. Одиночные ошибки маловероятны, они могут появиться лишь в результате двух смежных ошибок вследствие неправильного определения полярности либо перескока фазы опорного колебания [1].

Вероятность ошибки при когерентном приеме ОФМ-радиосигналов определяется выражением

$$P_{\text{ош.к}} = \frac{1}{\sqrt{\pi h}} e^{-h^2}. \quad (14)$$

Некогерентный прием ОФМ-радиосигналов можно осуществить с помощью устройства, схема которого изображена на рис. 4, з. Этот метод приема

иногда называют автокорреляционным. Он основан на том, что в качестве опорного колебания, подаваемого на вход ФД, используется напряжение принятой предыдущей радиопосылки, задержанной на время  $t_3 = \tau_0$ . В фазовом детекторе происходит сравнение фаз текущей и предыдущей (опорной) посылок. Решение о том, какой символ был передан, принимается в соответствии с полярностью напряжения  $U_x(t)$  на выходе ФД. При  $U_x(t) > 0$  решающее устройство вырабатывает символ «1», а при  $U_x(t) < 0$  – символ «0». В данном случае ФД вычисляет коэффициент автокорреляции сигнала на интервале времени  $t = 2\tau_0$ . Поскольку решение о характере принятого символа производится путем анализа фаз текущей и предыдущей радиопосылок, такой метод приема иногда называют методом сравнения фаз.

Помехоустойчивость некогерентного способа приема по сравнению с когерентным при отношении сигнал/шум на входе приемника более трех ниже примерно на 10 %. Так как каждая радиопосылка участвует в формировании напряжения на выходе ФД дважды (первый раз как информационная, второй – как опорная), то ошибки на выходе демодулятора будут появляться парами.

Вероятность ошибочного приема при некогерентном приеме определяется выражением

$$p_{\text{ош.нк}} = \frac{1}{2} e^{-h^2}. \quad (15)$$

Сравнивая между собой когерентный и некогерентный методы приема ОФМ-радиосигналов, следует отметить, что основное различие определяется не их помехоустойчивостью, а скоростью передачи информации, которая может быть достигнута при технической реализации этих методов. Некогерентный метод приема чаще находит применение в цифровых системах передачи среднескоростных цифровых потоков, а когерентный – высокоскоростных потоков.

В ЦРРЛ можно либо удвоить пропускную способность, либо повысить помехоустойчивость за счет применения двукратной относительной фазовой манипуляции (ДОФМ). Один из вариантов формирования ДОФМ-радиосигнала поясним с помощью векторной диаграммы (рис. 5, а), таблицы (рис. 5, б) и структурной схемы (рис. 5, в).

Опорное напряжение от генератора подается на входы двух фазовых манипуляторов ФМ<sub>1</sub> и ФМ<sub>2</sub>. Начальная фаза напряжения на входе ФМ<sub>2</sub> с помощью фазовращателя сдвинута на 90°. Информационные синхронные, но независимые цифровые потоки подаются на входы №1 и №2 фазовых манипуляторов. На выходе ФМ<sub>1</sub> образуется ОФМ<sub>1</sub> – радиосигнал с манипуляцией фазы 0, 180° (на рис. 5, а – пунктирная линия; на рис. 5, б – первый столбец таблицы),

на выходе  $\Phi M_2$  формируется  $O\Phi M_2$  – радиосигнал с манипуляцией фазы  $90, 270^\circ$  (на рис. 5, *а* – точечная линия; на рис. 5, *б* – третий столбец таблицы). После линейного сложения в сумматоре обоих сигналов на выходе образуется сигнал, фаза которого принимает четыре значения:  $+45, -45, +135, -135^\circ$ . Каждое значение фазы однозначно отображает характер символов двух независимых цифровых потоков, что легко проследить по векторной диаграмме и таблице, приведенными на рис. 5, *а, б*.

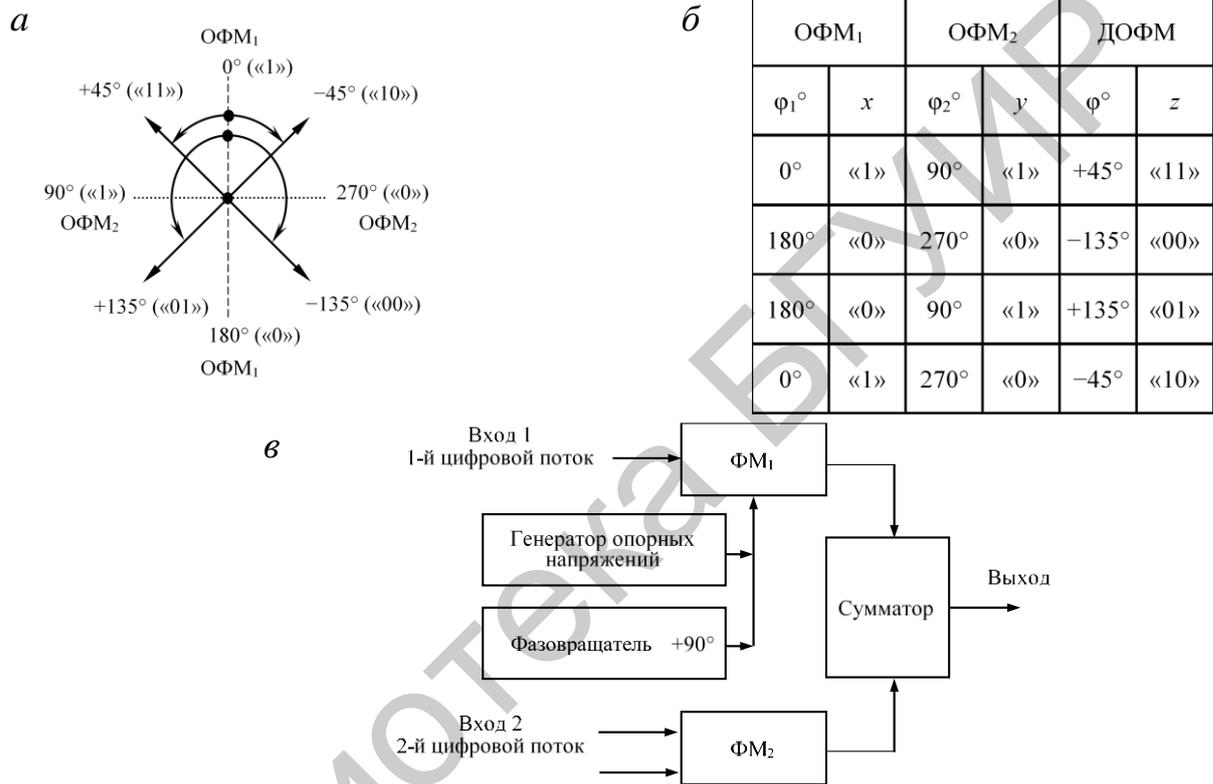


Рис. 5. Принцип ДОФМ:

*а* – векторная диаграмма; *б* – таблица; *в* – структурная схема, поясняющая принцип формирования ДОФМ-радиосигнала

## 2. ЦИФРОВАЯ РАДИОРЕЛЕЙНАЯ СТАНЦИЯ Р-429

Цифровая радиорелейная станция Р-429 (далее – ЦРРС Р-429) представляет собой сложный комплекс технических средств, требующий от экипажа специальной подготовки и знания принципов работы радиоэлектронных устройств, техники связи и принципов использования компьютеров.

Используется для построения беспроводных сетей связи прямой видимости с целью передачи цифровой информации в дуплексном режиме, для эксплуатации в стационарных и подвижных объектах (на колесной транспортной базе) без работы в движении.

### 2.1. Назначение ЦРРС Р-429

Цифровая радиорелейная станция Р-429 (ЗС008), работающая в диапазоне частот от 238 до 480 МГц, предназначена:

- для передачи цифровой информации с пропускной способностью основного потока 2048 кбит/с, при этом поддерживаются конфигурации системы «1+0» (без резерва) и «1+1» с резервированием ствола;

- для построения беспроводных сетей связи прямой видимости с целью передачи цифровой информации в дуплексном режиме;

- для эксплуатации в стационарных и подвижных объектах (на колесной транспортной базе) без работы в движении.

Р-429 имеет расширенный набор функциональных возможностей:

- автоматическое резервирование стволов по критериям достоверности (BER), уровню приема и аппаратной аварии;

- цифровой канал служебной связи с селективным вызовом;

- дополнительный цифровой канал с программно выбираемым типом интерфейса;

- низкоскоростные цифровые каналы для подключения внешних сигнальных датчиков и исполнительных устройств;

- систему телеуправления и телесигнализации радиорелейной линии;

- встроенные средства тестирования и контроля параметров оборудования;

- программу сервисного обслуживания (ПСО) для мониторинга и управления сетью РРЛ.

### 2.2. Состав ЦРРС Р-429

В состав ЦРРС Р-429 входят:

- 1) выносное оборудование в составе:

- приемопередающее устройство (ППУ);
  - антенны В и 2Б11;
  - 2) внутреннее оборудование в составе:
    - модуль доступа МД1-1Р;
    - преобразователь напряжения ПН-24/48.
    - модуль электрической защиты ПЗЛ-4;
    - персональная электронная вычислительная машина (ПЭВМ) ВМ2015;
    - комплект эксплуатационной документации (ЭД) согласно ведомости.
- Общий вид ЦРРС Р-429 представлен на рис. 6.



Рис. 6. Общий вид ЦРРС Р-429

Выносное оборудование крепится на антенно-поворотном устройстве АПУ-М телескопической мачты Р-434МТ (рис. 7).

Внутреннее оборудование находится в аппаратной Р-434А в шкафу телекоммуникационном климатическом МКД-3, расположенном по правому борту оперативного отсека.

МД1-1Р и ПН-24/48 состоят из корпусов высотой 1U, которые можно монтировать в стойку «Евромеханика19».

Все разъемы для подключения электропитания рабочих и служебных каналов находятся на передней и задней панелях модуля МД1-1Р и преобразователя напряжения ПН-24/48.

Для облегчения диагностики и обслуживания изделия в нем предусмотрено наличие светодиодных индикаторов, расположенных на передней панели.



Рис. 7. Крепление выносного оборудования Р-429 на антенно-поворотном устройстве Р-434МТ

Соединение между модулем МД1-1Р и ППУ выполняется при помощи кабеля в оплетке, по которому проходит групповой сигнал и электропитание к ППУ.

Модуль доступа МД1-1Р обеспечивает интерфейсы для информационных и вспомогательных каналов, а также выполняет обработку данных полосы частот передачи, используемой для модуляции радиоволн, излучаемых передатчиком в отсутствие сигналов контроля независимо от рабочей частоты.

ППУ выполняет модуляцию/демодуляцию сигнала промежуточной частоты и перенос спектра сигнала на рабочую частоту ЦРРС.

Передача цифровых потоков информации осуществляется следующим образом. Основной цифровой поток Е1 в коде HDB3 поступает на вход модуля доступа МД1-1Р от внешней аппаратуры, где происходит выделение из него тактовой частоты и выполняется перекодирование сигнала в код NRZ. Одновременно с этим генерируются стробирующие импульсы и производится по ним сбор данных из узлов дополнительного канала, узла телеуправления-телесигнализации, устройства служебной связи, данных контроля и управления, а также информации о статусе (исправность приемника и передатчика и их активность). Из полученных данных формируется групповой цифровой поток, в который добавляются также биты синхронизации и биты контрольной суммы –

CRC. Мультиплексирование всех данных осуществляется синхронно с основным цифровым потоком. Сформированный групповой поток преобразуется в линейный код HDB3, усиливается и поступает в ППУ через кабель снижения. В ППУ групповой цифровой сигнал, принятый из кабеля снижения, восстанавливается и усиливается. Далее из группового цифрового потока выделяется тактовая частота, поток перекодируется в код NRZ, скремблируется, кодируется помехоустойчивым кодом и из него формируется модулированный сигнал промежуточной частоты, который подается на передатчик ППУ. В передатчике сигнал переносится на рабочую частоту передачи, усиливается и через фильтр подается в антенну и затем излучается в эфир.

Прием цифровых потоков осуществляется следующим образом. Радиосигнал, принятый антенной на рабочей частоте приема, поступает на приемник ППУ. В приемнике СВЧ-сигнал усиливается, переносится на промежуточную частоту, демодулируется и из него выделяется тактовая частота. Затем сигнал декодируется с исправлением ошибок и формируется цифровой групповой поток (идентичный потоку, переданному со стороны МД1-1Р) в коде HDB3. Затем принятый групповой цифровой поток усиливается и поступает в МД1-1Р через кабель снижения. В МД1-1Р групповые цифровые потоки усиливаются, восстанавливается их форма, происходит демультиплексирование и восстановление тактовой частоты, перекодировка в код NRZ, выполняется захват и удержание цикловой и сверхцикловой синхронизаций, необходимых для правильного разделения данных группового потока. Далее в МД1-1Р групповой поток разделяется по цикловым и сверхцикловым синхроимпульсам на данные дополнительных каналов и данные основного цифрового потока, а также синтезируется тактовая частота, соответствующая исходной скорости основного цифрового потока. Затем производится побитовое выравнивание основных цифровых потоков стволов для обеспечения безобрывного переключения на резерв и основной цифровой поток в коде HDB3 подается на выход модуля МД1-1Р.

Выносное оборудование использует технику дуплексной передачи и приема с временным разделением каналов. Вид модуляции/демодуляции – QPSK. Настройка приемопередатчика осуществляется через системный контроллер с использованием программных команд. Частоты передачи ( $T_x$ ) и приема ( $R_x$ ) взаимосвязаны через значение частотного преобразования: любое изменение частоты  $T_x$  ( $R_x$ ) автоматически влечет за собой изменение частоты  $R_x$  ( $T_x$ ) в соответствии с преобразователем в приемопередающих устройствах.

Внешний вид лицевой панели модуля доступа МД1-1Р представлен на рис. 8.

В модуле доступа МД1-1Р на передней панели для передачи потока Е1

имеется разъем E1. Возле разъема размещен индикатор, на котором отображается наличие цифрового сигнала (ЦС) на входе (свечение светодиода показывает наличие ЦС). Сигналы LOS и AIS отображаются в параметрах станции в ПСО. Также в ПСО для локализации места неисправности предусмотрена организация шлейфов.

Через разъем ETHERNET осуществляются передача и прием трафика канала Ethernet. Соответственно, возле разъема имеются два индикатора: ПРМ и ПРД. Режим работы задается при помощи ПСО.

Через разъемы RS-232, RS-422/RS-485 на передней панели МД1-1Р осуществляется передача данных дополнительного канала, тип интерфейса задается программно через ПСО.

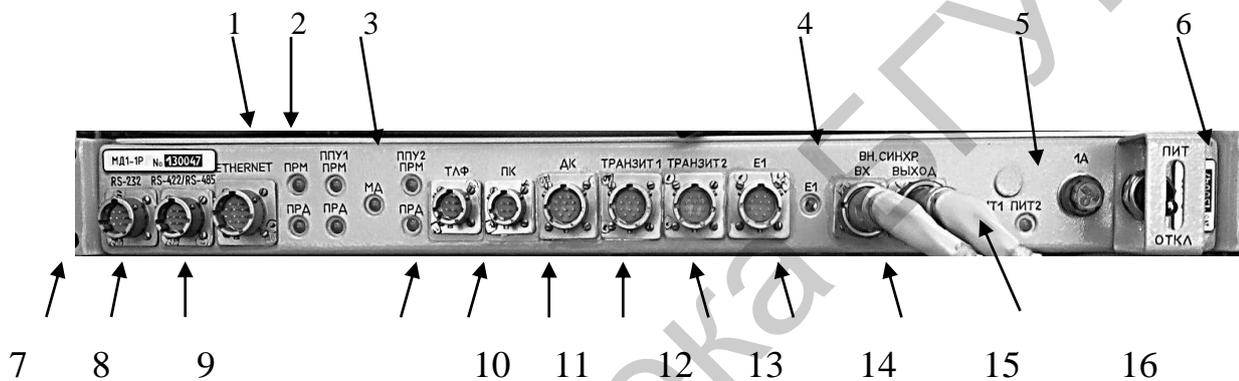


Рис. 8. Внешний вид лицевой панели МД1-1Р:

- 1 – индикаторы ПРМ и ПРД ETHERNET; 2 – индикаторы ПРМ и ПРД ППУ1;
- 3 – индикаторы ПРМ и ПРД ППУ2; 4 – индикатор E1; 5 – индикаторы ПИТ1 и ПИТ2; 6 – тумблер ПИТ; 7 – разъем RS-232; 8 – разъем RS-422/RS-485;
- 9 – разъем ETHERNET; 10 – разъем ТЛФ; 11 – разъем ПК; 12 – разъем ДК;
- 13 – разъем ТРАНЗИТ1; 14 – разъем ТРАНЗИТ2; 15 – разъем E1;
- 16 – разъем ВН. СИНХР. ВХ; 17 – разъем ВН. СИНХР. ВХ

Для использования служебной связи в сети РРЛ должна быть проведена процедура маршрутизации, телефонные аппараты должны быть подключены к разъему ТЛФ МД1-1Р. Номер абонента состоит из трех цифр. Телефонный номер изделия соответствует его сетевому адресу. Для вызова удаленного абонента необходимо снять трубку и набрать соответствующий номер.

Для передачи сигналов телеметрии и служебной связи на промежуточной релейной станции и узловой релейной станции необходимо использовать порты транзита, расположенные на лицевой панели МД1-1Р. Порты ТРАНЗИТ1 и

ТРАНЗИТ2 имеют равный приоритет. Соединять модули доступа в ПРС и УРС допустимо по любому из портов, но при этом необходимо установить строгое соответствие конфигурации оборудования в графическом редакторе ПСО реальному соединению станций сети.

Для обеспечения синхронности выхода в радиоканал в режиме временного дуплекса ППУ различных комплектов изделия необходимо использовать порты внешней синхронизации ВН. СИНХР. ВХ/ВЫХ, расположенные на передней панели МД1-1Р. Соединять модули доступа необходимо с помощью соответствующего жгута из состава комплекта принадлежностей следующим образом: разъем ВН. СИНХР. ВХ одного модуля доступа с разъемом ВН. СИНХР. ВЫХ другого.

Для работы модуля доступа МД1-1Р необходимо подключить к разъему ПК на передней панели компьютер с загруженным в него ПСО.

**Приемопередающее устройство** конструктивно выполнено в металлическом корпусе прямоугольной формы, в котором размещены все функциональные узлы. Высокочастотным интерфейсом ППУ является коаксиальный разъем («гнездо»), к которому подключается коаксиальный кабель для соединения с антенной. Для подключения кабеля снижения служит пятиконтактный разъем («вилка»). Входным и исходящим информационным сигналом для ППУ со стороны МД является цифровой поток в коде HDB3.

**Антенна В** представляет собой антенную решетку из четырех Z-образных излучателей, расположенных перед плоским экраном, и имеет вертикальную поляризацию излучаемых волн.

Антенна состоит из четырех излучателей, делителя мощности и рефлектора. Излучатель выполнен из алюминиевой трубки диаметром 12 мм. Конструкция излучателя усилена стальной трубкой внутри лучей излучателя. Внутри излучателя проложен кабель РК75-4-11. Делитель выполнен на коаксиальных линиях в алюминиевой трубе 40×2,5 мм. Делитель крепится на несущей стальной трубе 40×1,5 мм, являющейся частью конструкции рефлектора. Рефлектор образован рамкой из стального оцинкованного уголка 20×20 мм, заполненной стальной оцинкованной сеткой 24×48 мм. Антенна фиксируется на кронштейне, который устанавливается при помощи скоб на опоре. Данное крепление обеспечивает установку антенны в горизонтальной или вертикальной поляризации. Смена поляризации осуществляется поворотом антенны на 90° относительно кронштейна.

Использование преобразователя напряжения ПН-24/48, выбор типа антенны, количества устройств приемопередающих, модулей электрической защиты ПЗЛ-4 и наличие машины вычислительной электронной персональной ВМ2015 определяются вариантом исполнения в соответствии с табл. 1.

Таблица 1

## Варианты исполнения

Наименование оборудования	Варианты исполнения														
	ЕИРВ.464415.014														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
Выносное оборудование															
Антенна В (1)	+		+		+		+		+		+		+		
Антенна В (2)	+				+				+				+		
Антенна 2Б11 (1)		+		+		+		+		+		+			
Антенна 2Б11 (2)				+				+				+			
Устройство приемопередающее (1)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Устройство приемопередающее (2)	+			+	+			+	+			+	+		
Внутреннее оборудование															
Модуль доступа МД1-1Р	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Преобразователь напряжения ПН-24/48	+	+						+	+	+	+				
Модуль электрической защиты ПЗЛ-4 (1)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Модуль электрической защиты ПЗЛ-4 (2)	+			+	+				+	+			+	+	
Машина вычислительная электронная персональная															+

Устройство ЦРРС Р-429 приведено на рис. 9.

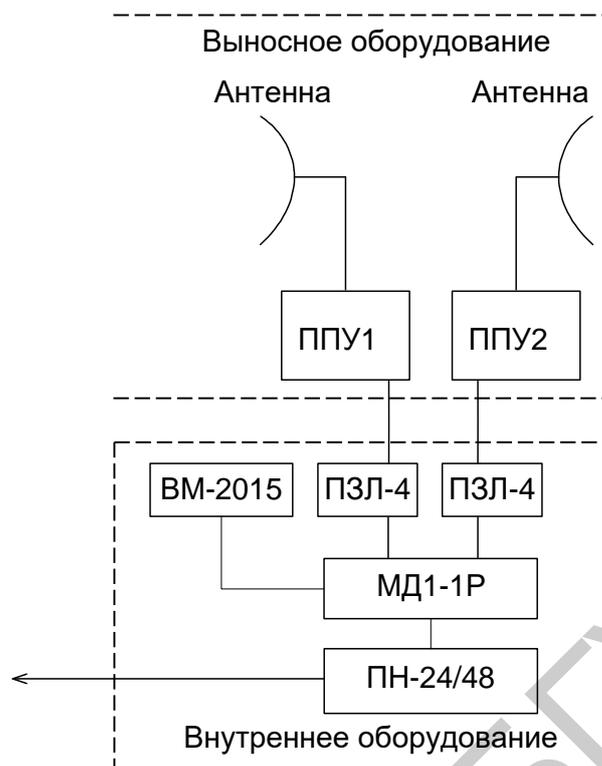


Рис. 9. Устройство ЦРРС Р-429

ЦРРС Р-429 конструктивно состоит из внешнего оборудования (приемопередающего устройства и антенны), устанавливаемого на мачте или высотных сооружениях на улице, а также внутреннего оборудования (модуля доступа МД1-1Р, преобразователя напряжения ПН-24/48, модуля электрической защиты ПЗЛ-4 и машины вычислительной электронной персональной ВМ2015), устанавливаемого внутри помещения или мобильного объекта. Оборудование изделия поддерживает конфигурации системы «1+0» и «1+1». При конфигурации системы «1+0» изделие включает в себя модуль доступа МД1-1Р (далее по тексту МД1-1Р), соединенный с одним устройством приемопередающим через модуль электрической защиты ПЗЛ-4 кабелем снижения (кабель П-296), который в свою очередь соединен с антенной высокочастотным кабелем. При конфигурации системы «1+1» изделие включает в себя один МД1-1Р, соединенный с двумя ППУ через два ПЗЛ-4 двумя кабелями снижения. Каждый ППУ напрямую соединен с антенной.

Конфигурация системы «1+1» предполагает наличие главной линии передачи данных, работающей в обычном режиме и резервную линию связи, на которую переключается система в случае повреждений. Контроллер модуля доступа МД1-1Р следит за качеством функционирования изделия и переключает на резервную схему работы в случае обнаружения повреждения.

Контроль команд и настройка режима работы осуществляется через ПСО «МАСТЕР» v.3.xlink ЖНКЮ.02001-01. ПСО «МАСТЕР», установленная на подключенном к МД1-1Р компьютере, работает под ОС Windows и обеспечива-

ет мониторинг сети РРЛ. ПСО осуществляет непрерывный дистанционный контроль параметров всех РРС сети, ведет сбор и накопление статистики, позволяет дистанционно управлять режимами работы РРС, контролировать состояние датчиков и управлять исполнительными устройствами внешних систем. Допускается организация более одного центра управления на сети РРЛ.

### 2.3. Тактико-технические характеристики ЦРРС Р-429

Основные технические характеристики ЦРРС Р-429 приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные технические характеристики ЦРРС Р-429

Название параметра	Значение
Диапазон рабочих частот, МГц	От 238 до 480
Разделение трактов передачи и приема	Временной дуплекс
Вид модуляции/демодуляции	QPSK
Конфигурация системы	«1+0», «1+1»
Скорость основных цифровых потоков, кбит/с	256, 512, 1024, 2048
Автоматическое резервирование по критериям	BER, $P_{ВХ}$ , LOS, AIS
Служебная связь	По цифровому каналу с селективным вызовом
<b>Мониторинг и управление</b>	
Локальный контроль и управление	На уровне станции
Удаленный контроль и управление	На уровне сети радиорелейных линий произвольной топологии
Частота для перестройки приемника и передатчика, МГц	От 238 до 480
Напряжение питания от источника постоянного тока, В	От +21 до +29,7
<b>Мощность, потребляемая от источника постоянного тока</b>	
Выносное оборудование: – при конфигурации «1+0», не более, Вт – при конфигурации «1+1», не более, Вт	50 100
Внутреннее оборудование при конфигурации «1+0» и «1+1», не более, Вт	40
Максимальная длина кабеля снижения, не более, м	500

## 2.4. Принцип работы ЦРРС Р-429

**Модуль доступа МД1-1Р** (далее по тексту МД1-1Р) предназначен для работы в составе цифровой радиорелейной станции для организации цифровых линий связи при организации внутрizonовых линий связи.

Модуль МД1-1Р обеспечивает построение цифровых радиорелейных линий связи с конфигурациями «1+0», «1+1» с дополнительным универсальным последовательным интерфейсом. Канал передачи данных УПИ поддерживает интерфейсы RS-232, RS-422 либо RS-485; скорость передачи составляет от 110 бит/с до 57,6 кбит/с.

МД1-1Р позволяет организовать передачу трафика:

- потока E1G.703 (2048 Мбит/с), полностью либо частично;
- канала Ethernet IEEE 802.3 10BASE-T/100BASE-TX со скоростью до 2 Мбит/с;
- дополнительного канала 9,6 кбит/с (RS-232, RS-422, RS-485);

**МД1-1Р обеспечивает:**

- подключение двух приемопередающих устройств к одному МД1-1Р с полноценной системой резервирования. Автоматическое безобрывное резервирование и выбор лучшего ствола по критериям достоверности и аппаратной исправности (при конфигурации «1+1»);
- формирование импульсов синхронизации для корректной работы ППУ в режиме временного дуплекса, в режиме «ведущий» либо использование внешнего источника синхронизации в режиме «ведомый»;
- измерение коэффициента ошибок на интервале связи независимо по направлениям;
- питание, измерение параметров и управление приемопередатчиками;
- формирование аварийного сигнала для внешних устройств оповещения;
- функционирование дистанционной системы телеуправления и телесигнализации (ТУТС) радиорелейной линии произвольной топологии под управлением ПСО;
- управление пропускной способностью канала E1/Ethernet (2048, 1024, 512, 256 кбит/с).
- транзит данных телеметрии и служебной связи на ПРС (без применения интерфейсных окончаний) и УРС без применения дополнительного внешнего коммутатора (до трех станций);
- дополнительные низкоскоростные цифровые каналы для подключения систем внешней сигнализации и управления внешними устройствами (4 канала);

- цифровой канал служебной связи с адресным вызовом (с использованием двухпроводного окончания);
- автоматическую диагностику неисправностей в системе;
- резервирование первичного питания;
- передачу данных и питания ППУ по одному кабелю.

При подключении к сети РРЛ управляющего компьютера возможен полнофункциональный мониторинг и управление всеми станциями сети.

***МД1-1Р проводит измерение:***

- сигналов AIS;
- сигналов LOS;
- уровня ПЧ1 ППУ;
- уровня ПЧ2;
- коэффициента ошибок BER за 1 с, за 15 мин отдельно по стволам;
- ошибок ES, SES, UAS, ESR, SESR рабочего ствола;
- количества отданных, принятых и сбойных пакетов «Ethernet»;
- уровня мощности на выходе ППУ;
- уровня детекторов умножителей приемника и передатчика;
- захвата синтезаторов: приемника, передатчика, шлейфа СВЧ, внутренних синтезаторов модема;
- уровня ЦС на входе ППУ со стороны МД1-1Р;
- уровня ЦС на входе МД1-1Р со стороны ППУ;
- исправности канала телеметрии МД-ППУ;
- температуры ППУ и МД1-1Р;
- значения напряжения источников питания ППУ.

***МД1-1Р управляет:***

- выделенными полосами частот для передачи данных по кабелю между ППУ и МД1-1Р;
- числом передаваемых каналов тональной частоты (КТЧ);
- дополнительным каналом;
- каналом ETHERNET;
- локальными и удаленными шлейфами;
- источником питания.

Качество передачи контролируется с помощью встроенной функции измерения коэффициента битовых ошибок (BER) при помощи процедуры CRC.

Шлейфы дальнего и ближнего концов могут использоваться для тестирования и локализации неисправностей.

Управление модулем и его мониторинг осуществляются только при помощи ПК с установленным на нем ПСО «МАСТЕР».

Основные технические характеристики МД1-1Р приведены в табл. 3. Назначение индикаторных светодиодов МД1-1Р приведено в табл. 4.

Таблица 3

Основные технические характеристики МД1-1Р

Наименование параметра	Значение
Конфигурация системы: – одноствольная без резерва – двухствольная с резервом	«1+0» «1+1»
Полоса звуковых частот, кГц	От 0,3 до 3,4
Неравномерность в полосе частот цифрового канала служебной связи, дБ	От –2 до 1
Отношение сигнала к уровню психофизических шумов в цифровом канале служебной связи, дБ	Не менее 35
Набор номера абонента служебной связи	С клавиатуры телефонного аппарата с тональным набором
Напряжение питания от источника постоянного тока, В	От –39 до –72
Мощность, потребляемая от источника постоянного тока, Вт	Не более 8
Рабочий диапазон температур, °С	От –10 до +40
Масса, кг	Не более 6

Таблица 4

Назначение индикаторных светодиодов МД1-1Р

Индикатор	Назначение	Цвет свечения			Примечание
		зеленый	оранжевый	красный	
1	2	3	4	5	6
ПИТ1, ПИТ2	Наличие напряжения первичной сети на разъеме	Все в норме	–	На разъеме присутствует напряжение обратной полярности	При свечении светодиода красного цвета необходимо сделать переплюсовку
АВА-РИЯ	Наличие напряжения вторичной сети питания	Все в норме	–	Неисправность вторичного источника электропитания	Заменить МД1-1Р

1	2	3	4	5	6
ППУ1 ПРМ	Прием цифрового потока осуществляется по 1-му стволу	Все параметры приемника ППУ1 в норме	Умеренная авария. Выход параметра ППУ за допустимые пределы: – прием ППУ AIS из радиоканала; – превышение порога BER радиоканала (BER – 1с, BER – 15 мин уровня $10^{-6}$ ); – уровень ЦС от ППУ на входе МД1-1Р вне допустимых пределов; – нет захвата синтезатора приемника; – напряжение детектора умножителя приемника; – коэффициент стоячей волны (КСВ) приемника превышает пределы	Критичная авария. Выход параметра ППУ за допустимые пределы: – ПЧ1 (вне порога); – ПЧ2 (вне порога); – передача AIS в кабель снижения	1. Возможно одновременное свечение красным цветом светодиодов 1 и 2 ствола ПРМ в режиме автоматического резервирования в условии плохого канала связи. 2. Одновременное мигание светодиодов текущего цвета активного ПРМ и ПРД означает: – напряжение одного из вторичных источников питания ППУ не в норме; – температура ППУ превышает пределы. 3. Одновременное мигание красных светодиодов активного ствола ПРМ и ПРД означает: КЗ в кабеле снижения
ППУ2 ПРМ	Прием потока осуществляется по 2-му стволу	Все параметры приемника ППУ2 в норме			

1	2	3	4	5	6
ППУ1 ПРД	Передача цифрового потока осуществляется по 1-му стволу	Все параметры передатчика ППУ1 в норме	Уровень мощности передатчика выходит за допустимые пределы.	Критичная авария. Выход параметра ППУ за допустимые пределы:	–
ППУ2 ПРД	Передача цифрового потока осуществляется по 2-му стволу	Все параметры передатчика ППУ2 в норме	Нет захвата синтезатора передатчика. Напряжение детектора умножителя передатчика выходит за допустимые пределы	уровень ЦС от МД1-1Р на входе ППУ вне допустимых пределов (передача ППУ AIS в радиоканал)	–
МД	Чип-микросхема МД1-1Р в исправном состоянии	Все параметры МД1-1Р в норме	Умеренная авария. Выход параметра МД1-1Р за допустимые пределы: прием AIS по входу ЦС E1	Критичная авария. Выход параметра ППУ за допустимые пределы: – LOS отсутствие ЦС на входе E1; – LOS отсутствие ЦС на входе БС-01 со стороны активного приемного ППУ; – прием AIS от ППУ по активному стволу; – температура модуля превышает допустимые пределы	–
ETHERNET ПРД	Передача пакетов Ethernet	Передача пакета Ethernet, не содержащего ошибку	–	Передача пакета Ethernet, содержащего ошибку	Отсутствие свечения обоих светодиодов: нет сигнала от ООД

1	2	3	4	5	6
ETHERNET ПРМ	Прием пакетов Ethernet	Прием пакета Ethernet, не содержащего ошибку	–	Прием пакета Ethernet, содержащего ошибку	Достоверность переданного пакета проверяется по критерию CRC
E1	Индикатор на разъемах портов E1	На входе присутствует ЦС	–	–	–

Конструктивно модуль доступа МД1-1Р выполнен в виде корпуса со съемными блоками интерфейсов, которые можно заменить или установить.

**В состав МД1-1Р входят следующие блоки:**

- БМУ-01 – блок мультиплексирования и управления;
- БС-01 – блок сопряжения с ППУ;
- БП-01 – блок питания;
- БИ-ЕТН – блок интерфейса Ethernet, который осуществляет передачу трафика ETHERNET IEEE 802.3 10BASE-T/100BASE-TX;
- БИ-RS – блок интерфейса, который поддерживает интерфейсы RS-232, RS-422 либо RS-485. Скорость передачи составляет от 110 бит/с до 57,6 кбит/с.

**Работа модуля доступа МД1-1Р**

Структурная схема модуля первого уровня МД1-1Р приведена на рис. 10.

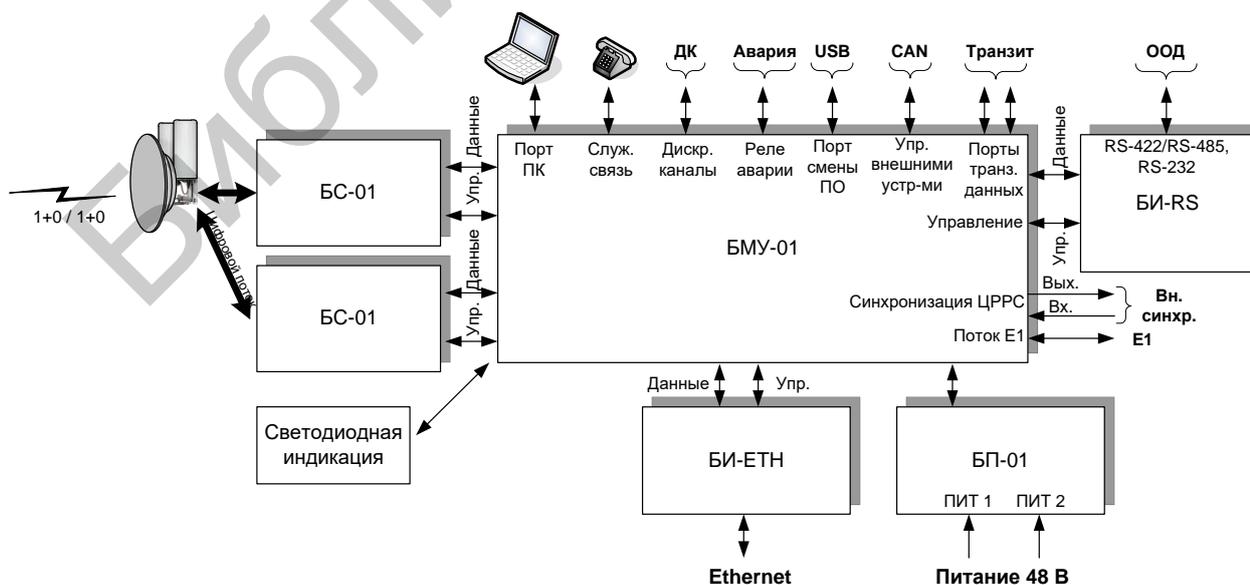


Рис. 10. Структурная схема МД1-1Р

Блок мультиплексирования и управления БМУ-01 осуществляет:

1) мультиплексирование (объединение) и демultipлексирование (разделение) цифрового потока (E1 или Ethernet) и дополнительных каналов передачи данных, канала служебной связи, канала телеуправления и телесигнализации (ТУТС), канала контроля качества передачи, дискретных каналов передачи данных, а также служебной информации. Формирование пакетов для передачи в режиме временного дуплекса. Управление и контроль РРС;

2) переключение числа передаваемых каналов тональной частоты (ТЧ) (64 кбит/с) потока E1 (30/15/8/4) либо скорости передачи данных Ethernet (в режиме передачи Ethernet);

3) переключение источника синхронизации сети (внутренняя / внешняя / радиоканал);

4) вычисление циклического избыточного кода (CRC), сравнение с принятым значением кода, формирование сигнала битовой ошибки и передачу его в узел резервирования для дальнейшей обработки и оценки достоверности передачи по стволу;

5) функции телеуправления и телесигнализации линии:

- идентификация (присвоение адреса) изделия;
- получение по специальному протоколу таблицы маршрутизации и ее энергонезависимое хранение;

- обработка входящих потоков информации от транзитных портов, радиоканала и процедура маршрутизации сообщений;

- взаимодействие с узлом управления и сигнализации для выполнения команд телеуправления и осуществления телесигнализации;

- обработка (прием и передача) данных дискретных каналов;

- обработка и передача сигналов о качестве передачи по радиоканалу;

6) функции управления, контроля и сигнализации:

- обработка команд телеуправления ППУ;

- контроль параметров радиорелейной станции (РРС);

- сбор информации об узлах, входящих в состав РРС;

- управление устройствами, входящими в состав РРС;

- установка режимов резервирования;

7) временное выравнивание цифровых потоков и коммутацию принимаемого ЦС между основным и резервным стволом;

8) функцию служебной связи, предназначенную для голосовой связи между обслуживающим персоналом радиорелейных станций по схеме точка-точка при помощи двухпроводного интерфейса;

9) управление внешними устройствами посредством шины CAN.

Блок сопряжения БС-01 осуществляет:

- 1) объединение и разделение цифрового потока и напряжения питания ППУ для передачи всех сигналов по одному кабелю;
- 2) регенерацию и восстановление входного сигнала (эквалайзирование) и тактовой частоты от ППУ;
- 3) измерение входного сигнала, поступающего от ППУ;
- 4) защиту от короткого замыкания по питанию в кабеле снижения;
- 5) фильтрацию помех.

Блок последовательного интерфейса БИ-RS предназначен для организации каналов передачи данных с интерфейсами RS-232, RS-422, RS-485 со скоростью передачи 9,6 кбит/с, тип интерфейса задается программно через ПСО.

Блок интерфейса Ethernet БИ-ETH обеспечивает передачу данных Ethernet со скоростью от 256 кбит/с до 2 Мбит/с, обработку пакетов, передачу данных в коде NRZ на плату БМУ-01.

Интерфейсы RS-232 и RS-422 работают в стандартном режиме и не требуют детального описания.

Работа с интерфейсом RS-485 показана на рис. 11.

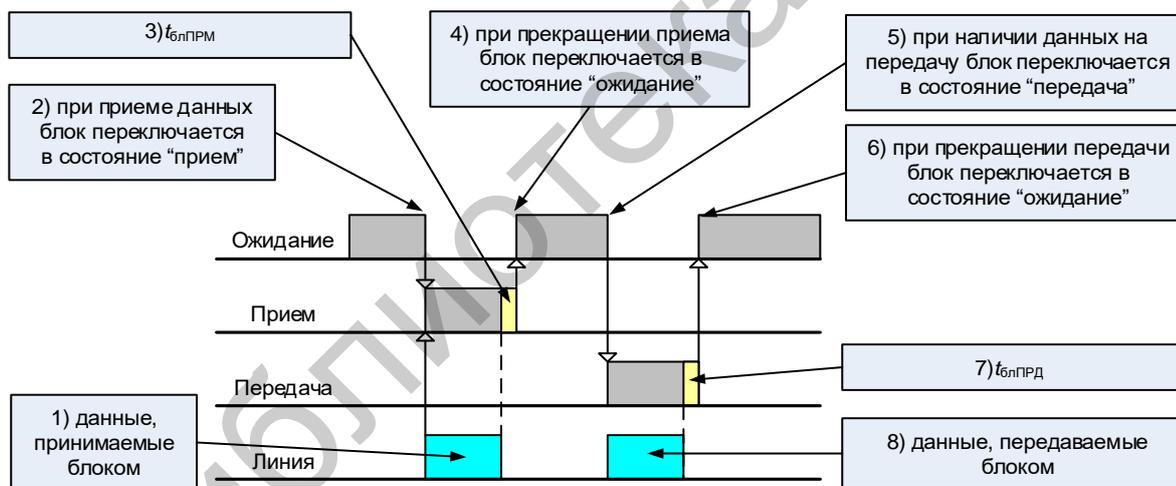


Рис. 11. Работа блока в режиме интерфейса RS-485

Исходное состояние блока при работе с интерфейсом RS-485 – «ожидание». При поступлении данных на прием (под приемом понимается передача данных от аппаратуры пользователя в порт блока БИ-RS) блок переключается в состояние «прием». Возвращение в состояние «ожидание» происходит через время, установленное параметром « $t_{блПРМ}$ ».

Параметр « $t_{блПРД}$ » устанавливает время, в течение которого блок при прекращении передачи будет находиться в состоянии «передача» до переключения в состояние «ожидание».

Если в буфере есть данные на передачу, то интерфейс из состояния «ожидание» переключается в состояние «передача».

Для обнаружения коллизий существует параметр «Режим передачи». Если его значение установлено «С проверкой», то при передаче интерфейс включает приемник и производит проверку данных, и если возникает ошибка, переключается в состояние «прием».

Параметры « $t_{\text{блПРД}}$ », « $t_{\text{блПРМ}}$ », «Режим передачи» устанавливаются при помощи ПСО.

Для использования служебной связи в сети РРЛ должна быть проведена процедура маршрутизации, телефонные аппараты должны быть подключены к разъему ТЛФ МД1-1Р.

Номер абонента состоит из трех цифр. Телефонный номер изделия соответствует ее сетевому адресу. Для вызова удаленного абонента необходимо снять трубку и набрать соответствующий номер, состоящий из трех цифр.

Пример. Необходимо соединиться со станцией с адресом «5». Ей соответствует телефонный номер «005». Набирать нужно именно номер «005». Номера «5», «05», «0005» будут игнорироваться.

Для передачи сигналов телеметрии и служебной связи на промежуточной релейной станции и узловой релейной станции необходимо использовать порты транзита, расположенные на лицевой панели МД1-1Р. Порты ТРАНЗИТ1 и ТРАНЗИТ2 имеют равный приоритет. Соединять модули доступа в ПРС и УРС допустимо по любому из портов, но при этом необходимо установить строгое соответствие конфигурации оборудования в графическом редакторе ПСО реальному соединению станций сети.

Для обеспечения синхронности выхода в радиоканал в режиме временного дуплекса ППУ различных комплектов изделия необходимо использовать порты внешней синхронизации ВН. СИНХР. ВХ/ВЫХ, расположенные на передней панели МД1-1Р. Соединять модули доступа необходимо с помощью соответствующего жгута из состава комплекта принадлежностей ЕИРВ.464944.016 следующим образом: разъем ВН. СИНХР. ВХ одного модуля доступа с разъемом ВН. СИНХР. ВЫХ другого.

Организация служебной связи с адресным вызовом осуществляется подключением аппарата телефонного «МТА-201» ФЮКБ.465484.001 ТУ (далее по тексту – телефонный аппарат), входящего в комплект принадлежностей ЕИРВ.464944.016 изделия, к разъему ТЛФ модуля доступа и набором трехзначного номера абонента.

Телефонный аппарат выпускается в моноблочном портативном исполнении и предназначен для эксплуатации в условиях повышенного шума окружа-

ющей среды на линиях с номинальным напряжением от 24 до 72 В.

Телефонный аппарат имеет следующие характеристики:

- набор номера в тоновом режиме;
- перевод в режим набора номера в тоновом режиме посредством нажатия кнопки «\*»;
- при нажатии кнопки «#» в тоновом режиме набора номера осуществляется передача кода «#»;
- звуковая и световая индикация входящего вызова;
- световая индикация занятия линии;
- сила постоянного тока, потребляемая в режиме ожидания вызова – не более 0,2 мА;
- модуль входного электрического сопротивления в режиме вызова на частоте 25 Гц – от 4 до 20 кОм;
- сопротивление постоянному току в режиме разговора – не более 500 Ом;
- рабочая температура при эксплуатации – от –25 до +40 °С;
- входная цепь телефонного аппарата содержит элементы грозозащиты;
- масса – не более 0,4 кг.

Для работы модуля доступа МД1-1Р необходимо подключить к разъему ПК на передней панели компьютер с загруженным в него ПСО. МД1-1Р работает следующим образом. При включении тумблера ПИТ-ОТКЛ на передней панели МД1-1Р в положение ПИТ вторичное электропитание поступает на все блоки модуля доступа МД1-1Р. В течение 8 с происходит загрузка ПО всех блоков изделия. Узел мультиплексирования цифровых потоков блока БМУ-01 принимает цифровой сигнал от соответствующего интерфейса (E1 или Ethernet), выполняет преобразование потока в код NRZ. Одновременно происходит сбор данных дополнительного канала, канала ТУТС и канала цифровой связи. Формируется групповой пакет данных, в который также добавляются информация о цикловой и сверхцикловой синхронизации, данные CRC. Полученный пакет передается в блок БС-01, где ему придается форма, пригодная для передачи по дифференциальной линии, затем, усиленный драйвером соответствующего ствола, пройдя через схему сопряжения, поступает в кабель, соединяющий МД1-1Р и ППУ.

Сигналы, приходящие от ППУ1 и ППУ2, поступают в БС-01, восстанавливают форму цифровых сигналов. В этом же блоке происходит выделение тактовой частоты и перекодировка сигнала в код NRZ.

Далее сигнал поступает на узел демultipлексирования блока БМУ-01, который выполняет прием и идентификацию заголовка пакета, необходимую

для правильного разделения данных. На основании заголовка узел распределяет принятые данные в дополнительные каналы, узлы ТУТС и канал служебной связи. В случае стыка Е1 поток кодируется линейным кодом HDB-3 и затем подается на выход модуля МД1-1Р. В случае интерфейса Ethernet (БИ-ЕТН) специализированная схема восстанавливает кадры Ethernet, которые затем поступают на выход модуля МД1-1Р.

В процессе приема данных демультимплексором блока БМУ-01 непрерывно происходит проверка соответствия принятых значений CRC с вычисленными, позволяющая выделять наличие битовых ошибок, возникших в радиоканале.

Параллельно выполняется сбор данных о состоянии и режимах работы ППУ1 и ППУ2 (если имеется). Вся информация по запросу пользователя выводится в ПСО. При управлении ППУ узел контроля и управления формирует команды управления и передает их соответствующему ППУ.

Опция «Управление дискретными каналами» ПСО позволяет считывать значения четырех каналов сигнализации любой станции и устанавливать в произвольные состояния значения четырех управляющих каналов, а также записывать значения «по умолчанию» выходов управляющих каналов. Также возможна передача дискретных каналов со входа локальной станции на выход удаленной станции.

Контроль достоверности передачи данных осуществляется следующим образом. При передаче основного потока узел мультиплексирования блока БМУ-01 формирует контрольную сумму и передает ее в одном из служебных каналов. На приемной стороне узел демультимплексирования заново подсчитывает контрольную сумму и сравнивает ее с принятой. В случае несовпадения контрольных сумм на узел управления и сигнализации передается сигнал ошибки.

На основе полученной информации о битовых ошибках работают алгоритмы резервирования по критерию достоверности передачи. Результатом работы этих алгоритмов является решение о переключении узла резервирования на прием из соответствующего ствола.

Для локализации аварийных участков в цифровом тракте изделия предусмотрена возможность обнаружения аварий цифрового потока, о которых сообщается узлу контроля и управления блока БМУ-01, откуда впоследствии передается информация в ПСО. Наличие аварии может быть сигнализировано на внешнем устройстве через разъем АВАРИЯ, расположенный на задней панели корпуса МД1-1Р и представляющий собой нормально замкнутые и нормально разомкнутые контакты реле.

При построении сети РРЛ каждой станции сети необходимо присвоить

уникальный адрес. Адрес станции состоит из числа от 1 до 254. Использование двух одинаковых адресов в одной сети недопустимо.

При помощи ПСО осуществляется контроль за основными параметрами изделия, а также управление изделием как локально, так и удаленно:

1) телеметрия:

а) «Связь с ППУ» – контролирует связь ППУ и МД1-1Р по каналу телеметрии в процентах, измеряется для каждого ствола отдельно; отсутствие связи означает, что ППУ неуправляемо;

б) «ЦС МД» – уровень цифрового сигнала, измеряемый в МД1-1Р по приему от ППУ, измеряется для каждого ствола отдельно;

в) «КЗ кабель» – состояние электронной защиты от короткого замыкания в кабеле снижения (кабель, соединяющий МД1-1Р и ППУ);

г) «Температура» – температура внутри модуля МД1-1Р;

д) «Приемный ствол» – ствол, по которому осуществляется прием данных из радиоканала, в режиме автоматического управления может не совпадать с устанавливаемым в «Управлении» приемным стволом;

2) управление:

а) шлейфование:

– «Шлейф общ»;

– «Шлейф E1forward»;

– «Шлейф E1back»;

б) резервирование:

– «Автоматическое/ручное» – при ручном управлении приемный ствол устанавливается принудительно, в автоматическом режиме приемный ствол устанавливается системой резервирования автоматически исходя из критерия наименьшего количества ошибок;

– «Приемный ствол» – выбор приемного рабочего ствола;

– «Режим работы» – при конфигурации системы «1+1» режим работы резервирования может быть как «горячим», когда ППУ 1-го и 2-го ствола работают на одинаковых частотах, модуляторы 1-го и 2-го ствола всегда включены, переход на резервный ствол происходит без перерыва связи и ошибок, так и «теплым», когда ППУ 1-го и 2-го ствола работают на одинаковых частотах, модулятор резервного ствола всегда выключен, переход на резервный ствол происходит с задержкой, задаваемой с шагом 100 мс, а также временем готовности работы ППУ в режиме передачи после включения модулятора;

в) при конфигурации системы «1+0» отсутствует резервирование данных, передача данных осуществляется по одному (первому) стволу, второй ствол отсутствует;

г) «Питание ППУ» – включение/выключение питания ППУ;

д) «Дискретные каналы» – позволяет наблюдать за состоянием входов ДК, устанавливая состояние выходов ДК в случае управления с ПСО или назначать режим вывода ДК.

Переключение режима передачи (количество каналов ТЧ) осуществляется в ПСО.

**Преобразователь напряжения ПН-24/48** (далее по тексту ПН) используется при работе в мобильном объекте для преобразования напряжения питания от источника постоянного тока +27 В в напряжение питания –60 В, необходимое для питания устройства изделия Р-429 (ЗС008).

ПН состоит из корпуса, преобразователя напряжения DC-DC и фильтра питания ФП1.

Основные технические характеристики преобразователя напряжения ПН-24/48 приведены в табл. 5.

Таблица 5

Основные технические характеристики преобразователя напряжения ПН-24/48

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания от источника постоянного тока, В	От +21 до +29,7
Выходное напряжение питания, В	От –59,5 до –60,5
Максимальный выходной ток, А	2
Рабочий диапазон температур, °С	От –10 до +40
Масса, кг	Не более 6,5

На передней панели корпуса ПН расположены:

– разъем питания «27 В» для подключения внешней сети постоянного тока с напряжением 27 В;

– выключатель сетевого питания «СЕТЬ-ОТКЛ»;

– светодиодный индикатор (зеленый) «СЕТЬ», показывает подачу напряжения питания;

– светодиодный индикатор (зеленый) «–60 В», показывает наличие выходного напряжения питания, необходимого для питания модуля доступа МД1-1Р;

– светодиодный индикатор (красный) «АВАРИЯ», показывает аварийное состояние ПН.

На задней панели корпуса расположены разъемы:

– «АВАРИЯ» – для подключения внешних устройств, сигнализирующих аварию ПН;

– «60 В» – для подключения кабеля питания от ПН к модулю доступа МД1-1Р.

Преобразователь напряжения ПН-24/48 обеспечивает световую индикацию наличия сетевого напряжения, выходного напряжения и аварийного состояния.

**Устройство приемопередающее** выполняет следующие функции:

– преобразование промежуточной частоты, усиление сигнала в трактах приема и передачи;

– модуляцию и демодуляцию СВЧ-сигнала;

– регенерацию, скремблирование и кодирование цифрового потока;

– фильтрацию внеполосного излучения в тракте передачи и подавление побочных каналов приема;

– объединение трактов приема и передачи в общий антенный интерфейс.

Технические характеристики ППУ приведены в табл. 6.

Таблица 6

Технические характеристики ППУ

Наименование параметра	Значение
1	2
Частота для перестройки приемника и передатчика, МГц	От 238 до 480
Шаг сетки частот, МГц	1
Скорость основного потока изделия, Мбит/с	2,048
Дальность связи при условии прямой видимости, км, не менее	60
Реальная чувствительность приемника, соответствующая коэффициенту ошибок BER = $10^{-3}/10^{-6}$ и пропускной способности ствола, дБм	
– 256 кбит/с	–92,4 / –91,4
– 512 кбит/с	–91,4 / –90,1
– 1024 кбит/с	–89,4 / –88,4
– 2048 кбит/с	–87,1 / –86,1

Окончание табл. 6

1	2
Остаточный коэффициент ошибок при уровне сигнала на 15–50 дБ выше порогового, не более	$BER = 10^{-8}$
Максимальная мощность сигнала на выходе передатчика, дБм	От 34 до 37
Диапазон регулировки выходной мощности передатчика, дБ	20
Регулировка мощности с шагом, дБ, не более	1
Допустимое относительное отклонение частоты передатчика от номинального значения, не более	$5 \cdot 10^{-6}$
Уровень побочных излучений, дБм, не более	45
Коэффициент шума приемника, дБ, не более	6
Затухание по зеркальному каналу, дБ, не менее	50
Допустимый уровень интерференции по соседнему каналу при коэффициенте ошибок $BER = 10^{-5}$ , дБ, не более	-10
Динамический диапазон приемника по уровню $BER = 10^{-6}$ , дБ, не менее	60
Уровень излучения гетеродина, дБВт, не более	-90
Диапазон напряжения питания, В	От -39 до -72
Мощность, потребляемая, Вт, не более	45
Рабочий диапазон температур, °С	От -40 до +40
Масса, кг, не более	8,5

Маска спектра излучаемого сигнала ППУ в зависимости от частоты и скорости передачи, представленных в табл. 7, приведена на рис. 12.

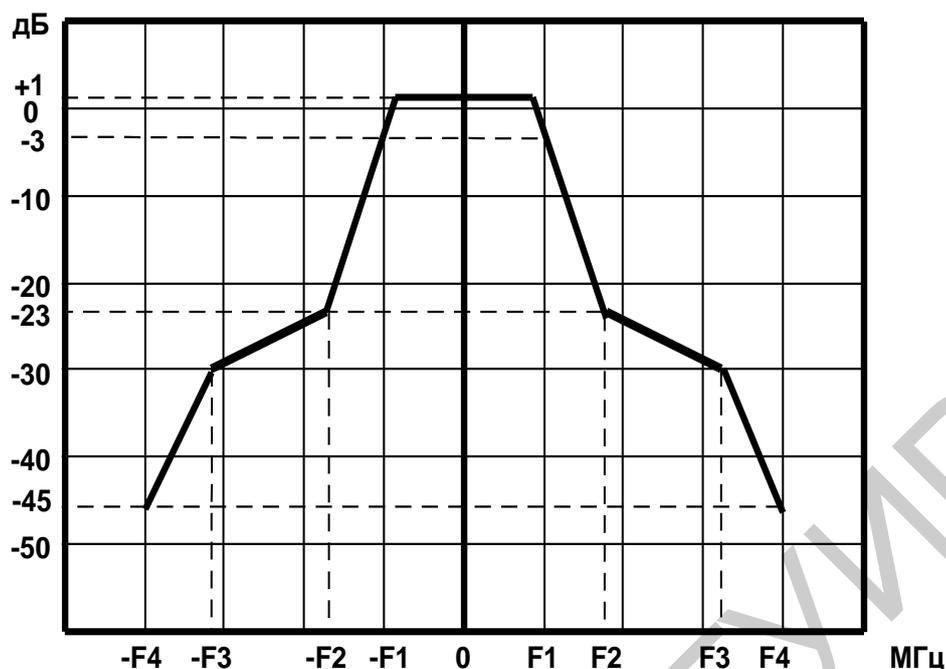


Рис. 12. Маска спектра излучаемого сигнала ППУ

Таблица 7

Маска спектра излучаемого сигнала ППУ

Частота, МГц	Скорость передачи, кбит/с			
	256	512	1024	2048
<i>F1</i>	0,5	0,7	1,05	1,75
<i>F2</i>	0,7	0,95	1,45	2,45
<i>F3</i>	1,55	2,05	3,1	5,2
<i>F4</i>	2,15	2,9	4,35	7,3

Таблица 8

Основные технические характеристики антенн

Наименование параметра	Значение	
	Антенна В	Антенна 2Б11
1	2	3
Диапазон частот, МГц	От 238 до 480	От 160 до 320; от 390 до 645
Волновое сопротивление, Ом	75	75
Высокочастотный разъем	СР-75-166ФВ	СР-75-166ФВ
Коэффициент стоячей волны	2,25	2,0; 1,85
Коэффициент усиления по отношению к изотропному излучателю, дБ	11	7,5; 12,5

1	2	3
Ширина диаграммы, дБ	-7; -19	-7; -19
Количество Z-излучателей	4	5
Поляризация	Вертикальная	Вертикальная
Рабочий диапазон температур, °С	От -50 до +50	От -50 до +50
Масса, кг	12	12,5
Габариты, мм	1900·1300·240	1346·998·510
Уровень излучения по боковым и обратному лепесткам, дБ	-	-8; -9; -6,5; -12

Элементы крепления устройства приемопередающего ЕИРВ.453677.001 входят в состав комплекта принадлежностей ЕИРВ.464944.016 изделия.

Антенна 2Б11 отличается от антенны В количеством Z-излучателей. Она имеет пять излучателей.

Антенна обеспечивает работу при ветровых нагрузках 30 м/с и сохраняет прочность при скорости ветра до 50 м/с.

Юстировка по азимуту осуществляется поворотом антенны вокруг трубы. Антенна имеет линейную поляризацию излучения, которая определяется расположением излучателей.

Грозозащита обеспечивается тем, что излучатель гальванически замкнут по входу.

**Модуль электрической защиты ПЗЛ-4** предназначен для защиты технических средств электросвязи от опасных напряжений и токов, возникающих в проводных линиях при грозовых разрядах, влиянии линий электропередач (ЛЭП) и других промышленных источниках помех, а также при аварийном электрическом контакте проводов линии связи с сетью электропитания.

Модуль ПЗЛ-4 служит для защиты абонентского оборудования, аппаратуры малоканальных систем уплотнения, систем сигнализации и телемеханики, использующих проводные линии связи, на которых отсутствует линейное электропитание.

Модуль ПЗЛ-4 обеспечивает защиту оборудования по двум симметричным линейным парам.

По способу защиты человека от поражения электрическим током модуль ПЗЛ-4 соответствует классу 1 по ГОСТ 30326-95.

Модуль ПЗЛ-4 соответствует требованиям к устройствам защиты от избыточных токов и напряжений. Основные технические характеристики модуля ПЗЛ-4 представлены в табл. 9.

Таблица 9

## Основные технические характеристики модуля ПЗЛ-4

Наименование параметра	Значение
Максимальное рабочее напряжение, В: – $U_{аб}$ – $U_{а-земля}$ , $U_{б-земля}$	32 350
Максимальный рабочий ток через модуль, мА	60
Максимальный однократный импульсный ток помехи (импульс 8–20 мкс), кА	25
Номинальный импульсный ток помехи (импульс 8–20 мкс), кА	20
Вносимое сопротивление в каждый провод по постоянному току, Ом, не более	33
Вносимая емкость (на частоте 1кГц), пФ, не более	1600
Сопротивление изоляции при напряжении $U_{а-земля}$ , $U_{б-земля}$ до 300 В, кОм, не менее	2000
Время срабатывания защиты по напряжению, нс, не более	25
Напряжение ограничения, В: – $U_{аб}/250A$ – $U_{а-земля}$ , $U_{б-земля}$	150 770
Минимальное и максимальное сечение металлических жил одножильных и многожильных проводов, подключаемых к зажимам п модуля, мм <sup>2</sup>	От 0,14 до 2,5
Габаритные размеры, мм	35×91×62
Масса, кг, не более	0,1

Модуль обеспечивает защиту оборудования и автоматическое восстановление характеристик после воздействия перенапряжений и избыточных токов в пределах номинальных значений, указанных выше. При этом он допускает выход из строя собственных элементов защиты при воздействии перенапряжений и избыточных токов, превышающих номинальные значения. Модуль не гарантирует защиту оборудования при воздействии перенапряжений и токов, превышающих предельно допустимые значения.

Условия эксплуатации модуля ПЗЛ-4:

- повышенная температура +50 °С;
- пониженная температура –30 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха до 95 % при 30 °С;
- атмосферное давление от 84 до 107 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

При хранении и транспортировании модуль выдерживает температуру от  $-50$  до  $+50$  °С.

Полный средний срок службы модуля ПЗЛ-4 – не менее 10 лет.

**ПЭВМ ВМ2015** предназначена для применения в системах обработки информации, где необходимо обеспечить защиту от несанкционированного доступа (НСД) к информации и ресурсам ПЭВМ, а также предотвращение утечки информации за счет побочных электромагнитных излучений и наводок.

Средства защиты от НДС обеспечивают:

- контроль доступа к составным узлам и блокам ПЭВМ;
- разграничение доступа пользователей к USB-портам.

ПЭВМ обеспечивает выполнение прикладных программ пользователя под управлением операционных систем (ОС) Microsoft Windows 98, Microsoft Windows 2000, Microsoft Windows XP и Linux.

ПЭВМ имеет следующие характеристики:

- тип процессора – Pentium-M с тактовой частотой 1800 МГц;
- емкость оперативной памяти – 512 Мбайт;
- интерфейс USB – 4 канала;
- интерфейс RS-232/HS-485 – 2 канала;
- интерфейс FDD/LPT – 1 канал;
- интерфейс Ethernet – 1 канал;
- скорость обмена по интерфейсу Ethernet – 10/100 Мбит/с;
- видеовыход аналоговый RGB – 1 канал;
- электропитание ПЭВМ осуществляется от внешнего источника постоянного тока напряжением от 19 до 27 В или встроенной батареи аккумуляторной;
- потребляемая мощность – не более 50 Вт;
- габаритные размеры ПЭВМ –  $380 \times 302,5 \times 58,5$  мм.

ПЭВМ предназначена для эксплуатации в условиях воздействия следующих внешних факторов:

- температуры окружающей среды от  $-20$  °С до  $+60$  °С;
- относительной влажности окружающего воздуха до 100 % при температуре  $+35$  °С;
- атмосферного давления от 60 до 107 кПа.

ПЭВМ сохраняет работоспособность после воздействия:

- повышенной предельной температуры  $+65$  °С;
- пониженной предельной температуры  $-40$  °С.

Показатели надежности ПЭВМ:

- средняя наработка до отказа – не менее 10 000 ч;
- средний полный срок службы – не менее 10 лет.

### 3. ЦИФРОВАЯ РАДИОРЕЛЕЙНАЯ СТАНЦИЯ Р-427

#### 3.1. Назначение ЦРРС Р-427

Цифровая радиорелейная станция Р-427 (далее ЦРРС Р-427) предназначена для построения радиорелейных линий связи с возможностью передачи цифровой информации в дуплексном режиме в диапазоне частот от 1,362 до 1,463 ГГц со скоростями передачи информации по основному потоку от 0,7 до 43,0 Мбит/с.

Для передачи данных в Р-427 используются интерфейсы Gigabit Ethernet и E1 G.703, обеспечивающие суммарную скорость передачи информации по радиоканалу от 0,7 до 43,0 Мбит/с с шириной полосы пропускания от 1,0 до 8,0 МГц и QAM-модуляции различного уровня (от 4QAM до 128QAM).

В Р-427 реализованы функции предварительной коррекции ошибок (ПКО), адаптивного кодирования и модуляции (АКиМ) и автоматического управления мощностью передатчика (АУМПер), которые позволяют производить адаптацию работы станции к конкретным условиям распространения радиоволн.

#### 3.2. Состав ЦРРС Р-427

В состав радиорелейной станции Р-427 входит:

- внутреннее оборудование – приемопередающее устройство;
- внешнее оборудование – антенное устройство с элементами крепления, кабель снижения.

Питание радиорелейной станции осуществляется от источника постоянного тока: –48 В, 1,5 А.

В приемопередающем устройстве реализованы следующие интерфейсы и органы управления (рис. 13):

- интерфейс «ETH 10\100\1000» – 4 порта Ethernet 10\100\1000Base-T – предназначен для пакетной передачи данных по витой паре со скоростями до 1 Гбит/с и данных системы управления сетью (NMS) (RJ-45);
- интерфейс «E1» – 4 порта для подключения потока E1 – предназначен для приема/передачи данных со скоростью  $4 \times 2,048$  Мбит/с (RJ-45);
- интерфейс «УПР. RS-232» – последовательный порт управления RS-232 – предназначен для конфигурирования радиорелейной станции (DB-9);
- интерфейс «СИГНАЛИЗАЦИЯ» – предназначен для подключения сигналов внешней аварийной сигнализации: 4 цифровых входа, 4 цифровых выхода, 4 релейных выхода (DHS-26m);
- интерфейс «1+1» – предназначен для подключения резервного приемо-

передающего устройства для осуществления резервирования радиорелейной линии следующими способами: «горячий резерв», «пространственный разнос», «частотный разнос» (RJ-45);

– интерфейсы «ОБЩИЙ», «ВОЛЬТМЕТР» предназначены для измерения напряжения входного сигнала при юстировке антенного устройства;

– интерфейс «48В» – предназначен для подключения источника питания (2ESDV-02);

– интерфейс «АНТЕННА» – предназначен для подключения кабеля снижения (высокочастотный разъем N-50KFD-5);

– клемма  $\oplus$  – предназначена для заземления приемопередающего устройства;

– тумблер «ПИТАНИЕ» – предназначен для подачи и отключения питания приемопередающего устройства;

– кнопка «ВЫЗОВ» – предназначена для вызова корреспондента по каналу служебной связи;

– переключатель «РЕЖИМ 1+0; 1+1» – предназначен для переключения режимов резервирования станции.

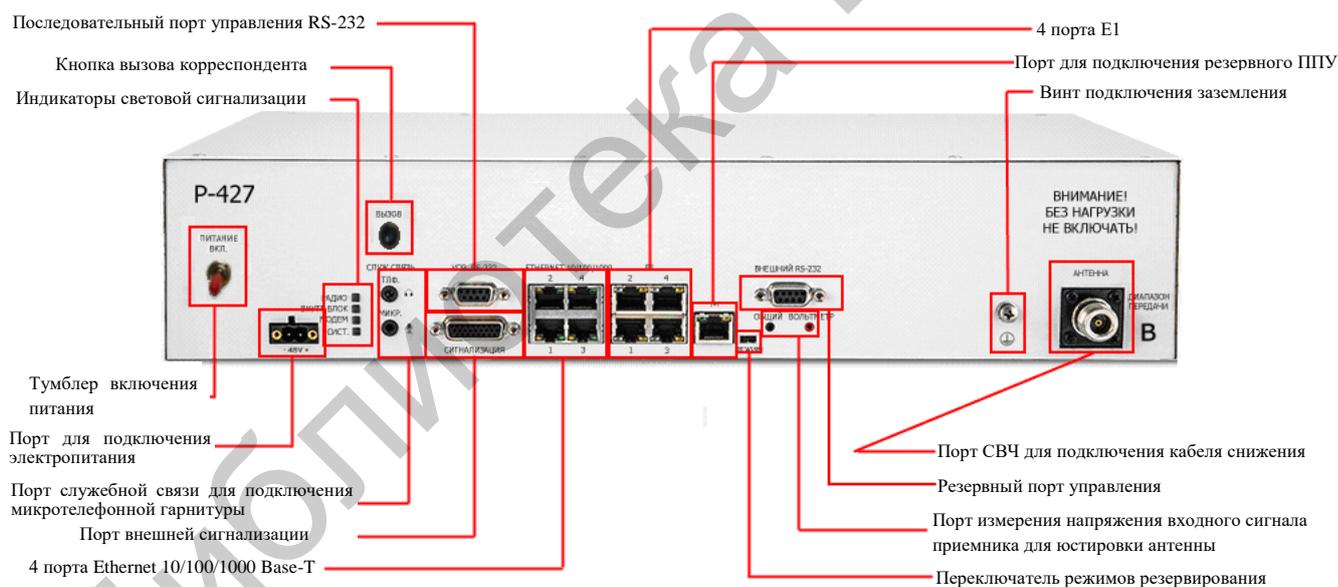


Рис. 13. Приемопередающее устройство P-427

### 3.2.1. Органы индикации приемопередающего устройства

Индикатор «РАДИО»:

– зеленый цвет – наличие принимаемого сигнала, при котором будет установлена устойчивая связь;

– желтый цвет – наличие принимаемого сигнала, при котором связь будет установлена с возможными перебоями;

- красный цвет – недостаточный уровень принимаемого сигнала;
- мигающий красный цвет – отсутствие принимаемого сигнала.

Индикатор ВНУТР. БЛОК:

- зеленый цвет – нормальная работа приемопередающего устройства;
- желтый цвет – пропадание напряжения источника питания;
- мигающий красный цвет – неисправность изделия.

Индикатор МОДЕМ:

- зеленый цвет – отсутствие ошибок в принимаемом сигнале;
- желтый цвет – наличие ошибок в принимаемом сигнале, в пределах исправляющей способности кодека;
- красный цвет – наличие недопустимого уровня ошибок в принимаемом сигнале;
- мигающий красный – неисправность модема.

Индикатор СИСТ.:

- зеленый цвет – нормальная работа всех узлов приемопередающего устройства;
- мигающий зеленый цвет – начальная загрузка системы;
- желтый цвет – неустойчивая работа внутреннего оборудования, при которой связь не прерывается;
- красный цвет – отсутствие связи или неисправность какого-либо узла приемопередающего устройства [2].

### 3.3. Тактико-технические характеристики ЦРРС Р-427

В табл. 10 представлены тактико-технические характеристики ЦРРС Р-427.

Таблица 10

Тактико-технические характеристики ЦРРС Р-427

Наименование параметра	Значение
1	2
Диапазон рабочих частот, МГц: – для исполнения «Н» – для исполнения «В»	1362–1398, 1427–1463 1427–1463, 1362–1398
Скорость передачи данных в радиоканале, Мбит/с	От 0,7 до 43,0
Интерфейсы	E1 (G.803) – 4 порта Ethernet10\100\1000Base-T (IEEE 802.3) – 4 порта
Дуплексный разнос, МГц	65,0
Шаг сетки частот, МГц	0,001

1	2
Типы и характеристики применяемых антенн	1. Параболическая антенна решетчатого типа: – диаметр 0,6 м; – вес 6,5 кг; – коэффициент усиления 16,1 дБи; – ширина диаграммы направленности 24,3°. 2. Параболическая антенна решетчатого типа: – диаметр 0,9 м; – вес 10,0 кг; – коэффициент усиления 19,6 дБи; – ширина диаграммы направленности 16,2°. 3. «Волновой канал» в обтекателе: – длина 1,3 м; – вес 5,1 кг; – коэффициент усиления 16,1 дБи; – ширина диаграммы направленности 30°
Волновое сопротивление антенно-фидерного тракта, Ом	50
Крепление антенн	Универсальное, на трубостойку диаметром от 76 до 133 мм или специальное
Ширина полосы пропускания, МГц	1,0 / 1,5 / 1,75 / 2,0 / 2,5 / 3,0 / 3,5 / 4,0 / 5,0 / 7,0 / 8,0
Протяженность интервала при условии прямой видимости, не менее, км	60 (при скорости до 2 Мбит/с); 45 (при скорости до 4 Мбит/с); 35 (при скорости до 8 Мбит/с); 25 (при скорости до 16 Мбит/с); 15 (при скорости до 34 Мбит/с)
Виды модуляции сигнала	4QAM / 16QAM / 32QAM / 64QAM / 128QAM с поддержкой функции автоматического адаптивного выбора вида модуляции
Выходная мощность передатчика (максимальная) при различных видах модуляции, дБм	+36 (4QAM) +35 (16QAM) +34 (32QAM) +32 (64QAM) +32 (128QAM)
Регулировка выходной мощности передатчика	1) Фиксированная; 2) адаптивная

1	2
Система управления	1) Web-браузер с коммутацией по интерфейсу Ethernet; 2) терминал Telnet с коммутацией по интерфейсу Ethernet; 3) терминал NMS Web-браузера с коммутацией по интерфейсу Ethernet; 4) Hyper Terminal с коммутацией по интерфейсу RS-232
Тип коммутатора	Управляемый гигабитный коммутатор второго уровня
Максимальный размер кадра	1536 байт
Протокол VLAN	802.1Q, с поддержкой QinQ
Качество обслуживания QoS	64-уровневая служба DiffServ (DSCP)
Протоколы связующего дерева	802.1D-2004 RSTP, 802.1Q-2005 MSTP
Длина кабеля снижения, м	40, 25+15, 50
Диапазон рабочей температуры внешнего оборудования, °С	От -40 до +60
Диапазон рабочей температуры внутреннего оборудования, °С	От -10 до +40
Массогабаритные данные приемопередающего блока	Масса 5,2 кг, стойка «Евромеханика 19», 2U
Электропитание, В	-40,5 ... -57
Конфигурация	«1+0»; «1+1» (горячий резерв, пространственный разнос, частотный разнос)
Потребляемая мощность, не более, Вт:	
– конфигурация «1+0»	45
– конфигурация «1+1»	90

### 3.4. Принцип работы ЦРРС Р-427

В табл. 11 представлены значения чувствительности приемника и скорость передачи данных в радиоканале при различных режимах работы Р-427.

Параметры приемопередающего устройства Р-427

Наименование	Варианты комплектации									
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Устройство приемопередающее диапазона «В» с комплектом крепления		1		1		1		1		
Устройство приемопередающее диапазона «Н» с комплектом крепления	1		1		1		1		1	1
Антенна параболическая решетчатого типа 0 0,6 м с комплектом крепления					1	1				
Антенна параболическая решетчатого типа 0 0,9 м с комплектом крепления		1	1							
Антенна типа «волновой канал» в обтекателе с комплектом крепления						1		1	1	
Кабель снижения длиной 25 м			1			1		1	1	
Кабель снижения (удлинитель) длиной 15 м			1			1		1	1	
Кабель переходной длиной 4,0 м			1			1		1	1	1
Катушка для хранения кабеля снижения			1			1		1	1	
Кабель питания			1			1		1	1	1
Кабель LAN длиной 1,5 м			1			1		1	1	
Кабель LAN длиной 3,0 м			1			1		1	1	
Кабель-перемычка шлейфа потоков Е1 длиной 0,5 м			2			2		2	2	
Кабель заземления			1			1		1	1	1
Кабель конфигурации «1+1» длиной 0,5 м			1			1		1	1	
Микротелефонная гарнитура			1			1		1	1	1
Газоразрядник N-типа с газовой капсулой			1			1		1	1	
Разветвитель двунаправленный										1
Машина вычислительная электронная персональная переносная (для управления РРС)						1	1	1	1	
Прибор комбинированный универсальный (для юстировки антенного устройства и контроля исправности кабеля снижения)								1	1	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Комплект ЗИП	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Комплект упаковки	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Комплект эксплуатационных документов	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

*Примечания:*

1. Цвет покрытия уточняется в договоре поставки.
2. Длина кабеля уточняется в договоре.
3. Поставка оговаривается в договоре.

**3.4.1. Варианты применения***Конфигурация «1+0»(рис.14)*

Обеспечивает 4 потока E1 или Ethernet с общей скоростью до 43,0 Мбит/с.



Рис. 14. Конфигурация «1+0»

*Конфигурация «1+1» «горячий резерв»(рис.15)*

Конфигурация «1+1» «горячий резерв» используется при подключении двух приемопередающих устройств к одной антенне через двунаправленный разветвитель.

В данном режиме происходит переключение приемопередающих устройств без потери данных со временем коммутации  $r < 50$  мс.



Рис. 15. Конфигурация «1+1» «горячий резерв»

*Конфигурация «1+1» «пространственное разнесение» (рис.16)*

В режиме «1+1» «пространственное разнесение» для каждого приемопередающего устройства используется отдельная антенна. Антенны располагаются на расстоянии 10–12 м друг от друга.

В данном режиме происходит переключение приемопередающих устройств без потери данных с временем коммутации  $t < 50$  мс.

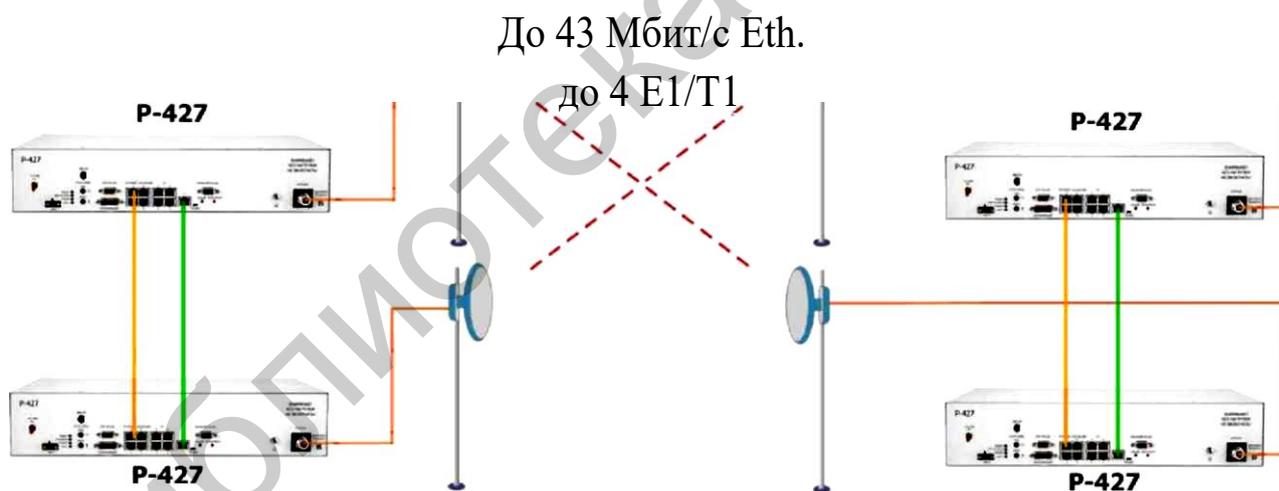


Рис. 16. Конфигурация «1+1» «пространственное разнесение»

В комплект поставки входит коаксиальный кабель снижения типа 8СБ12-501 с затуханием 10,6 дБ на 100 м, внешним диаметром 13,8 мм и волновым сопротивлением 50 Ом (рис. 17).



Рис. 17. Кабель 8СТ12-501

В комплект поставки входит двухпроводной кабель питания сечением  $2 \text{ мм}^2$  с винтовым двухполюсным разъемом типа 2Е8БУ-02.

Кабель LAN поставляется в комплекте поставки типа FTP-5, с обжатыми с обоих концов разъемами RJ-45 по схеме.

### 3.4.2. Подготовка к работе

Распакуйте все оборудование.

Подготовьте все необходимые кабели и антенные устройства.

Заземлите приемопередающее устройство при помощи соответствующего кабеля.

Надежно закрепите антенное устройство на трубостойке (мачтовом устройстве).

Соедините антенное устройство с приемопередающим устройством с помощью кабеля (кабелей) снижения и газоразрядника N-типа.

Обеспечьте питание приемопередающего устройства, используя соответствующий источник питания постоянного тока:  $-48 \text{ В}$ ,  $1,5 \text{ А}$  и кабель питания из комплекта поставки.

Перед включением Р-427 произведите ее внешний осмотр. Проверьте правильность и надежность подключения кабелей.

Переключатель ПИТАНИЕ приемопередающего устройства установите в положение ВКЛ., после чего индикатор СИСТ. заморгает зеленым цветом.

После загрузки внутренней программы приемопередающего устройства (примерно через 30–40 с) загорятся индикаторы: РАДИО, ВНУТР. БЛОК, МОДЕМ, а индикатор СИСТ. перестанет моргать. Радиорелейная станция готова к работе.

По окончании работы переключатель ПИТАНИЕ приемопередающего устройства установите в положение ВЫКЛ.

### 3.4.3. Подключение Р-427 к компьютеру

Компьютер должен быть оснащен сетевой картой (разъем RJ-45) либо портом RS-232 (с разъемом DB-9), а также иметь установленный интернет-браузер (при использовании сетевой карты Ethernet) или стандартный «Hyper Terminal» (при использовании порта RS-232).

Соедините интерфейсным LAN-кабелем из комплекта поставки разъем сетевой карты компьютера RJ-45 с любым из портов ETHERNET 10/100/1000 приемопередающего устройства. При отсутствии в компьютере сетевой карты соедините кабелем разъем COM (DB-9) компьютера с разъемом УПР. RS-232 приемопередающего устройства (кабель в комплект поставки не входит).

Порядок работы с радиорелейной станцией Р-427 описан в Руководстве оператора СУИК.464425.001 РЭ1.

### 3.4.4. Юстировка антенных устройств

Перед проведением юстировки антенных устройств на радиорелейном интервале убедитесь в том, что:

- интервал является открытым (пригодным для работы Р-427) в соответствии с предварительно проведенным расчетом профиля интервала;
- для встречной работы используются приемопередающие устройства исполнений «Н» и «В»;
- на обоих приемопередающих устройствах установлена идентичная конфигурация (частота настройки, достаточная выходная мощность передатчиков, вид модуляции, полоса пропускания радиоканала);
- антенные устройства имеют одинаковую поляризацию, кабели снижения исправны и надежно соединены с антенными устройствами и приемопередатчиками;
- питание приемопередатчиков включено.

Юстировка должна выполняться для каждого антенного устройства последовательно: обе антенны попеременно юстируются по азимуту (по горизонтали) и при необходимости по углу места (по вертикали) до момента установления максимальных уровней принимаемого сигнала на обеих сторонах радиорелейного интервала.

Для юстировки антенн должным образом необходимо выполнить следующие шаги:

1. Подключить вольтметр к разъемам ОБЩИЙ и ВОЛЬТМЕТР, расположенным на передней панели приемопередающего устройства, которые предназначены для измерения напряжения входного сигнала при юстировке антенного

устройства. Убедиться, что вольтметр находится в режиме измерения постоянного напряжения, предел измерения 0–10 В.

2. Ослабить крепление антенно-мачтового устройства, которое используется для обеспечения юстировки антенны по азимуту. Выполнить предварительную юстировку антенны по азимуту, направив ее в сторону корреспондента.

3. Медленно поворачивать антенну сначала в одну, затем в другую сторону от предварительно выбранного направления, наблюдая за показаниями вольтметра. Добиться максимальных показаний вольтметра (показаниям вольтметра соответствуют значения приемного уровня сигнала согласно рис. 10). Эту же операцию можно проводить, наблюдая за изменением показаний приемных уровней по внутреннему интерфейсу Р-427 с помощью ноутбука.

4. Надежно зафиксировать антенно-мачтовое устройство в найденном положении.

5. Юстировка антенны по углу места (только при необходимости) осуществляется путем натяжения или ослабления соответствующих оттяжек мачтового устройства либо с помощью соответствующих регулировок элементов крепления антенны с целью добиться максимальных показаний вольтметра.

Выполнять шаги 1–5 на обоих концах радиорелейного интервала до тех пор, пока уровни приемного сигнала обоих приемопередатчиков не достигнут максимально возможных значений [3].

### **3.4.5. Характеристики порта измерения напряжения входного сигнала приемника**

Для оказания помощи в процессе юстировки антенн Р-427 на рис. 18 представлены диаграмма и таблица, отражающие типичную зависимость уровня принимаемого сигнала от выходного напряжения порта. Оцениваемый уровень приема может иметь погрешность  $\pm 2$  дБм.

Уровень приема, дБм	Показания вольтметра, В
-20	2.0
-25	1.9
-30	1.8
-35	1.7
-40	1.6
-45	1.5
-50	1.4
-55	1.3
-60	1.2
-65	1.1
-70	1.0
-75	0.9
-80	0.8
-85	0.7
-90	0.6
-95	0.5
-100	0.4
-105	0.3
-110	0.2
-115	0.1
-120	0.0



Рис. 18. График зависимости напряжения от уровня принимаемого сигнала

Библиотека БГУИР

## 4. ЦИФРОВАЯ РАДИОРЕЛЕЙНАЯ СТАНЦИЯ Р-424

### 4.1. Назначение ЦРРС Р-424

Цифровая радиорелейная станция Р-424 (далее – ЦРРС Р-424) предназначена для построения беспроводных сетей связи прямой видимости с целью передачи цифровой информации в дуплексном режиме при эксплуатации в стационарных и подвижных объектах (на колесной транспортной базе) без работы в движении.

ЦРРС Р-424 позволяет организовать передачу трафиков:

- до 16 потоков E1 (2048 кбит/с);
- канала Ethernet 10/100BASE-TX со скоростью до  $16 \times 2048$  кбит/с.

ЦРРС Р-424 обеспечивает:

- передачу цифровой информации в диапазоне частот от 4,4 до 5,0 ГГц с пропускной способностью  $1 \times E1$ ,  $4 \times E1$  и  $16 \times E1$ ;
- работу в конфигурациях системы «1+0», «2+0», «1+1» и «1+1пр»;
- оперативное изменение пропускной способности  $1 \times E1$ ,  $4 \times E1$  и  $16 \times E1$  при скорости передачи группового потока 2,8; 11,2 и 44,8 Мбит/с;
- подключение двух ППУ к одному модулю доступа с полноценной системой резервирования, автоматическое безобрывное резервирование и выбор лучшего ствола по критериям достоверности и аппаратной исправности (при конфигурациях «1+1» и «1+1пр»);
- измерение коэффициента ошибок на интервале связи независимо по направлениям;
- питание, измерение параметров и управление ППУ;
- формирование аварийного сигнала для внешних устройств оповещения;
- функционирование дистанционной системы ТУТС радиорелейной линии произвольной топологии под управлением ПСО «МАСТЕР»;
- управление пропускной способностью канала Ethernet с шагом, кратным скорости E1 (2048 кбит/с);
- цифровой канал служебной связи с селективным вызовом;
- автоматическую диагностику неисправностей в системе;
- резервирование первичного питания;
- смену ПО всех узлов модуля через ПЭВМ при помощи порта USB на модуле доступа;
- передачу данных и питания ППУ по одному кабелю снижения.

Система управления и мониторинга обеспечивает возможность полнофункционального мониторинга и управления всеми станциями в сети при подключении управляющего компьютера.

Качество передачи контролируется с помощью встроенной функции измерения коэффициента битовых ошибок при помощи процедуры CRC.

Шлейфы дальнего и ближнего концов могут использоваться для тестирования и локализации неисправностей.

Программное обеспечение может быть загружено при помощи ПЭВМ через порт USB, что дает возможность гибко обновлять оборудование новыми функциями и версиями ПО.

#### **4.2. Состав ЦРПС Р-424**

В состав ЦРПС Р-424 входят:

1) выносное оборудование в составе:

- приемопередающее устройство;
- устройство антенное;

2) внутреннее оборудование в составе:

- модуль доступа МД1-1Л;
- преобразователь напряжения ПН-24/48.

Общий вид ЦРПС Р-424 представлен на рис. 19.

Выносное оборудование крепится на антенно-поворотном устройстве телескопической мачты Р-434МТ (рис. 20).

Внутреннее оборудование находится в аппаратной Р-434А в шкафу телекоммуникационном климатическом МКД-3, расположенном по правому борту оперативного отсека.

МД1-1Л и ПН-24/48 монтируются в стойку «Евромеханика 19».

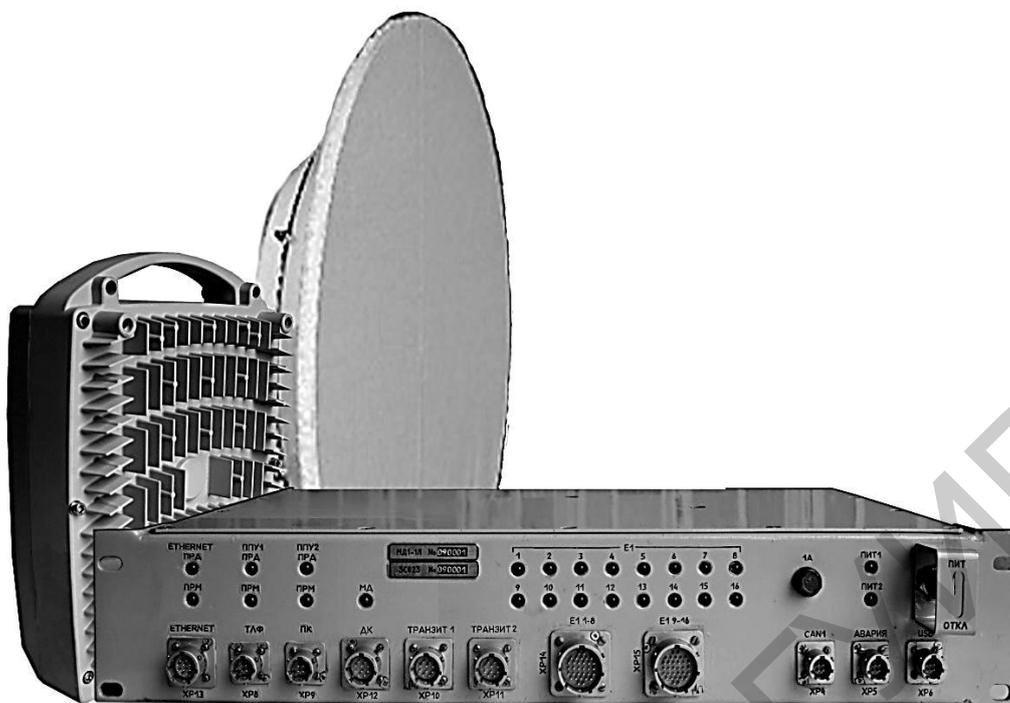


Рис. 19. Общий вид ЦРРС Р-424



Рис. 20. Крепление выносного оборудования Р-424  
на антенно-поворотном устройстве Р-434МТ

Конструктивно изделие состоит из следующих функционально законченных устройств: модуля доступа МД1-1Л, преобразователя напряжения ПН-24/48, ПЭВМ, аппарата телефонного монтерского МТА-201, устройства антенного и приемопередающего устройства.

Для облегчения диагностики и обслуживания изделия на передней панели МД1-1Л предусмотрены индикаторные светодиоды.

МД1-1Л обеспечивает мультиплексирование и демультиплексирование основных цифровых потоков E1 (1×E1, 4×E1, 16×E1), канала Ethernet и дополнительного цифрового канала служебной связи, а также функционирование системы телеуправления и телесигнализации, локального управления и контроля параметров изделия.

ППУ выполняет функции усиления, преобразования, модуляции и демодуляции СВЧ-сигнала, регенерации и скремблирования цифрового потока.

Устройство антенное обеспечивает прием и передачу СВЧ-радиосигнала с вертикальной или горизонтальной линейной поляризацией.

ПН-24/48 осуществляет преобразование напряжения питания от источника постоянного тока +27 В в напряжение питания –48 В.

Передача цифровых потоков осуществляется следующим образом. Основной цифровой поток E1 в коде HDB3 поступает на вход МД1-1Л от внешней аппаратуры, где происходит выделение из него тактовой частоты и выполняется перекодирование сигнала в код NRZ. Одновременно с этим мультиплексор цифровых потоков (МЦП) генерирует стробирующие импульсы и производит по ним сбор данных из узлов дополнительного канала, узла телеуправления-телесигнализации, устройства служебной связи, данных контроля и управления, а также информации о статусе (исправность приемника и передатчика и их активность). Из полученных данных формируется групповой цифровой поток, в который добавляются также биты синхронизации и биты контрольной суммы – CRC. Мультиплексирование всех данных осуществляется синхронно с основным цифровым потоком. Сформированный групповой поток преобразуется в линейный код HDB3, усиливается и поступает в ППУ через кабель снижения. В ППУ групповой цифровой сигнал, принятый из кабеля снижения, восстанавливается и усиливается. Далее из группового цифрового потока выделяется тактовая частота, поток перекодируется в код NRZ, скремблируется, кодируется помехоустойчивым кодом и из него формируется модулированный сигнал промежуточной частоты, который подается на передатчик ППУ. В передатчике сигнал переносится на рабочую частоту передачи, усиливается и через фильтр подается в устройство антенное и затем излучается в эфир.

Прием цифровых потоков осуществляется следующим образом. Радиосигнал, принятый устройством антенным на рабочей частоте приема, поступает на приемник ППУ. В приемнике СВЧ-сигнал усиливается, переносится на промежуточную частоту, демодулируется и из него выделяется тактовая частота. Далее сигнал декодируется с исправлением ошибок и формируется цифровой групповой поток (идентичный потоку, переданному со стороны МД1-1Л) в коде HDB3. Затем принятый групповой цифровой поток усиливается и поступает в МД1-1Л через кабель снижения. В МД1-1Л групповые цифровые потоки усиливаются, восстанавливается их форма, происходит демультиплексирование и восстановление тактовой частоты, перекодировка в код NRZ, выполняется захват и удержание цикловой и сверхцикловой синхронизаций, необходимых для правильного разделения данных группового потока. Далее в МД1-1Л групповой поток разделяется по цикловым и сверхцикловым синхроимпульсам на данные дополнительных каналов и данные основного цифрового потока, а также синтезируется тактовая частота, соответствующая исходной скорости основного цифрового потока. Затем происходит вычисление значений CRC и сравнение их со значениями CRC, выделенными из принимаемого потока. При несовпадении вычисленного и принятого значений CRC в устройство контроля передается сигнал об ошибке. Копии основного цифрового потока поступают на узел резервирования. От демультиплексора активного на прием ствола также производится передача по стробирующим импульсам выделенных данных в соответствующие узлы: дополнительных каналов – в узлы ДК и Е1, телеуправления-телесигнализации – в узел ТУТС, служебной связи – в устройство служебной связи (СС), информация о статусе удаленного (корреспондирующего) изделия – в УК узла БУКС. Далее производится побитовое выравнивание основных цифровых потоков стволов для обеспечения безобрывного переключения на резерв и основной цифровой поток в коде HDB3 подается на выход МД1-1Л.

По кабелю снижения совместно с цифровым потоком по «фантомным» цепям, образованным парами приема и передачи цифрового потока, осуществляется обмен данными телеметрии между МД1-1Л и ППУ в симплексном режиме и подается питание на ППУ. Система подачи питания и телеметрии может сохранять работоспособность, даже если в каждой паре приема и передачи цифрового потока происходит замыкание проводов между собой или обрыв одного из проводов.

Выносное оборудование использует технику дуплексной передачи и приема с частотным разделением каналов. Вид модуляции – QPSK. Настройка ППУ осуществляется через системный контроллер с использованием программных команд. Частоты передачи ( $T_x$ ) и приема ( $R_x$ ) взаимосвязаны посред-

ством значения частотного преобразования: любое изменение частоты  $T_x$  ( $R_x$ ) автоматически влечет за собой изменение частоты  $R_x$  ( $T_x$ ) в соответствии с преобразователем в приемопередающих устройствах.

Изделие работает в следующих режимах:

- без резервирования с конфигурациями: «1+0» и «2+0»;
- с резервированием с конфигурациями: «1+1» и «1+1пр».

Резервирование предполагает наличие главной линии передачи данных, работающей в обычном режиме, и резервную линию связи, на которую переключается система в случае повреждений. Контроллер МД1-1Л следит за качеством функционирования изделия и переключает на резервную схему работы в случае обнаружения повреждения. Контроль команд и настройка режима работы осуществляется с помощью ПСО «МАСТЕР».

Локальный контроль и управление изделием осуществляется следующим образом. Устройство контроля узла БУКС производит постоянный опрос всех составных частей изделия. УК получает от узлов и устройств МД1-1Л и ППУ информацию о режимах работы, текущих и пороговых значениях параметров и сигналы исправности. От устройства СС поступает информация о статусе локального окончания служебной связи. От ППУ поступает информация о режиме работы, текущие и пороговые значения параметров, сигналы исправности составных частей. От узлов демультиплексора цифровых потоков (ДЦП) берутся результаты сравнения CRC (от ДЦП обоих стволов) и статус удаленного изделия (от ДЦП активного ствола), от узла ТУТС – аппаратный адрес изделия, статус и входящие запросы канала служебной связи. На основе полученных данных формируется информация о статусе изделия, режимах работы и параметрах блоков, вычисляются коэффициенты ошибок по стволам, вырабатываются сообщения об авариях и обобщенный сигнал исправности. Информация о статусе и текущем состоянии стволов локального и удаленного (корреспондирующего) изделий выводится на светодиодную индикацию передней панели и на ПЭВМ по запросам ПСО. Обобщенный сигнал исправности подается на схему управления реле аварийной сигнализации, «сухие» контакты которого выведены на соединитель АВАРИЯ модуля доступа для подключения внешних устройств сигнализации аварийного состояния изделия.

Локальное управление изделием осуществляется при помощи ПСО «МАСТЕР». Узел контроля обрабатывает поступающие через соединитель ПК команды и передает их для исполнения в соответствующие узлы, устройства и блоки. Команды включения передатчиков и шлейфов (ЦС  $b$ , ЦС  $f$ , СВЧ) передаются в ППУ соответствующих стволов. Команды управления питанием ППУ, режимом и критериями резервирования, шлейфом ЦС БУКС передаются в узел

БУКС и при необходимости далее в УР и ДЦП. Команда управления шлейфом ЦС ВХ передается в УР, команды управления каналом служебной связи – в ТУТС и устройство СС.

Удаленный контроль и управление изделием на уровне сети осуществляется следующим образом. Функцию удаленного контроля и управления обеспечивает ПСО «МАСТЕР» посредством взаимодействия с узлами ТУТС, которые являются агентами сетевого управления. Узел ТУТС хранит в энергонезависимой памяти свой индивидуальный сетевой адрес и таблицу маршрутизации (перечень связей между изделиями с указанием портов и адресов изделий в сети). Сетевой адрес ТУТС задается с ПЭВМ при помощи специальной утилиты, таблица маршрутизации записывается в память при выполнении процедуры маршрутизации из ПСО. Удаленный контроль и управление на уровне сети изделием возможны только после проведения маршрутизации из ПСО.

Узел ТУТС может принимать и передавать пакеты с данными телеуправления-телесигнализации по направлению радиоканала и по направлениям портов ТРАНЗИТ1, ТРАНЗИТ2 и ПК (физические порты МД1-1Л). При необходимости ТУТС может обращаться к УК узла БУКС и портам CAN. Узел ТУТС обрабатывает приходящие пакеты, и если содержащиеся в них адреса не совпадают с собственным адресом блока, то такие пакеты в соответствии с таблицей маршрутизации транслируются в направлении изделия-адресата. При получении адресованного ему пакета с запросом узел ТУТС изделия-адресата извлекает из него адрес отправителя и запрос: адрес отправителя запоминается, а запрос передается в соответствующее устройство изделия. Запрос информации о состоянии датчиков внешней сигнализации передается в контроллер узла ТУТС, о параметрах ППУ или МД1-1Л – в узел БУКС, о параметрах дополнительного оборудования передается в порт CAN. После получения от соответствующего устройства ответа на запрос данные вставляются в ответный пакет, и узел ТУТС отправляет его по обратному адресу. Если по каким-то причинам устройство не отвечает на запрос, то ответный пакет сбрасывается по таймауту. При получении адресованного ему пакета с командой узел ТУТС изделия-адресата извлекает из него команду, отсылает пакет, подтверждающий получение команды, и переходит в режим ожидания пакета с подтверждением на исполнение команды. Если в течение определенного времени приходит пакет с подтверждением на исполнение команды, то она передается для исполнения в соответствующее устройство изделия.

Команда управления внешними устройствами передается в контроллер узла ТУТС, управления работой ППУ или модуля МД1-1Л – в узел БУКС, управления работой дополнительного оборудования – в порт CAN. Если по ка-

ким-то причинам пакет с подтверждением на исполнение команды не поступает, узел ГУТС по тайм-ауту выходит из режима ожидания, неподтвержденная команда сбрасывается.

На боковой стенке корпуса ППУ расположены три соединителя для подключения внешних устройств:

- X1 – для подключения кабеля снижения;
- X2 – для подключения кабелей антенного устройства;
- X3 – для подключения выносного контрольного устройства.

Внешний вид ППУ Р-424 показан на рис. 21.

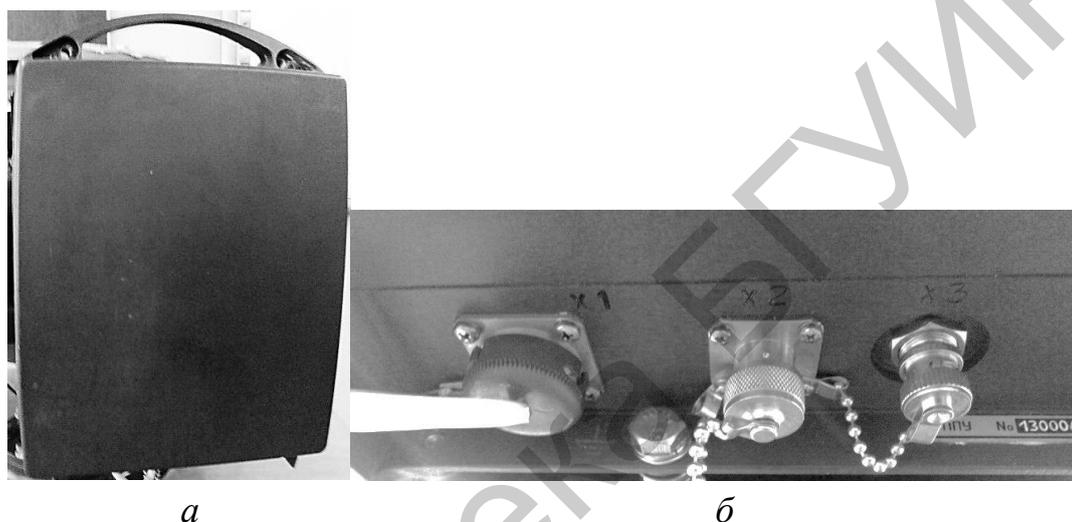


Рис. 21. Внешний вид ППУ Р-424:

*а* – вид с боку; *б* – вид со стороны соединителей

**Устройства антенные** предназначены для работы в составе выносного оборудования изделия.

В состав устройств антенных входят:

- зеркало параболическое;
- облучатель;
- фидерное устройство;
- опорно-поворотное устройство;
- радом (защитный чехол для зеркала и облучателя от атмосферных осадков).

Устройства антенные отличаются типом фидерного устройства:

1. Устройство антенное, оснащенное поляризационным дуплексером (ПД) с двумя коаксиальными кабелями, предназначено для конфигураций «1+1» и «2+0». Обеспечивает одновременный прием и передачу двух СВЧ-

радиосигналов с ортогональными линейными поляризациями – вертикальной и горизонтальной.

2. Устройство антенное, оснащенное коаксиально-волноводным переходом (КВП) с одним коаксиальным кабелем, предназначено для конфигураций «1+0» и «1+1пр». Обеспечивает прием и передачу СВЧ-радиосигнала с линейной поляризацией – вертикальной или горизонтальной.

Поляризация излучения антенных устройств определяется расположением кабелей КВП или ПД: если кабель от ППУ входит в них вертикально, то поляризация СВЧ-радиосигнала вертикальная, если горизонтально – то горизонтальная.

### 4.3. Тактико-технические характеристики ЦРРС Р-424

Основные технические характеристики изделия приведены в табл. 12.

Таблица 12

Основные технические характеристики изделия Р-424

Наименование параметра	Значение
Диапазон частот, ГГц	От 4,4 до 5,0
Интерфейсы цифровых потоков: – E1 (2048 кбит/с) – Ethernet-10/100BT	G.703 МСЭ-T IEEE 802.3
Пропускная способность	1×E1; 4×E1; 16×E1
Конфигурация системы	«1+0», «2+0», «1+1», «1+1пр»
Автоматическое резервирование в конфигурации «1+1»	«Горячее» / «Пространственное разнесение» / «Теплое» – переключается программно
Установка рабочих частот	Программная, во всем диапазоне – переключается по поддиапазнам
Служебная связь	Канал с селективным вызовом, интерфейс FXS, тональный набор
Количество цифровых каналов служебной связи	1
Мониторинг и управление	ПСО «МАСТЕР»

#### 4.4. Принцип работы ЦРПС Р-424

Модуль доступа МД1-1Л ЕИРВ.465624.003 включает в себя интерфейсы для вывода информационных потоков, а также интерфейсы для служебных каналов, средств обслуживания сети и аварийной сигнализации.

МД1-1Л позволяет организовать передачу трафика:

- до 16 потоков E1 G.703 (2048 кбит/с);
- канала EthernetIEEE 802.3 10BASE-T/100BASE-TX со скоростью до 37 Мбит/с.

МД1-1Л обеспечивает:

- оперативное изменение пропускной способности  $1 \times E1$ ,  $4 \times E1$  и  $16 \times E1$  при скорости передачи группового потока 2,8; 11,2 и 44,8 Мбит/с соответственно;
- подключение двух ППУ к одному МД1-1Л с полноценной системой резервирования, автоматическое безобрывное резервирование и выбор лучшего ствола по критериям достоверности и аппаратной исправности (при конфигурациях «1+1» и «1+1пр»);
- измерение коэффициента ошибок на интервале связи независимо по направлениям;
- питание, измерение параметров и управление ППУ;
- формирование аварийного сигнала для внешних устройств оповещения;
- функционирование дистанционной системы ТУТС радиорелейной линии произвольной топологии под управлением ПСО;
- управление пропускной способностью канала Ethernet с шагом, кратным скорости E1 (2048 кбит/с);
- дополнительные низкоскоростные цифровые каналы для подключения систем внешней сигнализации и управления внешними устройствами (4 канала);
- транзит данных телеметрии и служебной связи при использовании на промежуточном или узлом изделия;
- цифровой канал служебной связи с селективным вызовом (с использованием двухпроводного окончания);
- автоматическую диагностику неисправностей в системе;
- резервирование первичного питания;
- смену ПО всех узлов МД1-1Л через ПЭВМ при помощи порта USB;
- передачу данных и питания ППУ по одному кабелю снижения.

МД1-1Л проводит измерение:

- сигналов AIS;

- сигналов LOS;
- уровней  $P_{вх}$  ПЧ1 и ПЧ2 ППУ;
- коэффициента ошибок BER за 1 с, за 15 мин отдельно по стволам;
- ошибок ES, SES, UAS, ESR, SESR рабочего ствола;
- количества отданных, принятых и сбойных пакетов Ethernet;
- уровня мощности на выходе ППУ;
- уровней детекторов умножителей приемника и передатчика;
- захвата синтезаторов: приемника, передатчика, шлейфа СВЧ, внутренних синтезаторов модема;
- уровня цифрового сигнала на входе ППУ со стороны МД1-1Л;
- уровня цифрового сигнала на входе МД1-1Л со стороны ППУ;
- исправности канала телеметрии МД-1Л – ППУ;
- температуры ППУ и МД1-1Л;
- напряжения источников питания ППУ.

МД1-1Л управляет:

- кабельными эквалайзерами ППУ – МД1-1Л;
- каналом Ethernet;
- локальными и удаленными шлейфами.

Основные технические характеристики МД1-1Л приведены в табл. 13.

Таблица 13

Основные технические характеристики МД1-1Л

Наименование параметра	Значение
Интерфейсы цифровых потоков: – E1 (2048 кбит/с) – Ethernet-10/100BT	G.703 МСЭ-Т IEEE 802.3
Пропускная способность	1×E1; 4×E1; 16×E1
Служебная связь	Канал с селективным вызовом, интерфейс FXS, тональный набор
Напряжение питания, В	От –55,0 до –72,0
Потребляемая мощность, Вт, не более	20
Рабочая температура при эксплуатации, °С	От –10 до +40
Габаритные размеры, мм	482×323×86
Масса, кг, не более	7

Конструктивно МД1-1Л выполнен в металлическом корпусе прямоугольной формы.

На передней панели МД1-1Л расположены органы управления, контроля и индикации:

- тумблер включения питания ПИТ-ОТКЛ;
- индикаторные светодиоды: «ETHERNET-ПРД», «ETHERNET-ПРМ», «ППУ1-ПРД», «ППУ1-ПРМ», «ППУ2-ПРД», «ППУ2-ПРМ», «МД2», «Е1 1» - «Е1 16», «ПИТ1» и «ПИТ2»;
- соединители: «ETHERNET», «ТЛФ», «ПК», «ДК», «ТРАНЗИТ1», «ТРАНЗИТ2», «Е1 1–8», «Е1 9–16», «CAN1»; «АВАРИЯ» и «USB»;
- держатель вставки плавкой 1А.

На задней панели МД1-1Л расположены два соединителя ПИТ1 и ПИТ2 для подключения к преобразователям напряжения ПН-24/48, два соединителя ППУ1 и ППУ2 для подключения двух ППУ и клемма заземления.

Все органы управления, контроля и индикации имеют маркировку.

Состав МД1-1Л приведен в табл. 14.

Таблица 14

Состав МД1-1Л

Наименование	Обозначение	Количество
Блок сопряжения БС-03	ЕИРВ.468353.159	2
Блок мультиплексирования и управления БМУ-02	ЕИРВ.465651.009	1
Модуль интерфейсов БИ-ЕТН	ЕИРВ.468152.015	1
Блок интерфейса БИ-16Е1	ЕИРВ.468152.017	1
Блок питания БП-01	ЕИРВ.436631.009	1

Структурная схема МД1-1Л приведена на рис. 22.

Блок сопряжения БС-03 осуществляет:

- 1) объединение и разделение цифрового потока, сигналов телеметрии ППУ и напряжения питания ППУ для передачи всех сигналов по одному кабелю;
- 2) восстановление входного сигнала (эквалайзирование) от ППУ;
- 3) измерение входного сигнала, поступающего от ППУ;
- 4) защиту от короткого замыкания по питанию в кабеле снижения;
- 5) фильтрацию помех.

Блок мультиплексирования и управления БМУ-02 осуществляет:

1) мультиплексирование (объединение) и демультиплексирование (разделение) цифрового потока ( $N \times E1$  или Ethernet) и дополнительных каналов передачи данных, канала служебной связи, канала ГУТС, канала контроля качества передачи, дискретных каналов передачи данных, а также служебной информации;

2) контроль и управление изделием;

3) вычисление циклического избыточного кода CRC, сравнение с принятым значением кода, формирование сигнала битовой ошибки и передачу его в узел резервирования для дальнейшей обработки и оценки достоверности передачи по стволу;

4) функции телеуправления и телесигнализации\* радиорелейной линии:

– идентификация (присвоение адреса) изделия;

– получение по специальному протоколу и энергонезависимое хранение таблицы маршрутизации;

– обработка входящих потоков информации от транзитных портов, радиоканала и процедура маршрутизации сообщений;

– взаимодействие с узлом управления и сигнализация для выполнения команд телеуправления и осуществления телесигнализации;

– обработка (прием и передача) данных дискретных каналов;

– обработка и передача сигналов о качестве передачи по радиоканалу;

5) функции управления, контроля и сигнализации:

– обработка команд телеуправления ППУ;

– контроль параметров изделия;

– сбор информации об узлах, входящих в состав изделия;

– управление устройствами, входящими в состав изделия;

– установка режимов резервирования;

б) временное выравнивание цифровых потоков и коммутацию принимаемого ЦС между основным и резервным стволом;

7) функцию служебной связи;

8) смену ПО всех блоков;

9) управление внешними устройствами посредством шины CAN.

Модуль интерфейсов БИ-ЕТН обеспечивает передачу данных Ethernet со скоростью от 64 кбит/с до 37 Мбит/с, обработку пакетов, передачу данных в коде NRZ в блок мультиплексирования и управления БМУ-02.

---

\* Каждый узел ГУТС должен иметь свой индивидуальный адрес изделия. При каждом включении в процессе инициализации контроллер узла считывает значение адреса, и дальнейшая обработка информации происходит с учетом этого адреса.

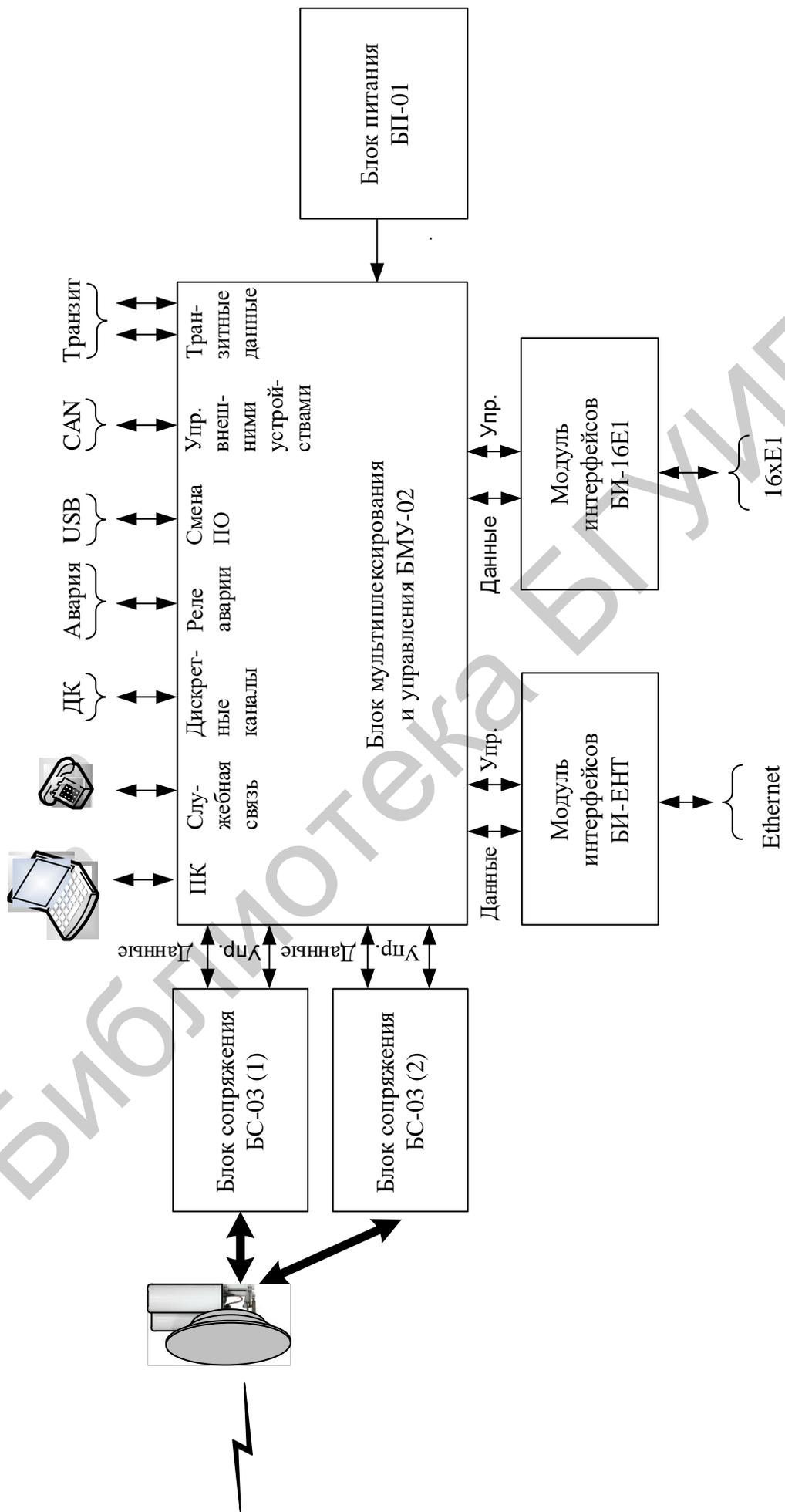


Рис. 22. Структурная схема модуля доступа МД1-1Л

Блок интерфейса БИ-16Е1 обеспечивает прием данных 16 потоков Е1 G.703 со скоростью 2,048 Мбит/с, восстановление, перекодировку данных с линейного кода HDB3 в NRZ, подавление джиттера и передачу их в блок мультиплексирования и управления БМУ-02.

Блок питания БП-01 обеспечивает необходимыми вторичными напряжениями питания МД1-1Л и ППУ.

Для управления и считывания параметров МД1-1Л необходимо подключить к соединителю ПК, расположенному на передней панели, ПЭВМ с загруженным в нее ПСО.

Для работы МД1-1Л необходимо включить тумблер ПИТ-ОТКЛ, расположенный на передней панели МД1-1Л, в положение ПИТ. При этом вторичное электропитание поступает на все блоки и узлы МД1-1Л. В течение 8 с происходит процесс загрузки ПО блока мультиплексирования и управления БМУ-02, модуля интерфейсов БИ-ЕТН и блока интерфейса БИ-16Е1.

Передача 16 потоков Е1 осуществляется через два соединителя «Е1 1–8» и «Е1 9–16» при помощи блока интерфейса БИ-16Е1. Все потоки имеют равнозначный приоритет.

Интерфейс Е1 имеет входное сопротивление 120 Ом, при приеме потоков Е1 осуществляется выделение тактовой частоты 2,048 МГц, преобразование поступившего сигнала из кода HDB3 в NRZ, выравнивание при помощи битстаффинга скорости потока Е1 для объединения с основным цифровым потоком при отклонениях скорости потока Е1 от нормы на величину до  $\pm 5 \times 10^{-6}$ . При приеме из радиоканала выполняется обратное преобразование. Параметры интерфейса Е1 соответствуют рекомендации G.703.

На передней панели МД1-1Л имеется 16 индикаторных светодиодов «Е1 1–16». Свечение зеленого светодиода соответствующего потока отображает наличие цифрового сигнала на входе. Сигналы LOS и AIS каждого потока отображаются в параметрах изделия в ПСО. Для локализации места неисправности в ПСО предусмотрена организация шлейфов.

Передача и прием трафика канала Ethernet осуществляется через соединитель ETHERNET при помощи модуля интерфейсов БИ-ЕТН.

На передней панели МД1-1Л имеется два индикаторных светодиода ETHERNET ПРД и ETHERNET ПР, которые отображают наличие на входе пакетов Ethernet.

Интерфейс ETHERNET соответствует рекомендации IEEE802.3 (10/100 Base-T). Размер буфера для хранения пакетов составляет 28 Кбайт. При приеме пакета от пользователя данные складываются в буфер, затем пакет извлекается из буфера памяти, к пакету добавляются его длина и контрольная сумма (CRC)

и далее все попадает в буфер FIFO, откуда отправляется в канал передачи данных. При приеме из канала передачи данных на удаленном изделии считывается информация о длине пакета и его целостности по CRC-сумме. Данная информация извлекается из пакета и снабжается стартстоповыми байтами. Полученный пакет отправляется на выход соединителя ETHERNET.

Поскольку пропускная способность передаваемого канала ниже, чем скорость обмена по интерфейсу 10/100 Base-T, то рекомендуется ограничивать входной трафик (среднее количество поступающих на вход данных не должно превышать суммарную пропускную способность канала передачи). Для ограничения входного трафика необходимо, чтобы устройство, подключенное по интерфейсу 10/100 Base-T, поддерживало функцию ограничения потока («FlowControl»). В таком случае при переполнении буфера блок сможет воздействовать на сетевые устройства посредством стоп-пакетов и сможет самостоятельно ограничивать входной трафик. Функцию «Flowcontrol» включают при помощи ПСО. Если сетевые устройства не поддерживают данную функцию, то желательно выполнить ограничение трафика программно.

При отсутствии методов управления потоком при переполнении буфера модуль интерфейсов БИ-ЕТН будет игнорировать (отбрасывать) пакеты, что может привести к значительному снижению эффективной скорости в канале.

Выбор режима работы модуля интерфейсов БИ-ЕТН и контроль за основными параметрами осуществляется при помощи ПСО.

На дисплее ПЭВМ в пункте «Телеметрия» иерархической структуры окна параметров БИ-ЕТН отображается:

– «Уст. Скорость» – скорость, на которой «договорились» работать контроллеры модуля интерфейсов БИ-ЕТН и подключаемого устройства:

- 1) «10 Мбит/с»;
- 2) «100 Мбит/с»;
- 3) «0» – означает отсутствие сигнала «LINK»;

– «Ошибки РК» – пакет, принятый с удаленного изделия, содержит неправильный CRC, пакет содержит ошибку;

– «Пакеты РК» – счетчик пакетов, принятых с удаленного изделия;

– «Ошибки LAN» – пакет, принятый с подключаемого устройства, содержит неправильный CRC, пакет содержит ошибку;

– «Пакеты LAN» – счетчик пакетов, принятых с устройства, подключенного к модулю интерфейсов БИ-ЕТН.

На дисплее ПЭВМ в пункте «Управление» иерархической структуры окна параметров БИ-ЕТН отображается:

- 1) «FlowControl» – управление стоповыми пакетами:

- «выкл» – управление выключено;
- «вкл» – управление включено.

Перед включением этой функции необходимо убедиться, что подключаемое устройство поддерживает этот режим;

- 2) «Сброс блока» – перезагрузка модуля интерфейсов БИ-ЕТН.

МД1-1Л вырабатывает сообщения об авариях и обобщенный сигнал исправности. Обобщенный сигнал исправности подается на схему управления реле аварийной сигнализации, «сухие» контакты которого выведены на соединитель АВАРИЯ МД1-1Л для подключения внешних устройств сигнализации аварийного состояния изделия.

Передача и прием транзитных сигналов телеметрии и служебной связи на промежуточном или узлом изделия осуществляются через соединители ТРАНЗИТ1 и ТРАНЗИТ2, расположенные на передней панели МД1-1Л. Эти соединители имеют равный приоритет.

Соединять МД1-1Л допустимо по любому из портов, но при этом необходимо установить строгое соответствие конфигурации системы в графическом редакторе ПСО реальному соединению изделий в сети.

На дисплее ПЭВМ в пункте «Качество связи» иерархической структуры окна параметров изделия отображается Подкл. ТР1 и Подкл. ТР2 – состояния транзитных портов:

- 1) «да» – транзитный порт подключен;
- 2) «нет» – транзитный порт не подключен.

В МД1-1Л предусмотрена возможность подключения двух источников питания. В случае пропадания одного из них питание МД1-1Л осуществляется через резервный источник. Соединители ПИТ1 и ПИТ2, расположенные на задней панели МД1-1Л, имеют одинаковый приоритет. Схема резервирования показана на рис. 23.

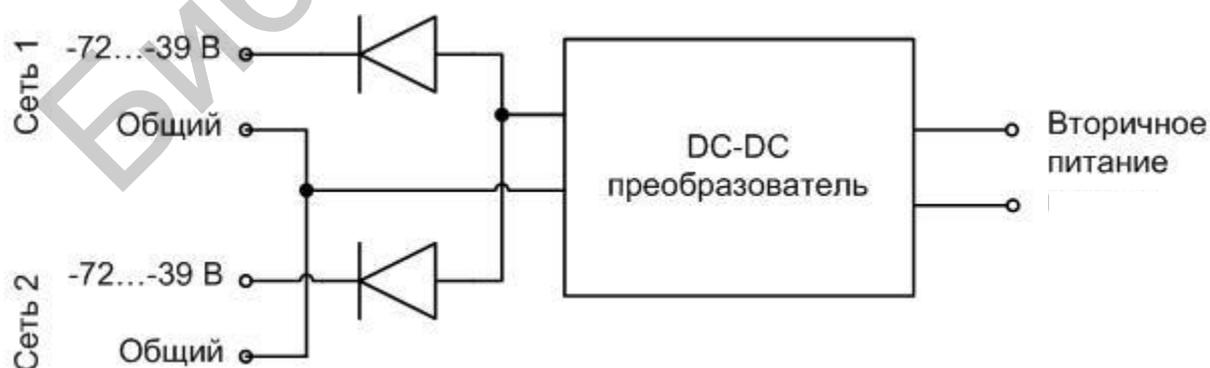


Рис. 23. Схема резервирования

Для контроля источников питания на передней панели МД1-1Л расположены индикаторные светодиоды ПИТ1, ПИТ2, которые загораются зеленым цветом в случае корректного соединения МД1-1Л с источником питания и красным цветом – в случае переполусовки питания.

В МД1-1Л имеется возможность сменить ПО изделия при помощи ПЭВМ через интерфейс USB.

Предусмотрена смена ПО следующих составных частей МД1-1Л:

- блока мультиплексирования и управления БМУ-02;
- блока интерфейса БИ-16Е1;
- модуля интерфейсов БИ-ЕТН.

Блок мультиплексирования и управления БМУ-02 состоит из следующих функциональных узлов:

- мультиплексирования;
- демультимплексирования;
- ТУТС;
- резервирования;
- служебной связи;
- контроля и управления.

Узел мультиплексирования цифровых потоков принимает цифровой сигнал от блока интерфейсов БИ-16Е1 или модуля интерфейсов БИ-ЕТН, выполняет преобразование потока в код NRZ. Одновременно генерирует стробирующие импульсы и по ним производит сбор данных из узла ТУТС и узла служебной связи. Формирует групповой пакет данных, в который добавляются биты синхронизации и биты контрольной суммы (CRC). Затем полученный цифровой сигнал передается в блок сопряжения БС-03, где усиленный драйвером соответствующего ствола, пройдя через схему сопряжения, поступает в кабель, соединяющий МД1-1Л и ППУ.

Цифровые сигналы, приходящие от ППУ, поступают в блок сопряжения БС-03, где происходит разделение цифрового сигнала и напряжения питания. Схемы автоматической регулировки усиления и коррекции (эквалайзер 1 и эквалайзер 2) компенсируют потери и частотные искажения в кабеле. Регенератор (1 или 2) восстанавливает форму цифровых сигналов.

Далее сигнал поступает на узел демультимплексирования, в котором происходит перекодировка в код NRZ, восстановление тактовой частоты, формирование частоты, соответствующей исходной скорости цифрового потока. Кроме того, выполняется поиск и удержание цикловой и сверхцикловой синхронизации, необходимых для правильного разделения данных группового потока. По цикловым и сверхцикловым синхроимпульсам узел демультимплексирования

осуществляет разделение группового потока на данные основного цифрового потока, данные узлов ТУТС и служебной связи. В случае интерфейса E1 основной поток кодируется линейным кодом HDB3 и подается на выход МД1-1Л. В случае интерфейса Ethernet специализированная схема восстанавливает кадры Ethernet, которые затем поступают на выход МД1-1Л.

Узел ТУТС при включении считывает свой индивидуальный адрес, который соответствует адресу изделия, установленному при помощи ПСО. После установления соответствия реальной схеме связи радиорелейной линии схеме, установленной в редакторе связей ПСО, следует провести процедуру маршрутизации, при которой в энергонезависимую память каждого узла ТУТС записывается карта маршрутов (таблица связей изделий с указанием портов). По сформированным каналам передачи и соединениям между изделиями возможна передача телеметрической информации. Узел ТУТС обрабатывает входящие данные и транслирует их в направлении изделия-адресата. При получении пакета изделие-адресат извлекает содержащуюся в нем команду и выполняет ее или передает в исполнительное устройство. Так происходит сбор данных о режимах и параметрах ППУ и изделия в целом. Выполнение удаленных команд происходит по защищенному от ошибок в радиоканале алгоритму.

Узел ТУТС осуществляет контроль и управление внешними устройствами пользователя по четырем дискретным каналам.

Для передачи и приема данных по дискретным каналам к разъему ДК, расположенному на передней панели МД1-1Л, должны быть подключены внешние устройства пользователя (датчики сигнализации и управляемые устройства).

Входной и выходной преобразователи дискретных каналов обеспечивают гальваническую развязку цепей узла от внешних устройств пользователя. Развязка достигнута применением оптронов DC-DC преобразователя.

При соединении входа сигнализации, т. е. при замыкании датчика внешнего устройства, с общим проводом дискретных каналов контроллер воспринимает состояние этого входа как логическую «1». Направление тока – в сторону общего провода. Коммутация (замыкание датчика) может быть выполнена с помощью механических контактов или транзисторных ключей. Коммутирующее устройство должно быть рассчитано на напряжение 10 В и ток 10 мА.

Выходной преобразователь представляет собой нормально разомкнутое оптоэлектронное реле с максимальным током 25 мА и максимальным прикладываемым напряжением 60 В. Запись логическая «1» на выход какого-либо канала означает открытие ключа, через который может протекать ток до 25 мА.

Используется один общий провод для ключей всех каналов. Направление

тока – в сторону ключа. Таким образом, ключ может быть использован для коммутации реле или других исполнительных устройств.

При помощи ПСО осуществляется чтение и установка значений дискретных каналов изделия, которые отображаются на дисплее ПЭВМ в пункте «Управление дискретными каналами» иерархической структуры окна параметров изделия. Значения дискретных каналов могут быть установлены и по умолчанию. Эти значения запоминаются в энергонезависимой памяти узла ТУТС и записываются в выходы дискретных каналов при включении аппаратуры. При этом состояние выходов дискретных каналов будет повторять состояние одноименных входов дискретных каналов удаленного изделия.

В процессе приема данных узлом демультиплексирования непрерывно происходит контроль достоверности передачи данных. При передаче основного потока узел мультиплексирования формирует контрольную сумму и передает ее в одном из служебных каналов. На приемной стороне узел демультиплексирования заново подсчитывает контрольную сумму и сравнивает ее с принятой. В случае несовпадения контрольных сумм на узел управления и сигнализации передается сигнал ошибки.

Используя эту информацию, контроллер узла ТУТС рассчитывает значения коэффициентов BER за 1 с и за 15 мин для каждого ствола, а также ES, SES, UAS, ESR, SESR и время измерения для потока рабочего ствола (поток после узла резервирования), которые поступают в ПСО.

На дисплее ПЭВМ в пункте «Качество связи» иерархической структуры окна параметров изделия отображается:

– BER (Bit Error Rate) – коэффициент битовых ошибок. Вычисляется для каждого ствола на интервале 1 с и 15 мин. Рассчитывается исходя из предположения, что при несовпадении CRC на приемном конце в пакете существует одна битовая ошибка.

– ES (Errored Second) – количество пораженных ошибками секунд. Вычисляется после прохождения сигнала через узел резервирования. Пораженная ошибками секунда засчитывается, если за интервал 1 с на приемном конце обнаружены пораженные пакеты, но их количество меньше 30 % от общего количества пакетов, проходящих за 1 с.

– SES (Severely Errored Second) – количество критически пораженных ошибками секунд. Вычисляется после прохождения сигнала через узел резервирования. Критически пораженная ошибками секунда засчитывается, если за интервал 1 с на приемном конце обнаружены пораженные пакеты в количестве, равном или превышающем 30 % от общего количества пакетов, проходящих за 1 с.

– UAS (Unavailable Second) – время неготовности, измеряемое в секундах. Условием определения начала периода неготовности является обнаружение 10 подряд идущих критически пораженных ошибками секунд (SES), которые зачисляются как 10 с периода неготовности. Условием определения окончания периода неготовности является обнаружение 10 подряд идущих секунд, свободных от критических ошибок (ES или секунды без ошибок), которые не включаются в длительность периода неготовности.

– ESR (Errored Second Ratio) – отношение количества пораженных ошибками секунд к общему времени измерения.

– SESR (Severely Errored Second Ratio) – отношение количества критически пораженных ошибками секунд к общему времени измерения.

– «Время измерения» – время, в течение которого выполнялся подсчет показателей ES, SES, UAS и расчет показателей ESR, SESR.

Алгоритмы расчета ES, SES, UAS, ESR, SESR соответствуют рекомендации G.826.

При выполнении команды «Сброс счетчика» показатели ES, SES, UAS, ESR, SESR сбрасываются в ноль, а отсчет времени измерения начинается заново.

На основе информации о битовых ошибках работают алгоритмы резервирования по критерию достоверности передачи. Результатом работы этих алгоритмов является переключение узла резервирования на прием из соответствующего ствола.

При конфигурации двухчастотного резервирования «1+1» («горячий» резерв) узел резервирования осуществляет автоматический временной сдвиг (выравнивание) ЦС, выравнивание фазы ЦС резервного ствола по ЦС рабочего ствола и безобрывное переключение основного цифрового потока между стволами по управляющей команде в случае ухудшения качества связи или перерыва связи.

Кроме того, в режиме автоматического резервирования осуществляется буферизация данных первого и второго ствола. При работе в режиме «горячего» резерва узел резервирования автоматически выбирает буфер данных того ствола, где не содержится ошибка. Данный режим работы позволяет значительно понизить уровень остаточного коэффициента ошибок.

Узел служебной связи предназначен для голосовой связи между обслуживающим персоналом изделий по схеме точка-точка. Тип связи – дуплексный.

Цифровой канал служебной связи получен путем цифроаналогового преобразования речевого сигнала и компандирования по закону А.

Характеристики канала:

– полоса частот от 300 до 3300 Гц;

- скорость передачи по цифровому каналу связи 64 кбит/с;
- неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) составляет  $\pm 1$  дБ;

- уровень психофотометрического шума равен  $\pm 35$  дБ.

Пользовательский интерфейс узла служебной связи представляет собой двухпроводной абонентский интерфейс (FXS), к которому подключается обычный стационарный телефонный аппарат.

Используются следующие тоновые сигналы (имитация «ответов изделия»):

- «Ответ изделия». Непрерывная частота 425 Гц.
- «Контроль посылки вызова». Периодическая передача частоты 425 Гц с параметрами: посылка 1 с, пауза 4 с.

- «Занято». Линия занята или абонент занят. Периодическая передача частоты 425 Гц с параметрами: посылка 0,4 с, пауза 0,4 с.

При входящем звонке на телефонный аппарат подается сигнал вызова.

Узел контроля и управления осуществляет сбор информации об авариях и состоянии группового потока и передачу ее в ПСО.

Обнаружение аварий осуществляется при помощи следующих сигналов:

- LOS (Loss of Signal) – потеря цифрового сигнала;
- AIS (Alarm Indication Signal) – индикация аварийного состояния.

Выставление сигнала AIS означает передачу в цифровом потоке всех символов «1».

Обнаружение аварий осуществляется в четырех точках цифрового тракта изделия в соответствии с рис. 24. Аварии определяются по входу потоков E1 (AISE1, LOSE1), по входу модема ППУ от МД1-1Л (AIS ППУ, LOS ППУ), по входу приема ППУ (AIS ПК) и по входу МД1-1Л (AIS МД, LOS МД).

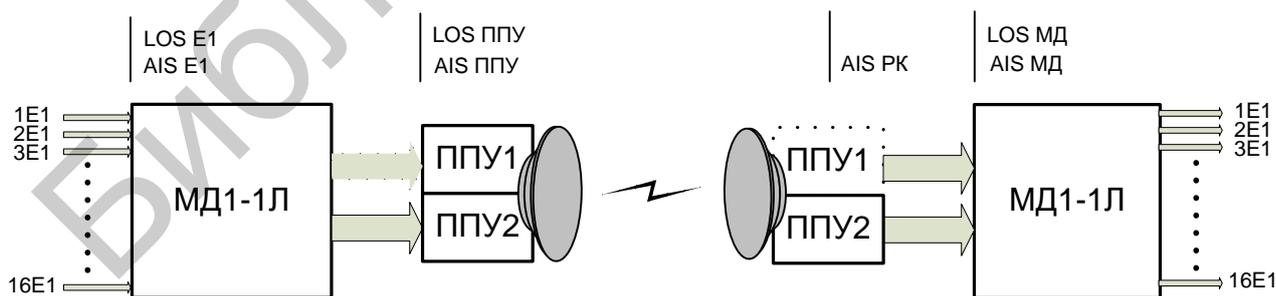


Рис. 24. Обнаружение аварий

На дисплее ПЭВМ в пункте «Флаги ошибок» иерархической структуры окна параметров изделия отображаются следующие состояния группового потока МД1-1Л:

– «ПРМ. Ствол» – контроль входного группового потока по стволам. Флаги имеют три состояния: «норма», «AIS», «LOS».

– «Захват СЦС» – показывает состояние захвата сверхцикловой синхронизации группового потока по стволам.

– «Раб. Ствол» – состояние выходного группового потока, обработанного узлом резервирования.

Правила определения сигналов AIS и LOS соответствуют рекомендации G.775.

1. При срыве синхронизации или отсутствии (малом уровне) сигнала LOSE1 по входу цифрового потока E1 автоматически выставляется сигнал AIS на передачу (передает в групповом потоке вместо основного цифрового потока сигнал из символов «1»).

2. При срыве синхронизации или отсутствии (малом уровне) сигнала LOS ППУ группового цифрового потока по входу передачи модема ППУ модем автоматически выставляет сигнал AIS на передачу в радиоканал (передает в групповом потоке сигнал из символов «1»).

3. При срыве синхронизации или отсутствии (малом уровне) сигнала промежуточной частоты (ПЧ) по входу приема модема ППУ модем автоматически выставляет AIS на передачу в кабель (передает в групповом потоке сигнал из символов «1»).

4. При срыве синхронизации или отсутствии (малом уровне) группового сигнала из кабеля МД1-1Л выставляет AIS на передачу по выходу основного цифрового потока (передает вместо основного цифрового потока сигнал из символов «1»).

Узел контроля и управления осуществляет сбор данных о состоянии и режимах работы ППУ, формирует команды управления и передает их в ППУ.

Вся информация по запросу пользователя выводится в ПСО.

На дисплее ПЭВМ в пункте «Телеметрия» иерархической структуры окна параметров изделия отображается:

– «Связь с ППУ» – контролирует связь ППУ и МД1-1Л по каналу телеметрии в процентах. Отсутствие связи означает, что ППУ неуправляемо. Измеряется для каждого ствола отдельно.

– «ЦС МД» – уровень цифрового сигнала, измеряемый в МД1-1Л по приему от ППУ. Измеряется для каждого ствола отдельно.

– «КЗ кабель» – состояние электронной защиты от короткого замыкания в кабеле снижения (кабель, соединяющий МД1-1Л и ППУ).

– «Приемный ствол» – ствол, по которому осуществляется прием данных

из радиоканала. В режиме автоматического управления может не совпадать с устанавливаемым в меню «Управление» приемным стволом.

На дисплее ПЭВМ в пункте «Управление» иерархической структуры окна параметров изделия отображается «Питание ППУ» (включено/выключено питание ППУ) [4].

Библиотека БГУИР

## 5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

### ИЗМЕРЕНИЕ И АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ПЕРВИЧНОГО СЕТЕВОГО СТЫКА

#### Цель работы

1. Закрепить практические навыки подготовки ко включению, включения и проверки работоспособности ЦРПС Р-424.
2. Получить практические навыки работы с измерительными приборами и научиться делать выводы по результатам измерений.
3. Исследовать первичный сетевой стык Е1.

#### 5.1. Задание на лабораторную работу

1. Подготовить прибор АФК-3 к работе и подключить его к ЦРПС Р-424.
  2. Измерить параметры стыка Е1.
  3. Оценить работоспособность оборудования по результатам измерений.
- Сделать выводы исходя из полученных результатов.

#### 5.2. Краткие теоретические сведения

Стыки цифровых каналов передачи и групповых трактов первичной сети предназначены для соединения каналов и трактов при организации транзитов по составным каналам, а также для подключений оконечного оборудования систем передачи и коммутации, аппаратуры вторичных сетей и аппаратуры потребителей. Другими словами, стык – это правило взаимодействия двух устройств, одного или разных уровней цифровой иерархии, для беспрепятственного функционирования данных устройств, причем необходимо, чтобы каждое из них было разработано в соответствии с требованиями рекомендаций Международного союза электросвязи (МСЭ-Т).

Стыки обеспечивают обмен информационными сигналами и сигналами синхронизации между такими компонентами сети, как каналообразующее оборудование, группообразующее оборудование, оборудование линейных трактов, абонентские устройства и другие узлы сетей передачи. Понятие стык характеризует физический уровень модели взаимодействия открытых систем.

Все физические параметры стыковых сигналов жестко регламентированы.

Параметры, по которым нормируются стыки цифровых каналов, представлены в табл. 15.

Данная лабораторная работа позволит практически исследовать стык E1, проанализировать соответствие действительности физических параметров стыкового сигнала.

Анализатор АФК-3 предназначен для наладки, тестирования и обслуживания систем передачи PDH и SDH, работающих по стыку E1 с симметричным интерфейсом на скорости 2048 кбит/с. Прибор является полноценным анализатором измерительного класса: содержит генератор и два приемника, имеет возможность анализа джиттера, битовых и кодовых ошибок.

Таблица 15

Нормы на физические параметры стыка E1

Наименование параметра	Значение
Код передачи	HDB-3
Номинальная форма импульса (прямоугольная) (рис. 25)	Маска сигнала
Измерительное нагрузочное сопротивление, Ом	120±1,2
Амплитуда импульса стыкового сигнала любой полярности на нагрузочном сопротивлении, В	3,0±0,3
Пиковое напряжение любой полярности в отсутствие импульса стыкового сигнала на нагрузочном сопротивлении, В	0±0,3
Номинальное значение длительности импульса, нс	244
Отношение амплитуд импульсов разной полярности в середине импульса (по длительности)	0,95...1,05
Отношение длительности импульсов разной полярности на уровне половины номинальной амплитуды	0,95...1,05
Допустимое отклонение скорости выходного цифрового потока (ЦП), кбит/с	2048±0,102
Допустимый размах фазового дрожания, измеренный с использованием полосового фильтра с граничными частотами 20 Гц и 100 кГц и спадом 20 дБ на декаду	Не более 1,5 тактового импульса (ТИ), ТИ равен 488 нс
Предельно допустимый размах фазового дрожания, измеренный на полосовом фильтре с граничными частотами 18 кГц и 100 кГц и спадом 20 дБ на декаду	Не более 0,2 тактового интервала
Затухание асимметрии на выходе порта в диапазоне частот от 103 до 2048 кГц, дБ, не менее	34

АФК-3 включает в себя генератор испытательных сигналов, два входа для одновременного анализа потоков E1, тестер для измерения коэффициента бито-

вых ошибок, функцию измерения тактовой частоты, джиттера и уровня сигнала.

Передачик АФК-3 позволяет формировать ИКМ-сигнал разной структуры, вводить информацию в выбранные каналные интервалы и циклы, вводить сигналы аварии и извещений, а также разнородные ошибки.

Прибор обеспечивает следующие функциональные возможности:

- 1) генерацию потока E1:
  - без структуры;
  - с цикловой структурой;
  - с цикловой структурой и процедурой CRC;
  - со сверхцикловой структурой;
  - со сверхцикловой структурой и процедурой CRC;
  - со структурой входного потока
- 2) формирование линейного кода HDB3 и AMI потока E1;
- 3) введение псевдослучайной последовательности (ПСП) и другой тестовой информации в поток E1 с заполнением произвольных каналных интервалов (КИ);
- 4) введение сигналов AIS, RAI, MRAI, битов E, ложного AIS;
- 5) введение в поток E1 ошибок:
  - битовых (однократно и по заданному коэффициенту);
  - кодовых (однократно и по заданному коэффициенту);
  - ошибок циклового синхромаркера (однократно);
- 6) разные способы синхронизирования;
- 7) введение фазовых дрожаний в передаваемый сигнал;
- 8) распознавание типа линейного кода;
- 9) измерение фазовых дрожаний потока E1;
- 10) измерение тактовой частоты потока E1 по входу А;
- 11) измерение по входу А относительного уровня линейного сигнала по отношению к номинальному уровню передачи;
- 12) определение разности скоростей потоков на входах А и В;
- 13) распознавание ошибок линейного кода;
- 14) контроль цикловой и сверхцикловой синхронизации, CRC-4, битов E;
- 15) контроль проскальзываний;
- 16) распознавание сигналов AIS, RAI, MRAI.

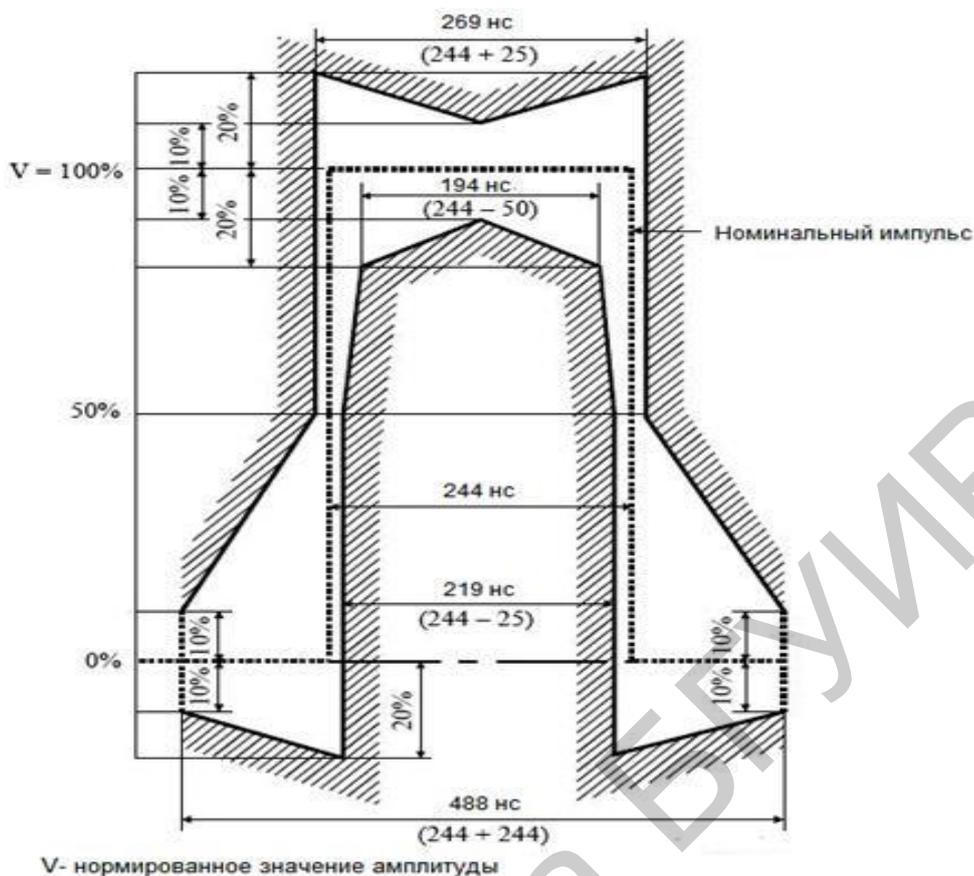


Рис. 25. Номинальная форма импульса

### 5.3. Порядок выполнения лабораторной работы

#### 5.3.1. Описание лабораторного макета

Лабораторный макет включает:

- ЦРРС Р-424;
- соединительный кабель для Р-424 (ввод 8 потоков Е1);
- анализатор первичного сетевого стыка АФК-3;
- приемопередающий кабель для измерений к АФК-3;
- кабель подключения Р-424 к ЭВМ 2015.

Лабораторная установка позволяет путем организации стационарного шлейфа на Р-424 произвести измерения параметров первичного сетевого стыка Е1.

Прибор АФК-3 является источником детерминированного структурированного сигнала со скоростью 2048 кбит/с, соответствующего требованиям МСЭ-Т, вводимого в соответствующий интерфейс модуля доступа МД1-1Л Р-424. Также АФК-3 является анализатором этого же сигнала на выходе данного интерфейса вследствие организации шлейфа. Подключение прибора к модулю доступа МД1-1Л Р-424 реализуется посредством соединительного и приемопередающего кабелей.

Организация станционного шлейфа производится с помощью ЭВМ 2015, которая соединяется с Р-424 управляющим кабелем через СОМ-порт.

### 5.3.2. Варианты выполнения работы

Лабораторная работа выполняется строго в соответствии с вариантом, указанным преподавателем, исходные данные к вариантам приведены в табл. 16.

Таблица 16

Варианты для выполнения лабораторной работы №1

Вариант	Параметр					
	Частота ПРМ/ПРД, ГГц	Номер потока	Структура цикла	Канальные интервалы	Кодовая комбинация	Циклы
1	4418/4730	5	ИКМ30	6, 7, 8	11111111	Все
2	4730/4418	6	ИКМ30	23, 24, 25	00011000	Все
3	4446/4758	7	ИКМ31	9, 10, 11	11110000	Все
4	4758/4446	8	ИКМ31	26, 27, 28	00001111	Все
5	4474/4786	1	ИКМ30с	6, 7, 8	10101010	Все
6	4786/4474	2	ИКМ30с	23, 24, 25	01010101	Все
7	4502/4814	3	ИКМ31с	9, 10, 11	11001100	Все
8	4814/4502	4	ИКМ31с	26, 27, 28	00110011	Все

### 5.3.3. Порядок подготовки лабораторного макета

1. Включение ЭВМ 2015.

Включить устройство бесперебойного питания, затем нажать кнопку включения ЭВМ и монитора.

2. Включение Р-424.

Проверить, что переключатели «F1»–«F6» блока питания и «ПИТ.» станции Р-424 находятся в положении «ВЫКЛ.».

Заземлить станцию при помощи соответствующего кабеля.

Перед включением Р-424 произвести ее внешний осмотр.

Проверить правильность и надежность подключения кабелей.

Воткнуть вилку блока питания в розетку и дождаться его полной загрузки, контролируя на дисплее напряжение питания станции, которое должно находиться в пределах от 39 до 72 В.

Переключатель «F5» блока питания установить в положение «ВКЛ», после чего индикатор «ПИТ1» станции Р-424 загорится зеленым цветом.

Переключатель «ПИТ.» станции Р-424 установить в положение «ВКЛ.». После загрузки внутренней программы модуля доступа и приемопередающего устройства (примерно через 30–40 с) загорятся индикаторы «ETHERNET ПРМ», «ETHERNET ПРД», «ППУ1 ПРМ», «ППУ1 ПРД» и «МД».

3. Включение прибора АФК-3.

Подключить питающий кабель к прибору и воткнуть вилку в розетку.

Нажать кнопку включения на передней панели устройства.

4. Подключить ЭВМ 2015 к Р-424 управляющим кабелем через порт СОМ 3.

5. Подключить соединительный кабель от интерфейса Е1–Е8 модуля доступа к приемопередающему кабелю от АФК-3.

### 5.3.4. Настройка ЦРРС Р-424

С помощью ПСО «Мастер 3» произвести настройку Р-424.

1. Запустить ПСО «Мастер 3» через опцию «Пуск».

2. Создать топологию сети: 2 ЦРРС Р-424 с номерами «05» и «06».

3. Установить связь между станциями на частотах согласно табл. 16.

Двойным щелчком кнопки мыши по иконке РРС открыть окно управления параметрами станции (рис. 26). Щелчком кнопки мыши по строке «МД1-1Л» вызвать контекстное меню и обновить конфигурацию (см. рис. 26). Те же действия повторить со строкой «ППУ».

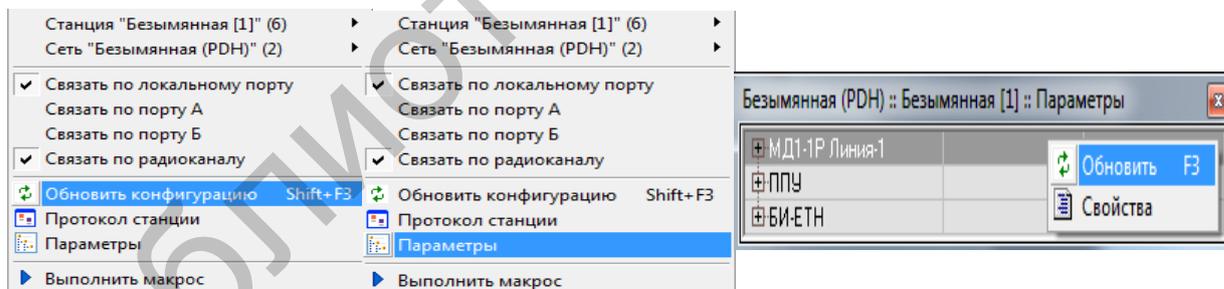


Рис. 26. Окна управления параметрами ЦРРС Р-424

Развернуть вкладку «ППУ», затем «Управление», далее щелчком кнопки мыши по строке «Частоты приемника (передатчика)» вызвать контекстное меню, в котором выбрать опцию «Изменить» (рис. 27). В открывшемся окне установить частоты приемника и передатчика в соответствии с вариантом (см. рис. 27). **ОБЯЗАТЕЛЬНО** убрать отметку «Временное изменение»!

4. Обновить конфигурацию своей и противоположной ЦРРС.

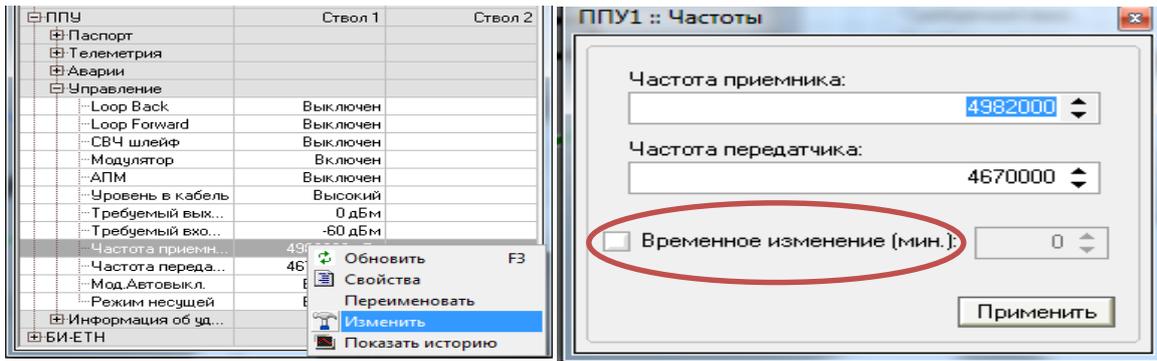


Рис. 27. Окна установки частот для работы ЦРРС Р-424

### 5.3.5. Установка ближнего шлейфа

Установить шлейф на МД1-1Л своей станции.

В окне управления параметрами своей ЦРРС развернуть вкладки «МД1-1Л» → «Управление» → «Шлейфование» и в строке «Шлейф N-E1» с номером потока N согласно варианту щелчком кнопки мыши вызвать контекстное меню, в котором выбрать опцию «Изменить» (рис. 28).

В появившемся окне включить шлейфование, выбрав строку «Back», нажать клавишу «Применить» (см. рис. 28). Обновить конфигурацию МД1-1Л.

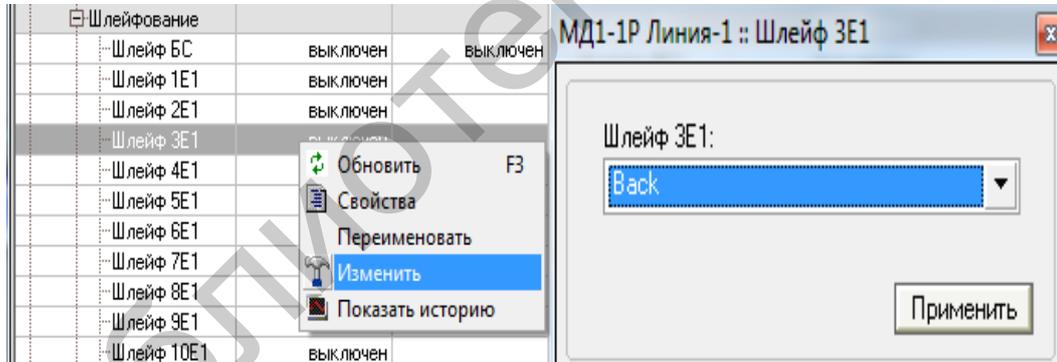


Рис. 28. Окна управления состоянием потоков

### 5.3.6. Исследование стыкового сигнала по ближнему шлейфу

1. На АФК-3 произвести настройку передатчика, приемника.

Вкладка «Формирователь потока» – «Структура» (согласно варианту) (рис. 29).

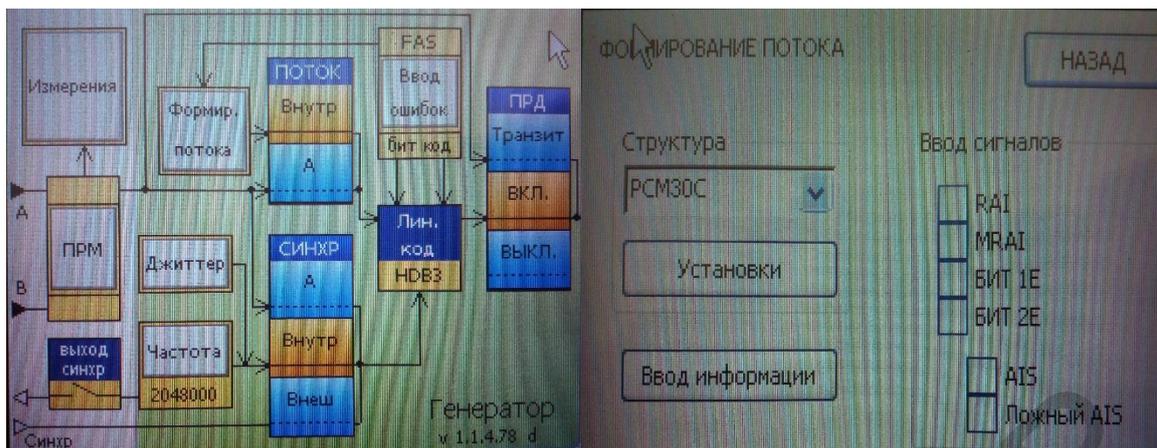


Рис. 29. Окно формирования потока

Вкладка «Формирователь потока» – «Ввод информации» – «Вводимая информация» – «const» (рис. 30).



Рис. 30. Меню ввода кодовой комбинации

Вкладка «Формирователь потока» – «Ввод информации» – «const» – ввести кодовую комбинацию согласно варианту (см. рис. 30).

Вкладка «Формирователь потока» – «Ввод информации» – «Выбор» – «КИ» (согласно варианту) (см. рис. 30).

Вкладка «Формирователь потока» – «Ввод информации» – «Выбор» – «Цикл» – «Выбрать все» (см. рис. 30).

Вкладка «ПОТОК» – «Внутр» (см. рис. 29).

Вкладка «Лин. код» – «HDB3» (см. рис. 29).

Вкладка «СИНХР» – «Внутр» (см. рис. 29).

Вкладка «ПРД» – «ВКЛ» (см. рис. 29).

Вкладка «ПРМ» – «Структура» (согласно варианту) (рис. 31).

Вкладка «ПРМ» – «Линейный код» – «HDB3» (см. рис. 31).

Вкладка «ПРМ» – «КИ» (согласно варианту) (см. рис. 31).

Вкладка «ПРМ» – «Вх. А 120 Ом» (поставить отметку) (см. рис. 31).

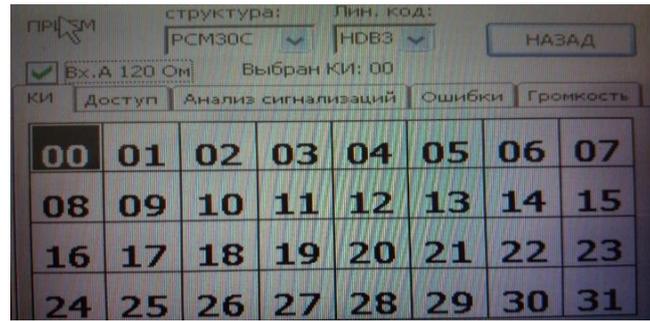


Рис. 31. Меню приемника цифрового потока

2. Проанализировать сигнал на входе АФК-3.

Определить соответствие переданной и принятой кодовой комбинации. Выбрать один из КИ, указанных согласно варианту (см. табл. 16), и соответствующий ему КИ на вкладке «ПРМ» – «КИ», перейти во вкладку «Доступ» и сравнить переданную и принятые комбинации.

Определить линейный код.

Определить частоту сигнала ( $F_{\text{сигн}}$ , Гц) и его уровень ( $P_{\text{сигн}}$ , дБм).

Вкладка «Измерения» – «Параметры лин. сигнала» – «Уровень, частота».

Определить длительность импульса

$T_{\text{имп}} = 1/F_{\text{сигн}} \cdot 2$ , нс (умножение на два из-за 50 % заполнения тактового импульса).

Определить скорость передачи символов сигнала:

$C_{\text{сигн}} = 1/T_{\text{имп}}$ , кбит/с.

Отразить результаты измерений в отчете по лабораторной работе.

### 5.3.7. Установка дальнего шлейфа

Установить шлейф на МД1-1Л противоположной станции.

В окне управления параметрами своей ЦРПС развернуть вкладки «МД1-1Л» → «Управление» → «Шлейфование» и в строке «Шлейф N-E1» с номером потока  $N$  согласно варианту, щелчком кнопки мыши вызвать контекстное меню, в котором выбрать опцию «Изменить».

В появившемся окне выбрать опцию «Выключен», нажать клавишу «Применить». Обновить конфигурацию МД1-1Л.

В окне управления параметрами своей ЦРПС развернуть вкладки «МД1-1Л» → «Управление» → «Шлейфование» и в строке «шлейф N-E1» с номером потока  $N$  согласно варианту щелчком кнопки мыши вызвать контекстное меню, в котором выбрать опцию «Изменить».

В появившемся окне выбрать опцию «Forward», нажать клавишу «Применить» (рис. 32). Обновить конфигурацию МД1-1Л.

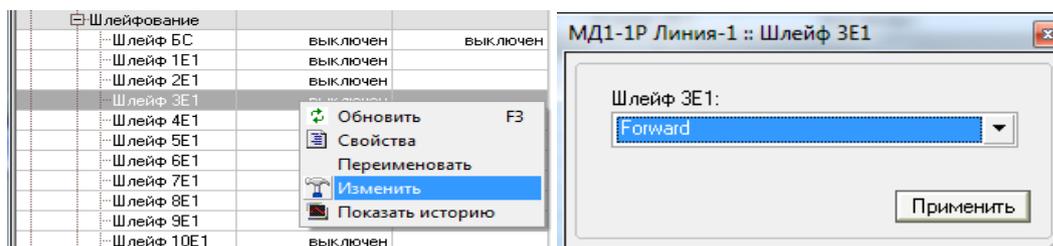


Рис. 32. Окна управления состоянием потоков

### 5.3.8. Исследование стыкового сигнала по дальнему шлейфу

Повторить порядок измерений согласно п. 5.3.6.

Отразить результаты измерений в отчете по лабораторной работе.

В конце работы сделать общий вывод по двум пунктам измерения.

### 5.3.9. Выключение лабораторного макета

Удалить с карты созданную топологию сети.

Переключатель «ПИТ» модуля доступа устройства установить в положение «ВЫКЛ». Переключатель «F5» блока питания установить в положение «ВЫКЛ» и вынуть вилку блока питания из розетки.

Выключить ЭВМ 2015, монитор и устройство бесперебойного питания.

Выключить прибор АФК-3.

Отключить используемые в лабораторной работе кабели и привести их в исходное положение.

## 6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

### ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РРЛ, ОБРАЗОВАННЫХ ЦРРС Р-424 (Р-429)

#### Цель работы

1. Закрепить практические навыки подготовки ко включению, включения и проверки работоспособности ЦРРС Р-424 (Р-429).
2. Углубить знания о показателях качества по ошибкам РРЛ, образованных ЦРРС Р-424 (Р-429).
3. Научиться производить оценку качества РРЛ по результатам анализа измерений параметров линии.
4. Получить опыт эксплуатации ЦРРС Р-424 (Р-429) в различных режимах работы.

#### 6.1. Задание на лабораторную работу

1. Включить и настроить ЦРРС Р-424 (Р-429).
2. Перевести станцию в режим шлейфа и измерить параметры станции.
3. Снять шлейф, установить связь с корреспондентом и измерить параметры линии.
4. По результатам измерений оценить качество радиорелейной линии.

#### 6.2. Краткие теоретические сведения

ЦРРС Р-424 предназначена для построения беспроводных сетей связи прямой видимости, передачи цифровой информации в дуплексном режиме при эксплуатации в стационарных и подвижных объектах (на колесной транспортной базе) без работы в движении.

##### ***ЦРРС Р-424 обеспечивает:***

- передачу цифровой информации в обоих направлениях диапазона частот от 4,4 до 5,0 ГГц с пропускной способностью  $1 \times E1$ ,  $4 \times E1$  и  $16 \times E1$ ;
- передачу Ethernet-трафика со скоростью до 32 Мбит/с вместо соответствующего количества каналов  $E1$ ;
- работу в конфигурациях системы «1+0», «2+0», «1+1» и «1+1пр»;
- подключение двух ППУ к одному модулю доступа с полноценной системой резервирования, автоматическое безобрывное резервирование и выбор

лучшего ствола по критериям достоверности и аппаратной исправности (при конфигурациях «1+1» и «1+1пр»);

- контроль качества связи на интервале независимо по направлениям;
- функционирование дистанционной системы ТУТС радиорелейной линии произвольной топологии под управлением ПСО «МАСТЕР»;
- цифровой канал служебной связи с селективным вызовом (с использованием двухпроводного окончания);
- резервирование первичного питания;
- передачу данных и питания ППУ по одному кабелю снижения.

ЦРРС Р-429 предназначена для передачи цифровой информации с пропускной способностью 2048 кбит/с, построения беспроводных сетей связи прямой видимости и передачи цифровой информации в дуплексном режиме.

***ЦРРС Р-429 обеспечивает:***

- передачу цифровой информации со скоростью 2048 кбит/с;
- конфигурации системы «1+0» и «1+1» с резервированием ствола;
- построение беспроводных сетей связи прямой видимости для передачи цифровой информации в дуплексном режиме;
- эксплуатацию в стационарных и подвижных объектах (на колесной транспортной базе) без работы в движении.

Система телеметрии обеспечивает измерение следующих параметров:

- сигналы AIS, LOS;
- уровни  $P_{вх}$  и  $P_{вых}$  для ППУ;
- коэффициент ошибок BER за 1 с и за 15 мин отдельно по стволам;
- подсчет ошибок ES, SES, UAS, ESR, SESR рабочего ствола;
- количество отданных, принятых и сбойных пакетов Ethernet.

Качество передачи контролируется с помощью встроенной функции измерения коэффициента битовых ошибок при помощи процедуры CRC.

Шлейфы дальнего и ближнего концов могут использоваться для тестирования и локализации неисправностей.

***Параметры качества:***

BER 1с – количество битовых ошибок за 1 с.

ES<sub>вых</sub> – Errored Second – количество пораженных ошибками секунд. Пораженная ошибками секунда засчитывается, если за интервал 1 с на приемном конце получено пораженных пакетов меньше 30 % от их общего количества, проходящего за 1 с.

SES<sub>вых</sub> – Severely Errored Second – количество критически пораженных ошибками секунд. Секунда считается критически пораженной ошибками, если количество пораженных ошибками пакетов на приемном конце больше или равно 30 % от их общего числа пришедших за эту секунду.

$UAS_{\text{вых}}$  – Unavailable Second – время неготовности, период, за который изделие не может обеспечить качественную связь по причине сильной поразженности сигнала ошибками. Условием определения начала периода неготовности является обнаружение десяти подряд идущих критически пораженных ошибками секунд (SES). При этом упомянутые десять критически пораженных ошибками секунд засчитываются как 10 с периода неготовности. Условием определения окончания периода неготовности является обнаружение десяти подряд идущих секунд, свободных от критических ошибок (ES или секунды без ошибок). При этом упомянутые 10 с, свободных от критических ошибок, не включаются в длительность периода неготовности.

$ESR_{\text{вых}}$  – Errored Second Ratio – отношение количества пораженных ошибками секунд к общему времени измерения.

$SESR_{\text{вых}}$  – Severely Errored Second Ratio – отношение количества критически пораженных ошибками секунд к общему времени измерения.

LOS – отсутствие или малый уровень входного сигнала или потеря цикловой синхронизации из-за высокого коэффициента битовых ошибок.

### **6.3. Порядок выполнения лабораторной работы**

#### **6.3.1. Описание лабораторной установки**

Лабораторная установка включает:

- ЦРРС Р-424;
- ЦРРС Р-429;
- кабель подключения Р-424, Р-429 к ЭВМ 2015.

Управление ЦРРС осуществляется с помощью ЭВМ 2015, посредством ПСО «Мастер 3», путем подключения ЦРРС кабелем подключения на СОМ-порт.

Лабораторная установка позволяет путем регулировки изменяемых параметров радиорелейной линии выяснить минимальную величину данных параметров, при которых устройство будет сохранять свою работоспособность и обеспечивать связь с заданным коэффициентом ошибок по битам на заданной вариант частоте передачи и приема.

Таким образом, некоторый изменяемый параметр РРЛ изменяется на ЦРРС Р-424(Р-429), затем фиксируются изменения показателей качества связи, делается вывод о надежности и устойчивости связи. Выполнение работы предусматривает использование оборудования в режиме связи с корреспондентом и в режиме шлейфа ППУ. Также фиксируется значение всех выносимых для изучения контролируемых параметров оборудования и РРЛ.

### 6.3.2. Варианты выполнения работы

Лабораторная работа выполняется в соответствии с вариантом, указанным преподавателем, исходные данные к вариантам приведены в табл. 17.

Таблица 17

Варианты для выполнения лабораторной работы №2

Вариант	Р-424	Р-429
	Частота ПРМ/ПРД, МГц	Частота ПРМ/ПРД, МГц
1	4418/4730	320
2	4730/4418	320
3	4446/4758	380
4	4758/4446	380
5	4474/4786	440
6	4786/4474	440
7	4502/4814	470
8	4814/4502	470

### 6.3.3. Порядок подготовки лабораторного макета

1. Включение ЭВМ 2015.

Включить устройство бесперебойного питания, затем нажать кнопку включения ЭВМ и монитора.

2. Включение ЦРРС Р-424, Р-429.

Проверить, что переключатели «F1»–«F6» блока питания и «ПИТ.» станции Р-424, Р-429 находятся в положении «ВЫКЛ.».

Проверить кабель заземления станций.

Перед включением Р-424, Р-429 произвести внешний осмотр станций.

Проверить правильность и надежность подключения кабелей.

Проверить наличие подключения нагрузки (линии) к ППУ. Без подключенной нагрузки включение ППУ ЗАПРЕЩЕНО!!!

Воткнуть вилку блока питания в розетку и дождаться его полной загрузки, контролируя на дисплее напряжение питания станции, которое должно находиться в пределах от 39 до 72 В.

Переключатель «F5» (Р-424) или «F6» (Р-429) блока питания установить в положение «ВКЛ», после чего индикатор «ПИТ1» станции Р-424 (Р-429) загорится зеленым цветом.

Переключатель «ПИТ.» станции установить в положение «ВКЛ.». После загрузки внутренней программы модуля доступа и приемопередающего устройства (примерно через 30–40 с) загорятся индикаторы: «ETHERNET ПРМ», «ETHERNET ПРД», «ППУ1 ПРМ», «ППУ1 ПРД» и «МД».

### 6.3.4. Настройка ЦРРС Р-424

Порядок настройки ЦРРС Р-424 описан в п. 5.3.4 лабораторной работы №1.

### 6.3.5. Исследование показателей качества по ошибкам на ближнем шлейфе ЦРРС Р-424

Установить шлейф на ППУ своей станции.

В окне управления параметрами своей ЦРРС (рис. 33) развернуть вкладки «ППУ» → «Управление» → «Loop Back» и щелчком мыши вызвать контекстное меню, в котором выбрать опцию «Изменить».

В появившемся окне включить шлейфование, выбрав строку «Включено», нажать клавишу «Применить». Обновить конфигурацию ППУ.

ППУ	Ствол 1	Ствол 2
Паспорт		
Телеметрия		
Аварии		
Управление		
Loop Back	Выключен	
Loop Forward	Выключен	
СВЧ шлейф	Выключен	
Модулятор	Включен	
АПМ	Выключен	
Уровень в кабель	Высокий	
Требуемый выхо...	0 дБм	
Требуемый вход ...	-70 дБм	
Частота приемни...	4758000 кГц	
Частота передатч...	4446000 кГц	

Рис. 33. Окно управления параметрами ППУ

На развернутых вкладках «ППУ», «МД1-1Р» (рис. 34) в окне параметров своей станции наблюдать значения контролируемых параметров. Осуществлять записи в отчете об их значениях, делать выводы о причинах таковых значений.

МД1-TR Линия-1		
+ Паспорт		
- Телеметрия		
- Флаги ошибок	Ствол 1	Ствол 2
- Прм. ствол	норма	LOS
- Захват СЦС	есть	нет
- Раб. ствол	норма	
+ Состояние E1		
- Качество связи	Ствол 1	Ствол 2
- BER 1с	0 [8e-3]	5e-4 [7e-4]
- BER 15мин	4e-5 [5e-4]	5e-4 [5e-4]
- BER 1с вых	0 [6e-4]	
- BER 15мин в...	4e-5 [4e-4]	
- ES вых	1	
- SES вых	0	
- UAS вых	66	
- ESR вых	1e-3	
- SESR вых	0	
- Время измер...	959 сек	
- Сброс счетчи...		
- Подкл. TR1	нет	
- Подкл. TR2	нет	
- Связь с устройс...	100 %	
- Температура	29 [-10/50] C	
- Приемный ствол	первый	
+ БС		
+ Дискретные ка...		
+ Управление		
- ППУ	Ствол 1	Ствол 2
+ Паспорт		
+ Телеметрия		
+ Аварии		
+ Управление		
+ Информация об уд...		

Рис. 34. Окно состояния связи

Зафиксировать значения следующих параметров:

- Прм. Ствол;
- Захват СЦС;
- Раб. Ствол;
- NE1;
- BER 1 с;
- BER 15 мин;
- ES;
- SES;
- UAS;
- ESR;
- SESR;
- время измерений;
- температура;
- приемный ствол;
- уровень сигнала.

Изменить значения параметров BER 1 с, BER 15 мин.

На развернутых вкладках «ППУ», «МД1-1Р» (рис. 35) в окне параметров своей станции щелчком кнопки мыши по строке каждого из параметров, изменить заданные пороги параметров.

Перетягивать ползунки значений параметра в зоны низких и высоких значений, утверждая кнопкой «Применить» выставленные значения. После нажатия кнопки «Опрос» наблюдать изменения параметров Прм. Ствол, Захват СЦС, Раб. Ствол, NE1, BER 1 с, BER 15 мин, ES, SES, UAS, ESR, SESR. Делать соответствующие записи в отчете.

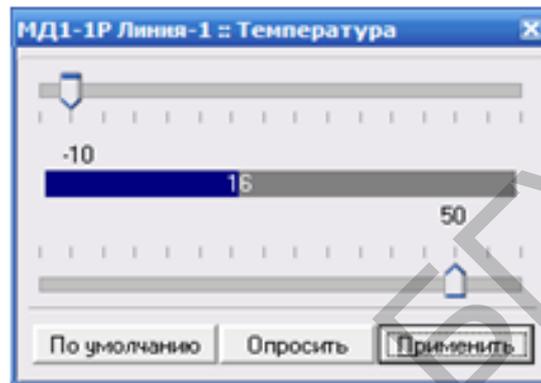


Рис. 35. Окно установки параметров качества

### 6.3.6. Исследование показателей качества по ошибкам в состоянии связи ЦРРС Р-424

Снять шлейф на ППУ своей станции.

В окне управления параметрами своей ЦРРС развернуть вкладки «ППУ» → «Управление» → «Loop Back» (см. рис. 33) и щелчком кнопки мыши вызвать контекстное меню, в котором выбрать опцию «Изменить».

В появившемся окне выключить шлейфование, выбрав строку «Выключено», нажать клавишу «Применить». Обновить конфигурацию ППУ.

Повторить порядок измерений согласно п. 6.3.4.

### 6.3.7. Настройка ЦРРС Р-429

С помощью ПСО «Мастер 3» произвести настройку Р-429.

1. Запустить ПСО «Мастер 3» через опцию «Пуск».
2. Создать топологию сети: 2 ЦРРС Р-429 с номерами, являющимися последними двумя цифрами в серийном номере МД соответствующей станции.
3. Установить связь между станциями на частотах согласно табл. 17.

Двойным щелчком кнопки мыши по иконке ЦРРС открыть окно управления параметрами станции (рис. 36). Щелчком кнопки мыши по строке «МД1-1Л» и «ППУ» вызвать контекстное меню и обновить конфигурацию.

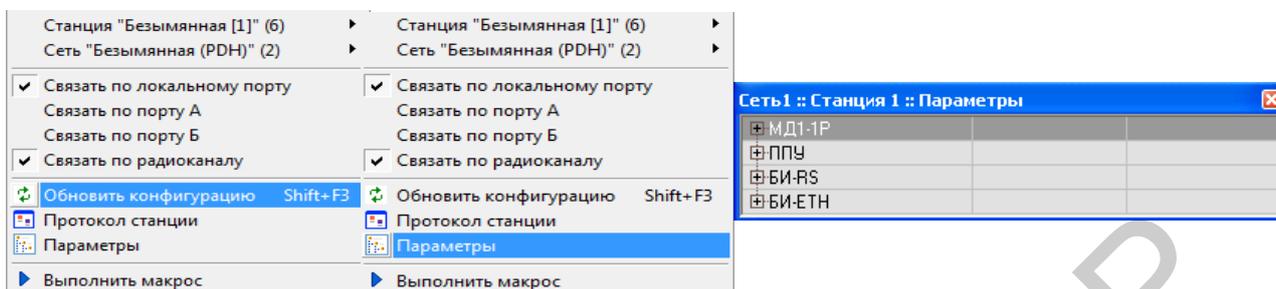


Рис. 36. Окно управления параметрами ЦРРС Р-429

Развернуть вкладку «ППУ», затем «Управление», далее щелчком кнопки мыши по строке «Номер частоты» вызвать контекстное меню, в котором выбрать опцию «Изменить». В открывшемся окне установить частоты ППУ в соответствии с вариантом. ОБЯЗАТЕЛЬНО убрать отметку «Временное изменение» (рис. 37).

4. Обновить конфигурацию своей и противоположной ЦРРС.

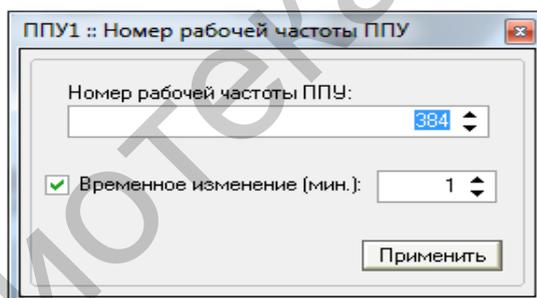


Рис. 37. Окно установки частот для работы ЦРРС Р-429

### 6.3.8. Исследование показателей качества по ошибкам на ближнем шлейфе ЦРРС Р-429

Установить шлейф на ППУ своей станции.

В окне управления параметрами своей ЦРРС (рис. 38) развернуть вкладки «ППУ» → «Управление» → «Шлейф ЦС ВАСК» и щелчком кнопки мыши вызвать контекстное меню, в котором выбрать опцию «Изменить».

В появившемся окне включить шлейфование, выбрав строку «Включено», нажать клавишу «Применить». Обновить конфигурацию ППУ.

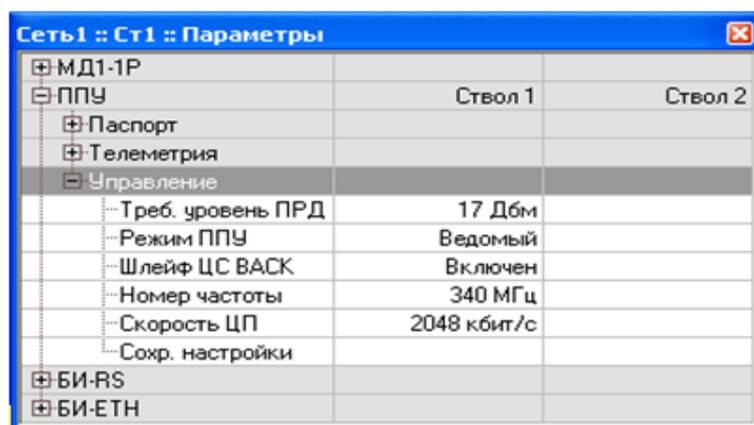


Рис. 38. Окно управления параметрами ПДУ

На развернутых вкладках «ПДУ», «МД1-1Р» (рис. 39) в окне параметров своей станции наблюдать значения контролируемых параметров. Осуществлять записи в отчете об их значениях, делать выводы о причинах таковых значений.

Зафиксировать значения следующих параметров:

- Приемный ствол;
- Прм. Ствол;
- Захват СЦС;
- Раб. Ствол;
- 1E1;
- BER 1 с;
- Время измерения;
- Уровень сигнала;
- ES;
- SES;
- UAS;
- ESR;
- SESR;
- Скорость;
- BER 15мин;
- Синхронизация, нижняя и верхняя рабочая частота;
- Уровень ПРМ (ПРД);
- Скорость ЦП.

Изменить значения параметров BER 1 с, BER 15 мин.

На развернутых вкладках «ПДУ», «МД1-1Р» в окне параметров своей станции щелчком кнопки мыши по строке каждого из параметров изменить заданные пороги параметров.



Рис. 39. Контекстное меню параметров в ЦРРС Р-429

Перетягивать ползунки значений параметра в зоны низких и высоких значений, утверждая кнопкой «Применить» выставленные значения. После нажатия кнопки «Опрос» наблюдать изменения параметров Прм. Ствол, Захват СЦС, Раб. Ствол, NE1, BER 1 с, BER 15 мин, ES, SES, UAS, ESR, SESR. Делать соответствующие записи в отчете.

### 6.3.9. Исследование показателей качества по ошибкам в состоянии связи ЦРРС Р-429

Снять шлейф на ППУ своей станции.

В окне управления параметрами своей ЦРРС (см. рис. 38) развернуть вкладки «ППУ» → «Управление» → «Шлейф ЦС ВАСК» и щелчком кнопки мыши вызвать контекстное меню, в котором выбрать опцию «Изменить».

В появившемся окне выключить шлейфование, выбрав строку «Выключено», нажать клавишу «Применить». Обновить конфигурацию ППУ.

Повторить порядок измерений согласно п. 6.3.8.

### 6.3.10. Выключение лабораторного макета

Переключатель «ПИТ» модуля доступа устройства установить в положение «ВЫКЛ». Переключатель «F5» блока питания установить в положение «ВЫКЛ» и вынуть вилку блока питания из розетки.

Выключить ЭВМ 2015, монитор и устройство БПП.

Отключить используемые в лабораторной работе кабели и привести их в исходное положение.

## ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

АКиМ	– адаптивное кодирование и модуляция
АМ	– амплитудная манипуляция
АРУ	– автоматическая регулировка усиления
АЧХ	– амплитудно-частотная характеристика
АУМПер	– автоматическое управление мощностью передатчика
БПП	– бесперебойное питание
БС	– блок сопряжения
БУКС	– блок управления и контроля сигналов
ДМ	– дельта-модуляция
ДОФМ	– двухкратная относительная фазовая манипуляция
ДЦП	– демультимплексор цифровых потоков
ЗИП	– запасные инструменты и принадлежности
ИКМ	– импульсно-кодовая модуляция
КИ	– канальный интервал
КТЧ	– канал тональной частоты
ЛЭП	– линия электропередачи
МД	– модуль доступа
МСЭ-Т	– Международный союз электросвязи
МЦП	– мультимплексор цифровых потоков
НСД	– несанкционированный доступ
ОС	– операционная система
ОФМ	– относительная фазовая манипуляция
ПД	– поляризационный дуплексер
ПК	– персональный компьютер
ПКО	– предварительная коррекция ошибок
ПН	– преобразователь напряжения
ПО	– программное обеспечение
ППУ	– приемопередающее устройство
ПРД	– передатчик
ПРМ	– приемник
ПСО	– программа сервисного обслуживания
ПСП	– псевдослучайная последовательность
ПФ	– полосовой фильтр
ПЧ	– промежуточная частота
ПЭВМ	– персональная электронная вычислительная машина
РРЛ	– радиорелейная линия
РРС	– радиорелейная станция
СВЧ	– сверхвысокая частота
СС	– служебная связь
СЦС	– сверхцикловая синхронизация
ТИ	– тактовый импульс

ТЛФ	– телефон
ТУТС	– телеуправление и телесигнализация
УК	– устройство контроля
УПИ	– универсальный последовательный интерфейс
ФАП	– фазовая автоматическая подстройка
ФД	– фазовый детектор
ФМ	– фазовая манипуляция
ФНЧ	– фильтр нижних частот
ЦРРЛ	– цифровая радиорелейная линия
ЦРРС	– цифровая радиорелейная станция
ЦС	– цифровой сигнал
ЦП	– цифровой поток
ЧМ	– частотная манипуляция
ЭВМ	– электронная вычислительная машина
ЭД	– эксплуатационная документация
AIS	– Alarm Indication Signal (индикация аварийного состояния)
BER	– Bit Error Rate ( коэффициент битовых ошибок)
ES	– Errored Second (количество пораженных ошибками секунд)
ESR	– Errored Second Ratio (отношение количества пораженных ошибками секунд к общему времени измерения)
HDB3	– High Density Bipolar of order 3 (трехуровневое биполярное кодирование с высокой плотностью)
HDSL	– High Data Rate Digital Subscriber Line (высокоскоростная цифровая абонентская линия)
LAN	– Local Area Network (локальная вычислительная сеть)
LOS	– Loss of Signal (потеря цифрового сигнала)
NMS	– Network Monitoring is the Use of a System (система управления сетью)
SES	– Severely Errored Second (количество критически пораженных ошибками секунд)
SESR	– Severely Errored Second Ratio (отношение количества критически пораженных ошибками секунд к общему времени измерения)
SDH	– Synchronous Digital Hierarchy (синхронная цифровая иерархия)
SDSL	– Symmetric Digital Subscriber Line (симметричная цифровая абонентская линия)
UAS	– Unavailable Second (время неготовности, измеряемое в секундах)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Военные системы радиорелейной и тропосферной связи / Е. А. Волков [и др.] ; под ред. Е. А. Волкова. – Л. : ВАС, 1982.
2. Изделие Р-429(ЗС008). Руководство по эксплуатации.
3. Руководство по эксплуатации радиорелейной станции Р-427. СУИК.464425.001 РЭ.
4. Изделие Р-424(ЗС023). Руководство по эксплуатации.

Библиотека БГУИР

*Учебное издание*

**Утин Леонид Львович**  
**Романовский Сергей Викторович**  
**Масейчик Елена Алексеевна**  
**Федоренко Владимир Александрович**

**ЦИФРОВЫЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫЕ СТАНЦИИ  
ПОЛЕВЫХ УЗЛОВ СВЯЗИ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

Редактор *М. А. Зайцева*  
Корректор *Е. Н. Батурчик*  
Компьютерная правка, оригинал-макет *М. В. Касабуцкий*

Подписано в печать 29.11.2017. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».  
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 6,28. Уч.-изд. л. 7,0. Тираж 30 экз. Заказ 141.

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.  
ЛП №02330/264 от 14.04.2014.  
220013, Минск, П. Бровки, 6