



**Цифровая система ВЧ связи по ЛЭП  
МС04-PLC**

Руководство по эксплуатации  
КВ3.090.025 РЭ  
(ред.3.4/ январь 2018)

## Оглавление

	Стр.
1. Назначение .....	3
2. Конструкция и состав аппаратуры .....	4
2.1. Плата МП01 .....	6
2.2. Плата МД01 .....	11
2.3. Плата ФПРМ .....	12
2.4. Плата УМ01 .....	13
2.5. Плата ФПРД .....	14
2.6. Плата ИП01 .....	14
3. Монтаж аппаратуры и настройки ВЧ тракта .....	15
4. Программное конфигурирование аппаратуры .....	16
5. Контроль состояния аппаратуры .....	20

## 1. Назначение.

Цифровая система MC04-PLC предназначена для организации дуплексных каналов телемеханики (ТМ), передачи данных и телефонных каналов по высоковольтным линиям электропередач (ЛЭП) 35кВ и выше. Аппаратура обеспечивает передачу голоса и данных по высокочастотному (ВЧ) каналу связи в полосе 4 кГц в диапазоне частот 16-1000 кГц в разнесенном режиме передачи/приема. Подключение к ЛЭП производится через фильтр присоединения и конденсатор связи.

### 1.1. Характеристики линейной ВЧ части аппаратуры:

– модуляция		OFDM/8PSK
– рабочий диапазон частот		16 – 1000 кГц
– ширина рабочей полосы		4 кГц
– номинальная выходная мощность передачи, исполнение 1 / 2		15 Вт / 30 Вт
– чувствительность приемника		минус 26 дБм
– динамический диапазон АРУ		не менее 40 дБ
– допустимое затухание (с учетом помех в линии)		40 дБ
– уровень внеполосных излучений		не более минус 14 дБм
– допустимый уровень мешающего внеполосного сигнала на ВЧ входе при отступе 8 кГц от границы полосы частот приема		40 дБм0
– минимальный разнос частот между границами частотных каналов параллельно работающей на общей линии аппаратуры (при шунтирующем влиянии 1,5 дБ)		
в диапазоне частот 16–600 кГц		8 кГц
в диапазоне частот 600–1000 кГц		12 кГц
– максимальная задержка цифрового потока (ЦП)		150 мс
– выходное сопротивление передатчика (несимметричная линия)		75 Ом
– входное сопротивление приемника (несогласованное)		высокоомное
– битовая скорость ЦП с вероятностью ошибок не более $10^{-6}$		
при соотношении сигнал/шум не менее 20 дБ		9,6 кбит/с
при соотношении сигнал/шум не менее 24 дБ		14,4 кбит/с
– доступная пиковая мощность ВЧ передачи в полосе частот:		
<u>исполнение 1 / 15 Вт</u>	<u>исполнение 2 / 30 Вт</u>	
от 16 до 300 кГц    15 Вт    +42 дБм	от 16 до 300 кГц    30 Вт    +45 дБм	
от 300 до 450 кГц    13 Вт    +41 дБм	от 300 до 450 кГц    26 Вт    +44 дБм	
от 450 до 600 кГц    10 Вт    +40 дБм	от 450 до 600 кГц    20 Вт    +43 дБм	
от 600 до 800 кГц    8 Вт    +39 дБм	от 600 до 800 кГц    16 Вт    +42 дБм	
от 800 до 1000 кГц    7 Вт    +38 дБм	от 800 до 1000 кГц    14 Вт    +41 дБм	

1.2. Потребляемая мощность от сети 220В/50Гц – не более 100 Вт.

Габаритные размеры блока – 485\*135\*215мм.

Вес – 5 кг.

### 1.3. Условия эксплуатации блока MC04-PLC:

- температура окружающего воздуха от плюс 5 до плюс 45°C;
- относительная влажность воздуха до 80 % при температуре плюс 25°C;
- атмосферное давление не ниже 60 кПа (450 мм рт. ст.).

## 2. Конструкция и состав аппаратуры.

Конструктивно аппаратура выполнена в виде блока 19 дюймов высотой 3U, в который устанавливаются следующие функционально-конструктивные модули (рис.1 и рис. 2):

- ИП01- блок питания, сетевой вход 220В/50Гц, выход +48В,-48В,+12В;
- МП01- мультиплексор каналов ТМ и телефонии, кодек G.723/G.729, мониторинг и управление;
- МД01- модуляция ЦП в аналоговый ВЧ сигнал и демодуляция ВЧ сигнала в ЦП;
- ФПРМ - линейный трансформатор, аттенуатор и 4-х контурный фильтр ПРМ, усилитель;
- ФПРД - 2-х контурный фильтр ПРД, высокоомный импеданс вне полосы ПРД;
- УМ01- усилитель мощности, цифровая индикация уровней ПРД/ПРМ, индикация аварий.

Обмен сигналов между платами производится через кроссплату, включая аналоговые ВЧ сигналы разных уровней мощности.

Блок имеет два конструктивных исполнения:

- 1 - установлен один усилитель УМ01 и один фильтр ФПРД, мощность ВЧ сигнала - 15Вт;
- 2 - установлены два усилителя УМ01 и два фильтра ФПРД, мощность ВЧ сигнала - 30Вт.

Обозначение блока включает конструктивное исполнение - 15 Вт или 30 Вт и тип канала тональной частоты (ТЧ) портов А-Б-В. Пример обозначения:

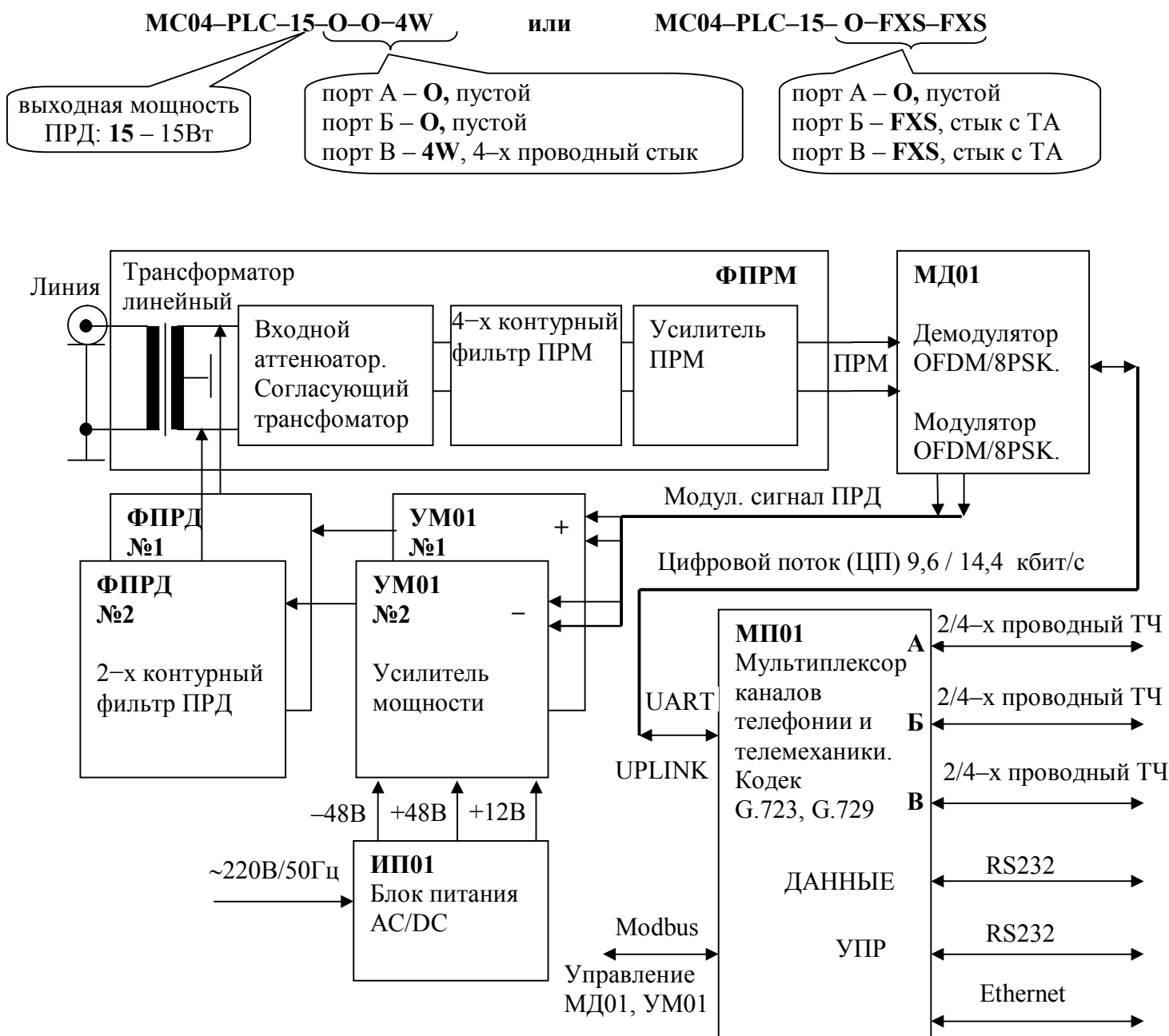


Рис.1. Структурная схема блока MC04-PLC.

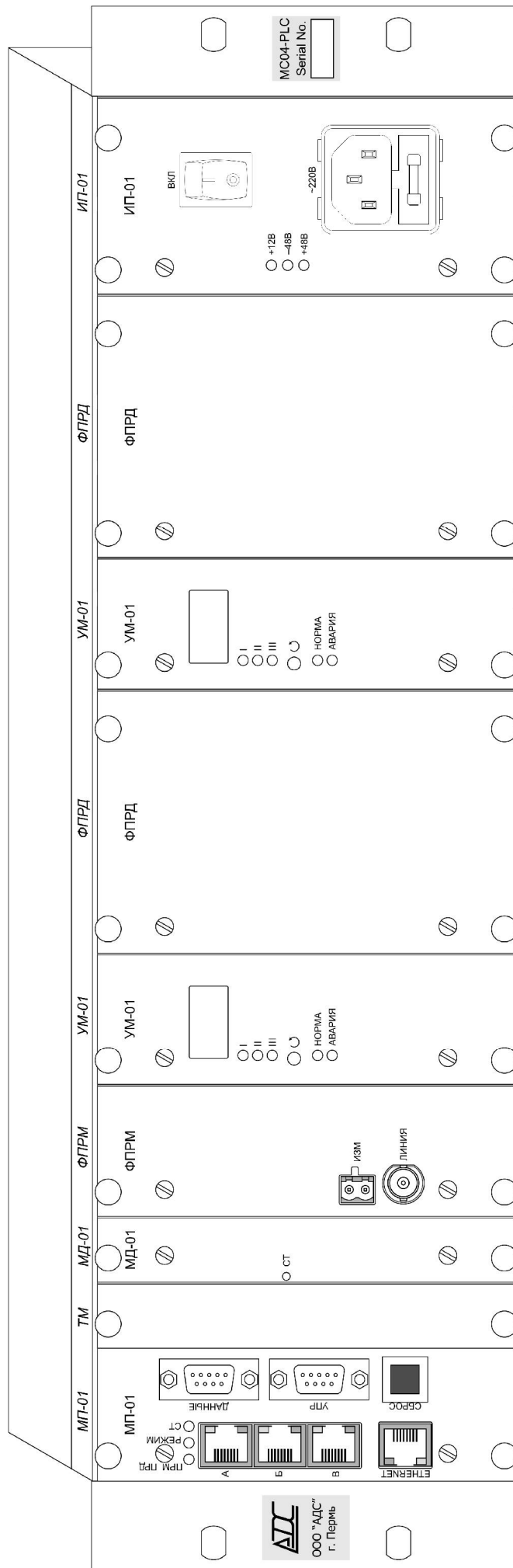


Рис.2. Внешний вид блока MC04-PLC.

## 2.1. Плата МП01.

### 2.1.1. Функции платы МП01 (программная версия 2.29):

- мультиплексирование каналов телефонии, телемеханики и каналов сигнализации и мониторинга;
- организация цифрового потока UPLINK (комбинированного канала) с платой модема МД01;
- обновление программного обеспечения (ПО) и конфигурация аппаратуры;
- хранение конфигурационных данных блока, включая плату МД01, в энергонезависимой памяти;
- локальный доступ к аппаратуре через контрольный порт УПР типа RS232;
- доступ к удаленному блоку через встроенный канал мониторинга;
- индикация состояния комбинированного канала, каналов телефонии и телемеханики;
- синхронизация частот блоков комплекта аппаратуры;
- сжатие ТЧ каналов кодеком G.723 / G.729 до скорости 5,3 / 6,4 / 8 кбит/с.

2.1.2. Для организации канала телемеханики используется канал передачи данных – протокол по ГОСТ Р МЭК 60870-5-101. Аппаратуры ТМ подключается к порту ДАННЫЕ с интерфейсом типа RS232.

Для организации каналов ТЧ в плате МП01 имеется три порта **А, Б, В**, конфигурируемые установкой на плату соответствующих сменных модулей.

Типы сменных модулей:

- EM01 – 4-х проводный стык для организации ТЧ каналов с сигнализацией АДАСЭ;
- FS01 – 2-х проводный стык с телефонным аппаратом типа FXS;
- FO01 – 2-х проводный стык с абонентским комплектом АТС типа FXO.

Модуль EM01 обеспечивает прием/передачу сигналов ТЧ в диапазоне от 300 до 3400 Гц, включая частотную сигнализацию АДАСЭ. Уровни приема и передачи настраиваются в диапазоне минус 13...+4 дБ.

Параметры модуля FS01:

Номинальный входной уровень – 0 дБ, номинальный выходной уровень – минус 3,5 дБ, программная настройка уровней – от 0 до минус 7 дБ.

Номинальный ток питания абонентской линии – 21 мА, диапазон настройки – 20...41 мА.

Напряжение вызывного сигнала – не менее 50 Вэфф.

Частота вызывного сигнала – 24...26 Гц.

Форма вызывного сигнала – трапецеидальная.

Допустимое сопротивление абонентского шлейфа с учетом сопротивления аппарата – 1,1 кОм.

Параметры модуля FO01:

Номинальный входной уровень – 0 дБ, номинальный выходной уровень – минус 3,5 дБ.

Допустимое напряжение вызывного сигнала с частотой 20...50 Гц – 35...110 Вэфф.

Допустимое сопротивление абонентской линии – 200 Ом.

Допустимое напряжение между линейным входом платы и заземлением блока – 250 В.

### 2.1.3. Схемы организации телефонной связи.

#### 2.1.3.1. "Горячая линия" точка-точка, FXS – FXS.



Обеспечивается прямое соединение между двумя телефонными аппаратами. При снятии трубки на телефонном аппарате одной стороны телефон на другом конце будет прерывисто.

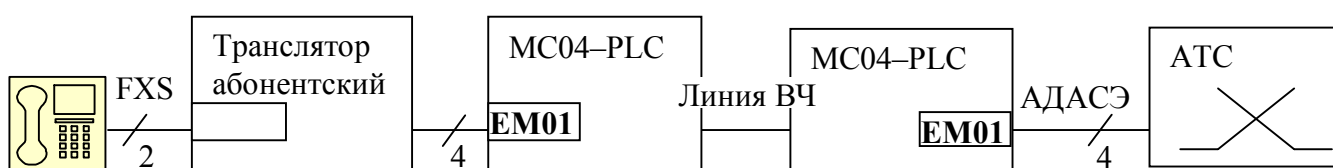
звонить: 1 с – звонок, 4 с – пауза. Пока трубка на другом конце не снята, на поднятый телефон проходит акустический сигнал контроля посылки вызова (**КПВ**). При отсутствии связи между полуккомплектами выдается сигнал **Занято**.

2.1.3.2. "Удаленный абонент", FXS – FXO.



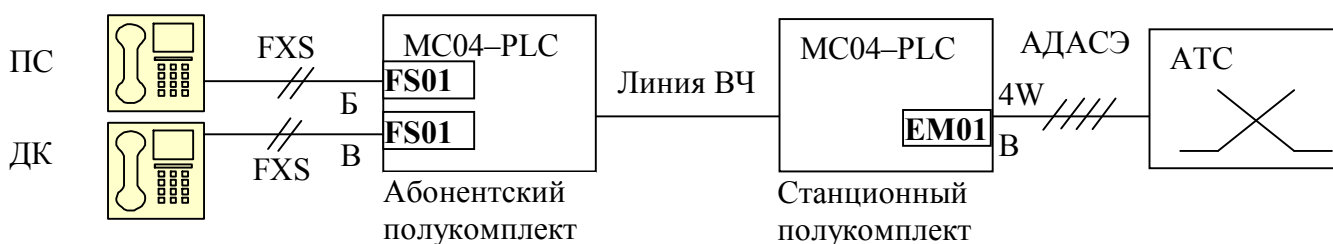
ТЧ канал аппаратуры помещается в разрыв 2-х проводного шлейфа между телефоном и абонентским комплектом АТС. Поддерживаются как тональный DTMF, так и импульсный набор номера. Занятие линии, вызывной сигнал, импульсный набор номера передаются на другую сторону вне полосы ТЧ по выделенному в ЦП каналу сигнализации.

2.1.3.3. Соединение "абонентская линия – встречная АТС" по протоколу АДАСЭ.



Абонент соединяется с АТС через 4-х проводный ТЧ канал, организованный с помощью модулей EM01. Подключение 2-х проводного телефона к 4-х проводному каналу обеспечивается абонентским транслятором, например типа АОТ12-ДК, который абонентскую сигнализацию FXS преобразует в сигнализацию АДАСЭ. Сигналы АДАСЭ – частотные сигнальные посылки 1200/1600 Гц – передаются без обработки прозрачно внутри полосы по ТЧ каналу.

2.1.3.4. Совместное использование одного речевого канала для диспетчерского (ДК) и абонентского (ПС) соединения по протоколу АДАСЭ.



На абонентском полуккомплекте установлены два модуля FS01 в порты Б и В, которые обеспечивают интерфейсы FXS для подключения телефонных аппарата соответственно абонента ПС и диспетчера ДК.

На станционном полуккомплекте соединение с АТС производится через 4-х проводный интерфейс ТЧ модуля EM01, установленного в порт В. Двухчастотная 1200/1600 Гц сигнализация АДАСЭ станционного полуккомплекта преобразуется в сигнализацию абонентского полуккомплекта, которая передается по выделенному в ЦП каналу сигнализации.

Разделение каналов ДК и ПС выполняется частотой запроса на соединение 1200 Гц или 1600 Гц. Канал ДК занимается частотой 1600 Гц (входящее и исходящее занятие). Канал ПС занимается частотой 1200 Гц (входящее и исходящее занятие). Сигнал **Ответ** выдается частотой 1200 Гц. Набор номера выполняется частотными посылками 1200 Гц скважностью 60/40 мс. При одновременном занятии каналов в работе остается приоритетный канал ДК. Абоненту канала ПС выдается сигнал **Отбой**. Сигнал **Отбой** также выдается абоненту при отсутствии связи по ВЧ тракту.

2.1.4. Разъемы и индикаторы платы МП01 (рис. 2).

На лицевой панели платы размещены следующие разъемы и индикаторы:

- три порта **А, Б, В** для организации каналов ТЧ;
- порт **ДАнные** типа RS232;
- порт управления и мониторинга **УПР** типа RS232;
- порт **Ethernet** (в версии 2.10 нет поддержки);
- индикаторы состояния **ПРМ/ПРД, РЕЖИМ, СТ;**
- кнопка **СБРОС**.

2.1.4.1. Назначение цепей разъема ТJ–8P8С портов **А, Б, В** даны ниже.

Таблица 1. Назначение цепей порта при установке модуля EM01: 4–х проводный ТЧ стык.

Контакт	Назначение
8	
7	
5	
4	
6	b – выход ТЧ
3	a – выход ТЧ
2	f – вход ТЧ
1	e – вход ТЧ

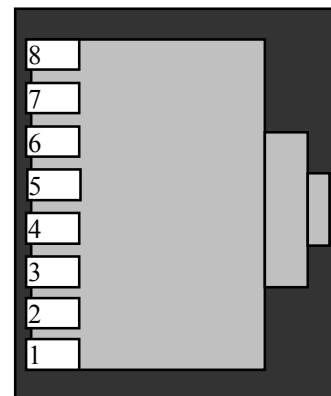


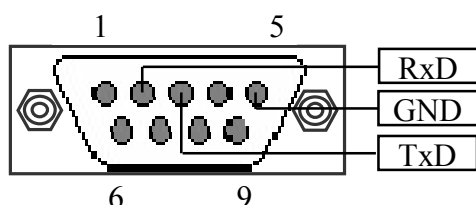
Таблица 2. Назначение цепей при установке модуля FS01/FO01: 2–х проводный ТЧ стык FXS/FXO.

Контакт	Назначение
8	–
7	–
6	–
5	RING – b
4	TIP – a
3	–
2	–
1	–

Таблица 3. Состояние зеленого индикатора разъема портов **А, Б, В**.

Состояние индикатора	Назначение
Погашен	Модуль FS01/FO01/EM01 не установлен или заблокирован
Горит	Модуль установлен и находится в рабочем состоянии
Мигает	Канал занят. Состояние вызова или разговора

2.1.4.2. Назначение контактов разъема DB-9M порта **ДАнные** и **УПР** типа RS232:



2 – RXD, 3 – TXD, 5 – GND

**ВНИМАНИЕ!** Для исключения отказов COM-портов компьютера и портов **ДАнные** и **УПР** платы МП01 подключение нуль-модемного кабеля производить при обязательном заземлении блока и корпуса компьютера или соединении клеммы заземления блока с корпусом компьютера.



2.1.4.3. Три светодиода **ПРМ/ПРД, РЕЖИМ, СТ** индицируют следующие состояния.

**РЕЖИМ** – указывает режим работы блока в составе комплекта аппаратуры: режим "Ведущий" – индикатор горит, режим "Ведомый" – индикатор погашен.

**СТ** – указывает состояние комбинированного канала передачи, индикатор горит – канал включен и идет передача данных, индикатор мигает с частотой 5 Гц – канал выключен.

**ПРМ/ПРД** – индицирует желтым цветом факт приема и передачи данных по ВЧ тракту между полуккомплектами аппаратуры, мигает при обнаружении ошибки контрольной суммы во входящем цифровом потоке.

После подачи питания все индикаторы используются для индикации технологических состояний и факта загрузки плат блока. Рабочий режим индикации наступает через 90 секунд после подачи питания.

#### 2.1.4.4. Кнопка **СБРОС**.

Кратковременное нажатие кнопки **СБРОС** производит перезапуск комбинированного канала. Удержание кнопки в течение 5 секунд загружает в плату заводские установки с инверсией режима **Ведущий/Ведомый**.

#### 2.1.5. Настройка платы.

Конфигурация платы производится программой мониторинга MC04-DSL Monitor, версии 4.20.19 или выше. В процессе конфигурации определяются следующие параметры:

- режим работы платы **Ведущий/Ведомый**. Определяет последовательность активации полуккомплектов аппаратуры, режим работы частотного модуля блока – опорный генератор или захват частоты из входного сигнала.
- разрешение или блокировка работы модулей, устанавливаемых на плату МП. Режим и параметры работы модулей.
- скорости и формат приемо-передачи цифрового потока на UART стыке комбинированного канала UPLINK.
- скорости и формат приемо-передачи пользовательских данных – аппаратуры ТМ, подключаемой к порту ДАННЫЕ с интерфейсом типа RS232.
- голосового кодека G.723 или G.729.
- приоритет и гарантированная полоса пропускания комбинированного канала.
- полоса пропускания и регуляторы уровня по входу и выходу ВЧ сигнала платы МД.
- название станции в системе мониторинга.

Конфигурационные данные блока хранятся в энергонезависимой памяти платы МП01. При включении питания блока платой МП01 загружается последняя принятая конфигурация. Конфигурационные данные содержат настройки платы МП01 и настройки платы МД01.

#### 2.1.6. Последовательность активации платы:

После подачи питания плата проводит проверку обновления программного обеспечения, проверку работоспособности установленных микросхем и модулей, тестирование систем контроля частоты и переходит в рабочий режим.

В рабочем режиме плата проводит инициализацию платы МД01 в соответствии с конфигурационными установками, запускает и настраивает пользовательские интерфейсы, активирует комбинированный канал (цифровой поток) UPLINK. В процессе работы плата МП01 ведет периодический опрос наличия и параметров плат, установленных в блоке, отвечает на запросы программы мониторинга, контролирует работоспособность комбинированного канала, формирует цифровой поток канала из входных данных по интерфейсам.

Процесс активации канала инициализируется **Ведущим** блоком, после ответа **Ведомого** блока начинается процесс приемо-передачи данных цифрового потока через комбинированный канал.

### 2.1.7. Структура цифрового потока комбинированного канала передачи.

Цифровой поток UPLINK на UART стыке с платой МД01 имеет максимальную ограниченную ВЧ каналом пропускную способность 14,4 кбит/с. При пусконаладке аппаратуры программно задается пропускная способность ВЧ канала 9,6 / 14,4 кбит/с и необходимое распределение пропускной способности между задействованными портами.

Формат пакета данных:

```
|FLAG|SubFrame_Label1|SubFrame1_Data1..N|SubFrame_Label2|SubFrame2_Data1..N|...
|CSUM_Label|CSUM1|CSUM2|
```

Поле FLAG имеет размер 1 байт, предназначено для определения приемником границ пакета, значение поля фиксированное 0x7E.

Для исключения появления символа Flag в полях пакета применяется эскейп-кодировка:

- символ 0x7E(Flag) заменяется на последовательность 0x7D+0x5E;
- символ 0x7D(ESC) заменяется на последовательность 0x7D+0x5D.

Поле CSUM имеет размер 2 байта, содержит контрольную сумму всех полей пакета (кроме поля FLAG), вычисляется как контрольная сумма по полиному CRC-16:  $X^{16}+X^{12}+X^5+1$  в соответствии с ISO 3309-1984. Вычисление производится до эскейп-кодировки.

Поля SubFrame\_Label1...7, CSUM\_Label ставят в соответствие последующие поля данных, внешним интерфейсам платы, определяют число и тип данных.

Для модулей FO/FS/EM данные подканала представляют собой аудиофрейм, составленный голосовым кодеком. Метка подканала (SubFrame\_Label) содержит номер модуля, информацию о типе кодека, его скорости и настройках, размере пакета данных и сигнальной составляющей интерфейса (поднятие трубки, звонок, набор номера, дополнительная сигнальная информация).

Для интерфейсов RS-232 – порты ДАННЫЕ и УПР – метка подканала (SubFrame\_Label) содержит тип интерфейса, число байт данных в последующем фрейме.

Размер пакета данных составляет 200 байт, после приема флага проверяется контрольная сумма пакета, верифицируются данные пакета.

Принципы формирования исходящего потока данных.

В процессе формирования исходящего потока управляющий модуль контролирует наличие и объем данных пользовательских и служебных интерфейсов в последовательности, определяемой уровнем приоритета интерфейса:

- голосовые порты А/Б/В – приоритет 0 (наибольший);
- порт ДАННЫЕ (пользовательский RS-232) – приоритет 1;
- Ethernet – приоритет 2;
- порт УПР (управляющий RS-232) – приоритет 3 (наименьший).

Гарантированная полоса пропускания.

После передачи каждых 100 байт проверяется соответствие объема переданной информации интерфейса параметру "Гарантированная полоса пропускания". При необходимости формируется подканал данных интерфейса, содержащий количество данных, недостающее до объема гарантированных.

Данная функция позволяет низкоприоритетным каналам передать необходимый минимум информации через комбинированный канал, полностью заполненный данными высокоприоритетных каналов.

## 2.2. Плата МД01.

Плата модема МД01 выполняет функцию модуляции цифрового потока в аналоговый высокочастотный сигнал, а также обратное преобразование (демодуляция) ВЧ сигнала в цифровой поток.

Модуляция выполняется в две стадии. На первой стадии формируется фрейм низкочастотного OFDM-модулированного сигнала с полосой 0,1–3,9 кГц. OFDM сигнал составлен из 240 поднесущих, модулированных по 8PSK.

На второй стадии выполняется перенос НЧ сигнала в полосу ВЧ от 16 до 1000 кГц. В этой полосе сигнал может занимать любое положение в сетке с шагом 4 кГц.

Оба преобразования выполняются в цифровой форме с использованием ЦОС в микросхеме ПЛИС. Полученные отсчёты подаются на ЦАП для получения аналогового сигнала.

Демодуляция осуществляется аналогично. АЦП преобразует ВЧ сигнал в поток цифровых отсчётов. Путём математической обработки происходит перенос ВЧ сигнала в полосу 0,1–3,9 кГц, затем OFDM демодулятор из НЧ сигнала получает принимаемый цифровой поток.

Формирование аналогового сигнала производится путём прямого цифрового синтеза.

Технические характеристики.

Аналоговый стык:

– тип модуляции	OFDM
– полоса пропускания	3,8 кГц
– полоса перестройки	16...1000 кГц
– шаг перестройки	4 кГц
– входное сопротивление	150 Ом
– номинальный входной уровень (амплитуда)	1,5 В
– выходное сопротивление	150 Ом
– номинальный выходной уровень (амплитуда)	1,5 В при нагрузке 150 Ом
– диапазон автоматической регулировки усиления (АРУ)	40 дБ

Цифровой стык с платой МП01:

– тип интерфейса	асинхронный UART
– скорость передачи	9,6 / 14,4 кбит/с
• Напряжение питания	12 В
• Потребляемая мощность	7 Вт
• Габариты	163,6 x 100,0 x 20,0 мм

На лицевой панели платы размещен светодиод СТ, который индицирует состояние загрузки программного обеспечения (ПО): не горит – ПО не загружено, мигает – ПО загружено.

Программно настраиваются параметры платы:

- включение/выключение режима автоматической регулировки усиления (АРУ);
- частоты цифровых фильтров ПРД и ПРМ на полосу 4 кГц в диапазоне 16...1000 кГц;
- регулятор уровня по ВЧ выходу в диапазоне +3/–6 дБ;
- регулятор по ВЧ входу в диапазоне +10/–6 дБ (работает только при выключенном режиме АРУ).

Для оценки качества ВЧ соединения измеряется среднеквадратичный уровень сигнала на входе этой платы в полосе частот приемника в относительных единицах:

- номинальный уровень – 1,00;
- максимально возможный диапазон работы без ошибок – 0,01...1,10.

## 2.3. Плата ФПРМ.

### 2.3.1. Функции.

Плата ФПРМ предназначена для приема линейного ВЧ сигнала и передачи ВЧ сигнала в линию. Плата обеспечивает подавление собственного сигнала передатчика, а также сигналов передатчиков параллельно подключенной аппаратуры.

Входной сигнал с линейного трансформатора подается на аттенюатор (номинальное затухание 26 дБ), на котором суммируется с сигналом собственного передатчика, принимаемого с выхода платы ФПРД. Передаваемый сигнал через линейный трансформатор уходит в линию. На первичных обмотках линейного трансформатора обеспечивается суммирование ВЧ сигналов с выхода двух передающих фильтров при установке в блок двух комплектов плат УМ01 и ФПРД.

Суммарный принимаемый сигнал через согласующий трансформатор поступает на полосовой фильтр, который обеспечивает первичное подавление сигналов собственного передатчика и передатчиков параллельно подключенной аппаратуры ВЧ связи. Сигнал с выхода фильтра усиливается малошумящим усилителем, чем компенсируются потери в аттенюаторе и полосовом фильтре.

### 2.3.2. Настройка полосового фильтра.

Для обеспечения высокой избирательности фильтр приемника содержит четыре последовательно включенных колебательных LC контура. Настройка полосы пропускания фильтра производится в заводских условиях и включает в себя выбор номиналов индуктивностей и конденсаторов с помощью переключателей. Точная настройка производится с помощью винта регулировки индуктивностей.

### 2.3.3. Настройка аттенюатора.

Исходная заводская настройка затухания аттенюатора 26 дБ обеспечивает функционирование аппаратуры при затуханиях линии более 30 дБ. При меньших затуханиях линии для исключения выхода сигналов за допустимый диапазон в аттенюатор вводится дополнительное затухание 12 дБ, 20 дБ, 32 дБ. Дополнительное затухание устанавливается с помощью джамперов J2, J3, J4, J8, J9 по табл.4.

Таблица 4. Настройка аттенюатора.

Затухание линии	Дополнительное затухание аттенюатора	Установка джамперов				
		J2	J3	J4	J8	J9
≤ 6 дБ	32 дБ	–	+	–	+	–
6...15 дБ	20 дБ	+	–	–	+	–
15...30 дБ	12 дБ	–	+	–	–	+
≥30 дБ	0 дБ	+	–	–	–	+

### 2.3.4. Лицевые разъемы (рис. 2):

- ЛИНИЯ – вилка типа BNC для подключения коаксиальной линии к фильтру присоединения;
- ИЗМ – розетка для подключения измерителя уровня линейного сигнала.

## 2.4. Плата УМ01.

### 2.4.1. Функции.

Основное назначение платы УМ01 – усиление по мощности модулированного сигнала передачи от платы МД01 и выход на плату передающего фильтра ФПРД. Плата также обеспечивает цифровую индикацию уровней приема и передачи ВЧ сигнала и индикацию аварий.

Количество плат УМ01 в блоке (в паре с платой ФПРД):

- 1 – при номинальной мощности ПРД 15 Вт;
- 2 – при номинальной мощности ПРД 30 Вт.

### 2.4.2. Технические характеристики:

- диапазон рабочих частот – 16...1000 кГц;
- пиковая мощность огибающей ВЧ сигнала – 20 Вт;
- КПД при максимальной мощности – не менее 50%;
- максимальное входное напряжение (амплитуда) – 1,5 В;
- входное сопротивление – 150 Ом (на кроссплате);
- выходное сопротивление – 10 Ом;
- неравномерность частотной характеристики в диапазоне рабочих частот –  $\pm 0,5$  дБ;
- уровень гармонических искажений – не более минус 40 дБ;
- уровень собственных шумов на выходе – не более 20 мВэфф;
- напряжение питания усилителя +12В, +48В, –48В.

### 2.4.3. На лицевой панели платы размещены следующие элементы (рис. 2):

- светодиодный цифровой индикатор;
- три светодиода индикации типа параметра;
- кнопка выбора параметра;
- зеленый светодиод НОРМА и красный светодиод АВАРИЯ.

На цифровой индикатор выводятся следующие параметры:

- среднеквадратичная мощность  $P_{rms}$  собственного передатчика на номинальной нагрузке 75 Ом;
- среднеквадратичное напряжение  $U_{rms}$  суммарного ВЧ сигнала на линейном выходе;
- среднеквадратичный ток на выходе ФПРД  $I_{rms}$ ;
- среднеквадратичный относительный уровень принимаемого сигнала;
- температура выходных транзисторов усилителя,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- аварийные состояния.

Таблица 5. Цифровая индикация параметров.

Нажатие кнопки	Светодиод типа параметра	Индیکیруемый параметр	Пример	Единица измерения
–	<b>I</b>	Мощность $P_{rms}$	<b>29d</b>	дБм
1	<b>I</b>	Мощность $P_{rms}$	<b>0.8</b>	Вт
2	<b>II</b>	Напряжение линии $U_{rms}$	<b>7.7</b>	В
3	<b>II</b>	Ток ФПРД $I_{rms}$	<b>0.23</b>	А
4	<b>III</b>	Уровень принимаемого сигнала	<b>0.98</b>	0,1...1,1
5	<b>III</b>	Температура	<b>78°</b>	$^{\circ}\text{C}$
6	<b>I</b>		<b>29d</b>	

Уровень принимаемого сигнала отображает измеренный платой МД01 среднеквадратичный уровень сигнала на входе этой платы в полосе частот приемника в относительных единицах (при включенном режиме АРУ):

- номинальный уровень – 1,00;
- максимально возможный диапазон работы без ошибок – 0,1...1,10.

#### 2.4.4. Аварийные состояния и индикация платы УМ01:

- обрыв линии связи, индикация аварии **A1** в мигающем режиме;
- обрыв связи между платой УМ01 и платой ФПРД, индикация аварии **A2** в мигающем режиме;
- потеря передаваемого ВЧ сигнала от платы МД01, индикация аварии **A3** в мигающем режиме;
- температура выходных транзисторов более 90°C, индикация аварии **A4** в мигающем режиме.

В случае аварий **A1, A2, A4** происходит выключение усилителя и отключение с помощью реле линии связи. Далее по истечении 30 сек происходит автоматическое повторное включение. Если аварийных условий нет, восстанавливается нормальная работа. Если авария сохраняется, то будет происходить процесс выключения и включения, с периодом повторения 30 сек.

Аварийное состояние индицируется красным светодиодом АВАРИЯ. Отсутствие аварий индицируется зеленым светодиодом НОРМА.

#### 2.5. Плата ФПРД.

Плата ФПРД является фильтром передатчика и выполняет следующие функции:

- уменьшение внеполосных излучений, вносимых нелинейностью усилителя мощности;
- обеспечение высокого импеданса фильтра вне полосы передаваемых сигналов, что исключает шунтирование сигналов другой параллельно подключенной аппаратуры ВЧ связи;
- защита усилителя мощности от импульсных перенапряжений на ЛЭП, вызванных работой коммутационного оборудования, короткими замыканиями и грозowymi разрядами.

Фильтр включает два последовательного LC-контура. Настройка полосы пропускания фильтра производится в заводских условиях и включает в себя выбор номиналов индуктивностей и конденсаторов с помощью переключателей. Точная настройка производится с помощью винта регулировки индуктивностей.

Входной и выходной ВЧ сигналы платы ФПРД передаются через кроссплату блока, поэтому на лицевой панели платы нет соединителей.

Затухание, вносимое фильтром передатчика в тракт передачи, на низких частотах до 500 кГц – не более 1,5 дБ, на высоких частотах до 1000 кГц – не более 3 дБ.

Количество плат ФПРД в блоке (в паре с платой УМ01):

- 1 – при номинальной мощности ПРД 15 Вт;
- 2 – при номинальной мощности ПРД 30 Вт.

При установке в блок двух комплектов плат УМ01 и ФПРД суммирование ВЧ сигналов с выхода двух передающих фильтров производится на первичных обмотках линейного трансформатора платы ФПРМ.

#### 2.6. Плата ИП01.

Плата ИП01 предназначена для электропитания плат блока MC04-PLC. Содержит в себе преобразователи AC/DC для получения напряжений +12В, +48В, –48В.

Выходная мощность:

- по шине +12В – 15 Вт;
- по шине +48В – 35 Вт;
- по шине –48В – 35 Вт.

Входное напряжение питания – сеть переменного тока ~220 В/50 Гц. Допустимый диапазон изменения напряжения от 85 В до 264 В. Потребляемая мощность – не более 100 Вт.

На лицевой панели платы размещены выключатель, сетевой разъем питания и светодиоды. Выключатель **ВКЛ** предназначен для подключения/отключения входного напряжения ~220 В. Разъем **~220В** предназначен для подключения внешнего сетевого напряжения ~220 В/50 Гц. Сетевой шнур питания поставляется в комплекте с блоком.

Светодиоды **+12В/-48В/+48В** индицируют наличие соответствующих напряжений на выходе преобразователей AC/DC.

### 3. Монтаж аппаратуры и настройки ВЧ тракта.

3.1. Блок устанавливается и крепится четырьмя винтами в стойку 19 дюймов. Заземление блока выполняется подключением провода заземления к болту заземления, расположенного на задней панели блока.

3.2. Подключение сети переменного тока производится шнуром питания к разъему ~220В платы ИП01.

3.3. Подключение к ВЧ линии – фильтру присоединения – производится коаксиальным кабелем к разъему ЛИНИЯ платы ФПРМ. Ответная часть разъема CP-75 прилагается в ЗИП.

3.4. Подключение телефонных окончаний производится к портам А и Б платы МП01. Для подключения необходимо обжать ответные части разъемов RJ-45 в соответствии с назначением контактов портов: 4-х проводное окончание – по табл.1, 2-х проводное окончание типа FXS/FXO – по табл.2.

3.5. Подключение стыка телемеханики типа RS232 производится к порту ДАННЫЕ платы МП01. Назначение контактов разъема: 2 – RXD, 3 – TXD, 5 – GND. Ответная часть разъема DB9 прилагается в ЗИП.

3.6. Подключение COM порта компьютера для мониторинга и конфигурирования блока производится к порту УПР платы МП01.

#### 3.7. Настройки и регулировки ВЧ тракта:

- аппаратная настройка полосовых фильтров ФПРМ и ФПРД на заданную полосу 4 кГц;
- программная настройка частоты цифровых фильтров ПРД и ПРМ;
- аппаратная настройка входного ВЧ аттенюатора под измеренное или расчетное затухание линии;
- программная настройка линейной скорости 9600/14400 бит/с и включение режима АРУ;
- оценка уровня принимаемого сигнала и запаса АРУ на уход затухания ВЧ линии.

Настройки полосовых фильтров ФПРМ и ФПРД выполнены в заводских условиях паяными переключателями и в условиях эксплуатации не изменяются. Программная настройка частоты цифровых фильтров также проведена на заводе, частоты контролируются программой мониторинга.

Аппаратная настройка входного ВЧ аттенюатора под затухание линии производится с помощью джамперов на плате ФПРМ по табл.4. Заводская поставка: затухание линии –  $\geq 30$  дБ, дополнительный аттенюатор – 0 дБ (установлены джамперы J2, J9).

Линейная скорость в заводской настройке установлена 9600 бит/с для плохих условий по шумам. При низком уровне шумов (соотношение сигнал/шум более 24 дБ) линейную скорость можно настроить на 14400 бит/с. Далее проконтролировать отсутствие ошибок по RX ERR в окне мониторинга UPLINK и отсутствию миганий желтого индикатора ПРМ/ПРД платы МП01.

В рабочем состоянии аппаратуры нужно включить режим АРУ (заводская установка), установив соответствующую «галочку» в окне конфигурации. Режим АРУ может быть выключен для оценки величины затухания линии. При включенном режиме АРУ регулятор уровня по ВЧ входу выключается.

Оценка уровня сигнала ПРМ и запаса АРУ на уход затухания ВЧ линии производится в окне основных параметров программы мониторинга: среднеквадратичный уровень сигнала в полосе частот приемника в относительных единицах 0,01...1,1 и параметр АРУ Лин в диапазоне 300...2700.

Наилучшая оценка качества – уровень ПРМ в диапазоне 0,9...1,0 и параметр АРУ Лин в диапазоне 750...1300 (наибольший запас АРУ). Такое качество обеспечивается при затухании линии в диапазоне 26...30 дБ и малом мешающем влиянии соседних ВЧ систем.

При большом ( $>30$  дБ) затухании линии или сильном влиянии соседних ВЧ систем (близкие частоты) уровень принимаемого сигнала падает, а параметр АРУ Лин растет. В предельных случаях при затухании линии 50...60 дБ уровень принимаемого сигнала падает до 0,1 и параметр АРУ Лин находится в диапазоне более 2200...2700 (наименьший запас АРУ).

При малом ( $<26$  дБ) затухании линии и дополнительном аттенюаторе 0 дБ параметр АРУ Лин падает ниже минимального порога 750, что указывает о выходе сигнала за допустимый диапазон. В этом случае следует установить дополнительный аттенюатор на плате ФПРМ 12 дБ (или более) и параметр АРУ Лин войдет в допуск (более 750).

## 4. Программное конфигурирование аппаратуры.

4.1. Программно настраиваются режимы и параметры ВЧ стыка, голосовых 2-х и 4-х проводных стыков и стыков передачи данных (телемеханики).

4.2. Программные настройки выполняются с использованием программы мониторинга MC04-DSL Monitor v.4.20.21 и более поздние версии.

4.2.1. Настройки порта в параметрах мониторинга показаны ниже.

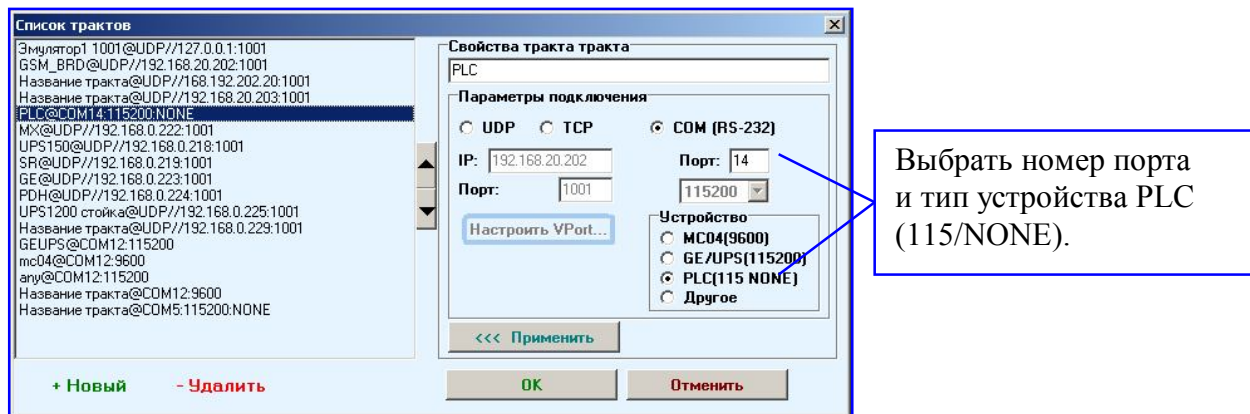


Рис.3. Настройка COM порта компьютера.

4.2.2. Рисунок ниже показывает основные параметры устройства и их группировку по панелям.

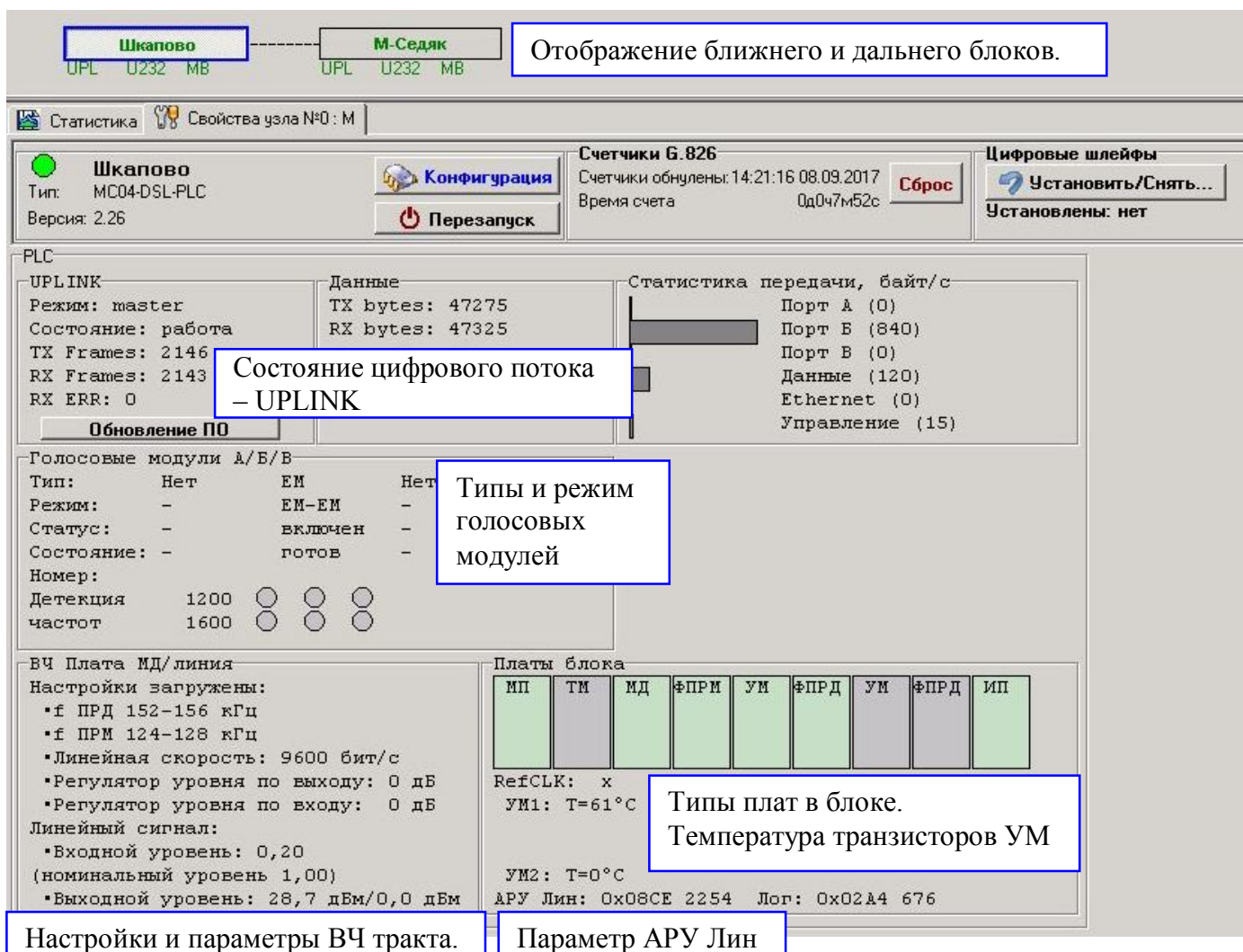


Рис.4. Окно основных параметров аппаратуры.



На панели **ВЧ** отражено состояние платы МД01, загруженные настройки, текущий уровень принимаемого сигнала.

Надпись **Плата МД: настройки загружены** означает успешную загрузку и проверку конфигурационных регистров в плату МД01. Если настройки успешно записаны, то ниже будет отображено: установленные частоты приёма и передачи, установленные уровни регуляторов приёма и передачи, установленная линейная скорость.

Также на этой панели отображается измеренный платой МД01 среднеквадратичный уровень сигнала на входе этой платы в полосе частот приемника в относительных единицах:

- номинальный уровень 1,00
- максимально возможный диапазон работы 0,1...1,10.

Надпись **Плата МД: нет загрузок** означает, что в конфигурации установлена галочка **Default** и плата МП01 работает с настройками по умолчанию.

Надпись **Плата МД: ошибка** означает ошибку при загрузке регистров.

**Панель «Голосовые модули А/Б/В».** На данной панели отображается наличие голосового модуля, тип установленного модуля (EM, FS, FO), статус (отключен, включен), состояние (готов, звонок, разговор), набранный номер (детектированный модулем FS импульсный набор, либо принятый от удалённого модема и набранный модулем FO). На этой же панели выводится детектирование модулем EM01 частот 1200 и 1600 Гц сигнализации АДАСЭ.

4.2.3. При нажатии кнопки **Конфигурация** откроется окно конфигурирования, будет предложено считать текущие настройки устройства.

Кнопки: считать настройки из устройства •  
 записать настройки в устройство •перезапустить устройство

The screenshot shows a software window titled "PLC" with a "Настройки" (Settings) tab. The main area displays configuration options for voice modules and network settings. A blue box highlights the "Режим и уровни голосовых портов" (Voice port modes and levels) section, which includes settings for "Режим работы" (Master), "Порт А - FO", "Порт Б - Нет", and "Порт В - EM". Another blue box highlights the "Полоса пропускания и уровень" (Bandwidth and level) section, showing options for "Default", "Полоса, кГц", "Регулятор уровня, дБ", and "Линейная скорость".

Режим и уровни голосовых портов

Настройки ВЧ: полоса передачи/приема, регуляторы уровня, скорость, включение АРУ

Рис.5. Окно конфигурации.

#### 4.2.3.1. Режим работы.

Блоки (полукомплекты) работают в режиме точка-точка, один из них должен быть ведущим **Master**, второй ведомым **Slave**.

Для портов А, Б, В в зависимости от типа установленного голосового модуля задается также режим (какой тип модуля установлен на удалённом модеме – EM/FO/FS), либо отключение модуля.

Режимы модуля EM.

В режиме **EM** – **EM** организуется прозрачный ГЧ-канал без анализа частотной сигнализации внутри канала. В режиме **EM-FS** и **АДАСЭ** модуля включается детектирование и генерирование двухчастотной сигнализации 1200/1600.

Режимы модуля FS.

В режиме **FS** – **FS** при поднятии трубки телефонного аппарата модуль начинает генерировать контроль посылки вызова удаленного абонента до поднятия удаленным абонентом трубки. Режимы **FS – FO** и **FS – EM** для модуля FS равнозначны и объединены в один режим. В данном режиме модуль FS не генерирует частотных посылок, а организует прозрачный ГЧ-канал (с детектированием импульсного набора номера, если необходимо).

Режимы модуля FO – возможен только режим **FO – FS**.

Для модулей EM/FS/FO настраиваются номинальные уровни входа и выхода. Установка галочки **Передача имп. набора** для модуля FS обеспечивает счет импульсов от телефонного аппарата при импульсном наборе номера и передачу набранных цифр на удалённое устройство, а для модуля FO разрешает приём номера от удаленного модуля FS по выделенному каналу сигнализации. Для модуля EM в режиме EM-FS или АДАСЭ данная галочка разрешает приём номера от удаленного модуля FS по внутреннему каналу и набор этого номера генерацией частотных посылок 1200/1600 Гц.

#### 4.2.3.2. Особенности настроек режима АДАСЭ.

При выборе для модуля EM режима АДАСЭ активируется поле настроек АДАСЭ, **занятие**.

Поле содержит строки **ПС: КПВ, Отбой** и **ДК: КПВ, Отбой** (настройка подканала ПС и ДК) и столбцы **<-ТЧ"** и **"FS->** (выбор направления передачи сервисных сигналов в сторону 4-х проводного канала ГЧ или телефонного аппарата абонента на удаленном полукомплекте). Выбором режима **Выкл./Вкл.** выключается и включается передача сервисных сигналов нужного подканала и направления.

Рекомендуется включать данную настройку в направлении **FS->**, если подключенная к ГЧ стыку аппаратура, не формирует сигнала **Отбой** после окончания соединения по инициативе удаленного абонента. В этом случае плата МП после приема сигнала **Отбой** (двойная частота 1200+1600) по стыку ГЧ, будет формировать сигнал **Отбой** (частота 425 Гц, скважностью 0.4) в сторону абонента удаленного полукомплекта самостоятельно. Данная настройка, как правило, актуальна для обоих подканалов ПС и ДК.

Рекомендуется включать данную настройку в направлении **<-ТЧ**, если аппаратура, подключенная к ГЧ стыку, не формирует сигналы **КПВ** и **Отбой** в сторону внешнего абонента. В этом случае плата МП после приема извещения о формировании вызывного сигнала (звонка) удаленным стыком FS, будет отправлять в сторону стыка ГЧ сигнал **КПВ** (частота 425 Гц, скважностью 5). После окончания соединения, инициированным удаленным стыком FS, в сторону стыка ГЧ отправляется сигнал **Отбой**. Сигнал **Отбой** также отправляется в случае отсутствия связи с удаленным полукомплексом. Данная настройка, как правило, актуальна для подканала ДК.

#### 4.2.3.3. Типовая настройка полукомплектов для режима АДАСЭ.

##### Станционный блок А.

Режим **Master**. Порт В – установлен модуль EM, порт Б – пустой, порт А – пустой (или установлен модуль FS, FO, EM не в режиме АДАСЭ). Режим модуля – АДАСЭ, уровни выход/вход – +4/-13 дБ, галочка **Передача имп. набора** – для ДК канала – не установлена, для ПС канала – установлена, передача **ДК: КПВ, Отбой** – **Вкл.**, передача **ПС: КПВ, Отбой** – **Выкл.**

Удаленный блок Б.

Режим **Slave**. Порты Б и В – установлены модули FS соответственно для ПС и ДК канала, порт А – пустой (или установлен модуль FS, EM не в режиме АДАСЭ). Режим модулей – FS-FO/FS-EM, уровни выход/вход –7/0 дБ, галочка **Передача имп. набора** – для ДК канала – не установлена, для ПС канала – установлена.

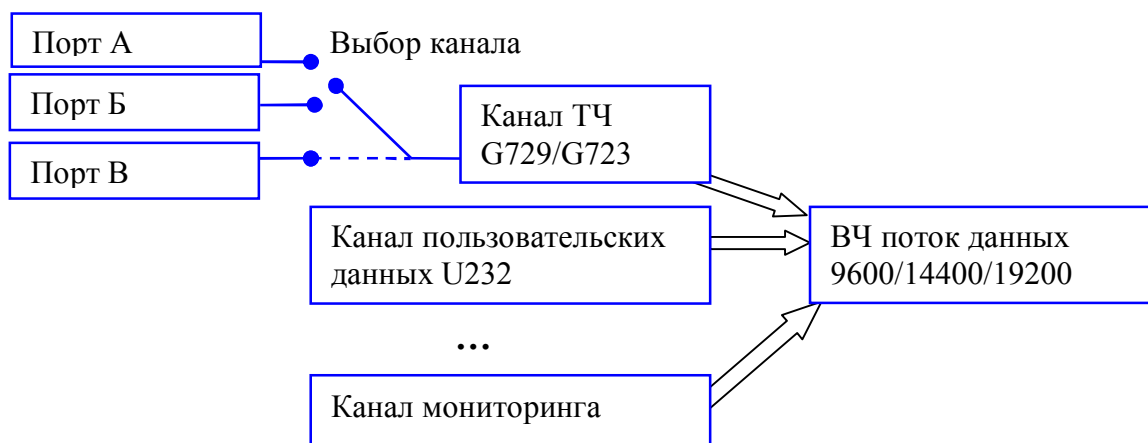
**Настройки голосового кодека.**

На этой панели задается тип кодека: G723 5.3 кбит/с, G729 6.4 кбит/с, G729 8 кбит/с.

Для всех трёх вариантов можно включить **детектирование голоса** – данная настройка включает алгоритм обнаружения голосовой активности и позволяет передавать намного меньше данных во время «тишины» в канале.

Выбор **порта А, Б или В** задает порт, от которого будут передаваться голосовые данные через поток ВЧ. При установленной галочке **Авто** голосовые данные от порта А, Б или В будут выбираться автоматически в зависимости от занятости канала. При одновременной занятости каналов данные порта В будут вытеснять данные портов Б и А, данные порта Б будут вытеснять данные порта А.

**Примечание.** При установке линейной скорости 9600 бит/с рекомендуется установить кодек G723 5.3 кбит/с. Кодек G729 6.4 кбит/с занимает почти весь канал, что тормозит передачу данных (телемеханики).

**Настройки ВЧ полосы пропускания и уровней.**

При снятой галочке **Default** в плату МД01 будут загружены регистры с настройками:

- полосы пропускания передачи и приема;
- регуляторы уровня, номинальный уровень 0 дБ;
- линейная скорость 9600/14400 бит/с;
- включение режима АРУ.

**Настройки приоритетов трафика.** Так как ВЧ-поток данных – это узкий канал, который распределяется между всеми интерфейсами (голосовыми данными от каждого из трех модулей, пользовательскими данными порта RS232, данных Ethernet и команд мониторинга), которые могут вытеснять друг друга, то необходимо задать определенные правила для их передачи. На этой панели задаются приоритеты для разных типов трафика, а также гарантированная полоса.

Нулевое значение соответствует наивысшему приоритету. Номера приоритетов в текущей версии программы жестко заданы от 0 до 3. Таким образом, голосовой модуль А/Б/В имеет наивысший приоритет, а канал управления низший. При наличии данных от голосового модуля они будут вытеснять передачу данных других портов (данные других портов будут накапливаться в буфере и передаваться при освобождении полосы).

**Гарантированная полоса (0..32)%** задает гарантированную скорость передачи данных от порта в процентах от скорости ВЧ-потока. Данный параметр нужен для того, чтобы передача данных с высоким приоритетом не вытесняла полностью передачу данных с низким приоритетом.

## 5. Контроль состояния аппаратуры.

Состояние блока контролируется по индикаторам плат МП01, УМ01, ИП01.

5.1. Индикаторы платы ИП01 контролируют наличие сетевого напряжения и выходных напряжений +12В, -48В, +48В.

5.2. На плате МП01 три светодиода **ПРМ/ПРД**, **РЕЖИМ**, **СТ** индицируют следующие состояния.

**РЕЖИМ** – указывает режим работы блока в составе комплекта аппаратуры: режим "Ведущий" – индикатор горит, режим "Ведомый" – индикатор погашен.

**СТ** – указывает состояние комбинированного канала передачи, индикатор горит – канал включен и идет передача данных, индикатор мигает с частотой 5 Гц – канал выключен.

**ПРМ/ПРД** – индицирует желтым цветом факт приема и передачи данных по ВЧ тракту между полуконструкциями аппаратуры, мигает при обнаружении ошибки контрольной суммы во входящем цифровом потоке.

После подачи питания все индикаторы используются для индикации технологических состояний и факта загрузки плат блока. Рабочий режим индикации наступает через 90 секунд после подачи питания.

5.3. На цифровом индикаторе платы УМ01 отображаются следующие параметры:

- среднеквадратичная мощность собственного передатчика;
- среднеквадратичное напряжение суммарного ВЧ сигнала на линейном выходе;
- среднеквадратичный относительный уровень принимаемого сигнала;
- температура выходных транзисторов;
- аварийные состояния.

Аварийные состояния и индикация платы УМ01:

- обрыв линии связи, индикация аварии **A1** в мигающем режиме;
- обрыв связи между платой УМ01 и платой ФПРД, индикация аварии **A2** в мигающем режиме;
- потеря передаваемого ВЧ сигнала от платы МД01, индикация аварии **A3** в мигающем режиме;
- температура выходных транзисторов более 90°C, индикация аварии **A4** в мигающем режиме.

Аварийное состояние индицируется красным светодиодом АВАРИЯ. Отсутствие аварий индицируется зеленым светодиодом НОРМА.

5.4. Среднеквадратичное напряжение суммарного ВЧ сигнала на линейном выходе измеряется на контрольном разъеме ИЗМ платы ФПРМ широкополосным вольтметром с высокоомным входом. Измеренное значение напряжения должно соответствовать значению напряжения на цифровом индикаторе платы УМ01 с погрешностью  $\pm 10\%$ .