



## Одноплатный компьютер РС-510 в бортовой аппаратуре системы локомотивной сигнализации

Георгий Филатов, Алексей Павлов

Авторы делятся опытом применения одноплатного компьютера РС-510 в бортовой аппаратуре системы маневровой автоматической локомотивной сигнализации (МАЛС) с использованием цифрового радиоканала связи.

### Назначение системы

В рамках «Государственной программы по повышению безопасности движения» Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт средств автоматизации, информатизации и связи (ВНИИАС) МПС России проводит работы по автоматизированному управлению движением маневровых локомотивов на железнодорожных станциях с применением цифрового радиоканала связи системы маневровой автоматической локомотивной сигнализации (МАЛС).

Система МАЛС предназначена для обеспечения безопасности производства маневровых работ на железнодорожных станциях и запрета движения локомотива (состава) со скоростью выше допустимой, согласно ПТЭ (Правила технической эксплуатации железных дорог России), «Инструкции по маневровой работе» и ТРА (Технико-распорядительный акт) станции, а также для автоматической остановки локомотива (состава) перед закрытым сигналом или местом производства работ.

### Общая характеристика системы

Система МАЛС на сегодняшний день является безальтернативным средством обеспечения безопасности

движения при маневровых работах и при перевозке опасных грузов, с высокой надёжностью исключая превышение скорости, проезд запрещающих сигналов, взрез стрелок. Применение этой системы позволяет исключить столкновения вагонов и локомотивов на станциях и предотвратить возникновение аварий, имеющих место на ряде железных дорог из-за ошибок обслуживающего персонала. Цифровой радиоканал связи системы МАЛС совместно с производительной ЭВМ обеспечивают оперативность управления локомотивами и слежения за их местонахождением, недостижимую другими средствами.

Структурно система состоит из двух взаимосвязанных частей: аппаратуры станционной и бортовой (рис. 1).

Контроллеры опроса (КО) опрашивают подключенные к ним «сухие» контакты реле электрической централизации (ЭЦ), контролируют окончание дребезга контактов и формируют массив данных одновременно в двух внутренних комплектах, сравнивают данные на непротиворечивость и выдают их в каналы связи станционного фор-

мирователя (СФ МАЛС). На основании оперативной информации от устройств ЭЦ и команд дежурного по станции СФ МАЛС формирует команды для подвижных объектов системы и передает их в цифровой радиоканал связи через приемопередающее устройство. В ответной телеграмме передаются параметры подвижного объекта системы.

Бортовой контроллер (БК) получает команды от станционной аппаратуры через приемопередающее устройство. Блок БК производит опрос состояния электрооборудования локомотива через блок переключателей (БП) и снимает информацию с датчиков импульсов ДИ1, ДИ2. Информация для машиниста выдается на монитор блока индикации (БИ), а команды машиниста вводятся в бортовой контроллер с помощью функциональной клавиатуры блока управления (БУ).

В состав станционной аппаратуры, кроме перечисленных устройств, также входят автоматизированное рабочее место (АРМ) дежурного по станции (два комплекта), адаптер связи, принтер, согласующее устройство, блок питания радиомодема, антенное оборудо-

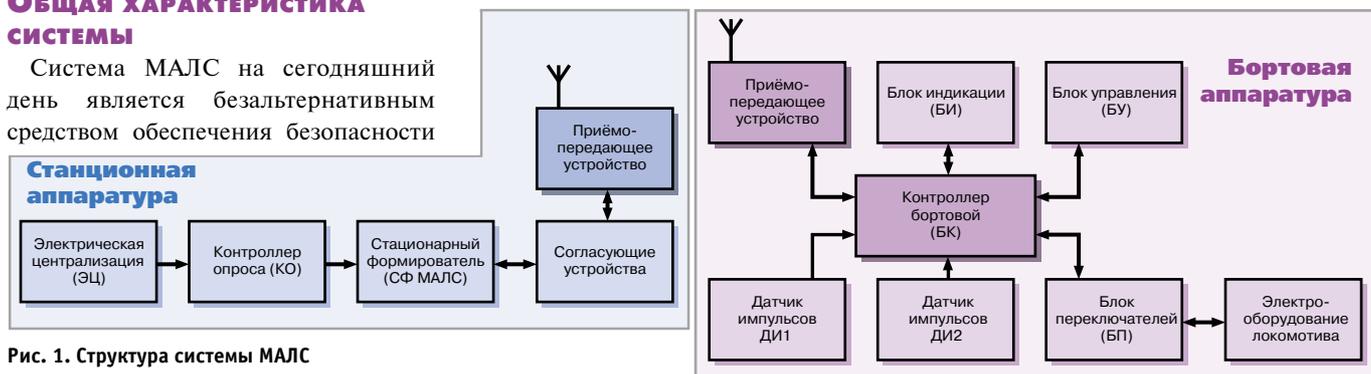


Рис. 1. Структура системы МАЛС



Рис. 2. Контроллер опроса

вание, источники бесперебойного питания, сервисное оборудование МАЛС, курвиметр.

Станционная аппаратура МАЛС располагается в здании поста ЭЦ станции. Контроллеры опроса устанавливаются в помещении релейной на швеллерах на высоте, удобной для наблюдения за индикаторами состояния контроллера (рис. 2). Количество КО зависит от путевого развития станции. Один контроллер может опрашивать до 128 тройников реле. Аппаратура СФ МАЛС и АРМ размещается в помещении дежурного по станции (рис. 3).

Антенное оборудование располагается на крыше здания поста ЭЦ, а приемно-передающее устройство — на расстоянии до 20 метров от антенного оборудования. Если расстояние превышает 20 метров, то необходимо подключать согласующее устройство.

Основные технические параметры станционной аппаратуры системы МАЛС приведены в табл. 1.

### Состав и функции бортовой аппаратуры

Исходной информацией для БА МАЛС являются функциональное состояние аппаратуры, тип локомотива, номер локомотива, диаметры колес локомотива (вводятся после каждой об-



Рис. 3. Рабочее место дежурного по станции

Таблица 1. Технические параметры станционной аппаратуры

Цикл опроса контактов реле, с	0,3
Интерфейс КО, мА	20
Скорость передачи данных КО, бод	1200
Число контролируемых объектов, шт.	10
Цикл выдачи сигнала «приглашения» на вход в систему, с	40
Цикл обмена, с низкого приоритета высокого приоритета	не более 5 не более 1
Скорость обмена радиоканала, бод	9600
Максимальная длина телеграммы, байт	256
Мощность излучения, Вт	5
Объем журнала работ, сутки	7

точки колесных пар работниками, ответственными за обслуживание аппаратуры), состояние электрооборудования локомотива (положение контроллера, реверсора и т. д.), число импульсов на один оборот колеса, название станции, тип системы, в которой работает станция, и маршрутное задание (эта информация передается станционной аппаратурой по цифровому каналу радиосвязи).

В состав БА МАЛС (рис. 4) входят бортовой компьютер на базе промышленного одно-



Рис. 4. Бортовая аппаратура системы МАЛС

платного компьютера, клавиатура (КВ) типа КР-3, блок переключателей на основе платы МРВ-24 с модулями дискретного ввода 70G-IDC5B фирмы Grayhill, предназначенный для сопряжения с сигналами контроля и управления локомотива, блок индикации, датчики импульсов с платой контроллера (КДИ), приемно-передающее устройство (радиомодем), антенное оборудование, плата питания (ПП). Структурная схема бортовой аппаратуры представлена на рис. 5.

Конструктивно основные блоки БА МАЛС (рис. 6) располагаются в одном корпусе и соединяются с другими блоками посредством кабелей. Датчики импульсов, служащие для определения скорости и направления движения, закрепляются на 2-й и 5-й колесных парах локомотива.

Плата электропитания с первичным напряжением 50 В подключается к аккумуляторной батарее локомотива; её выходными номиналами являются +5 В (3 А), +12 В (2,5 А), +13,8 В (2 А) и +15 В (1 А).

Основные технические параметры бортовой аппаратуры системы МАЛС представлены в табл. 2.

Для дальнейшего рассмотрения функционирования БА МАЛС введем понятия «Пост», «Телеграмма» и «Маршрут». Пост — станционная часть системы МАЛС. Телеграмма — единица блока данных, несущая в себе информацию по какой-либо команде поста или ответа на команду. Может состоять из одного и более байтов. В одной посылке по радиоканалу может содержаться несколько телеграмм. Маршрут — поэлементно заданный путь движения локомотива с указа-

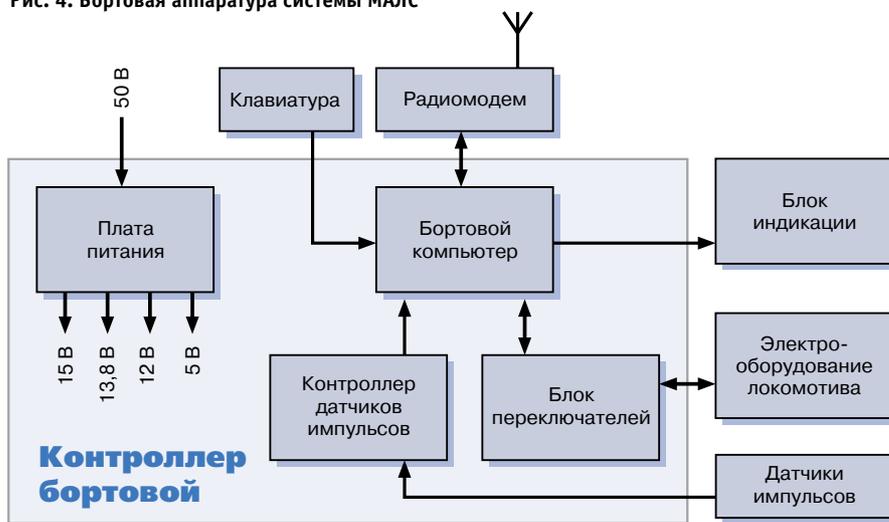


Рис. 5. Структурная схема БА МАЛС

нием характеристик каждого элемента, общей длины пути и количества свободных изолированных секций. Элементами маршрута могут быть отрезки пути, стрелки и светофоры. Характеристики элемента специфичны для каждого типа, но основными являются их длина и максимальная допустимая скорость движения по ним (для путей и стрелок).

«Мозговым центром» аппаратуры является бортовой компьютер. При выборе элементной базы для его реализации учитывался ряд требований и ограничений:

- диапазон рабочих температур от  $-40$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ ,
- устойчивость к вибрации и ударам,
- относительная влажность до 80%,
- компактность и надежность,
- минимум значений питающих напряжений и энергопотребления,
- наличие сервисной аппаратуры и технической поддержки поставщика,
- оптимальная по критерию «цена/качество» стоимость.

Учитывая изложенные факторы, был выбран промышленный одноплатный компьютер PC-510 (рис. 7) фирмы Octagon Systems (США).

Основные характеристики платы PC-510:

- процессор AMD 5x86/133 МГц;
- DOS 6.22 в ПЗУ;
- BIOS Phoenix с промышленными расширениями;
- встроенный электронный флэш-диск 2 Мбайт с файловой системой;
- 32-контактная розетка, допускающая установку микросхем флэш-ПЗУ, ППЗУ или флэш-диска DiskOnChip 2000;
- ОЗУ до 48 Мбайт EDO;
- видеоадаптер SVGA с 2 Мбайт видеопамяти и поддержкой плоских панелей;
- порты для подключения НГМД и EIDE НЖМД;
- порты для подключения мыши и клавиатуры;
- 48 цифровых каналов ввода-вывода;
- последовательные порты COM1-COM6 (RS-232C, RS-485);
- интерфейс для системы GPS;
- сторожевой таймер;
- электрическая защита внешних интерфейсов до 6 кВ;

- MTBF 13,6 года;
- питание +5 В, ток потребления от 625 до 1560 мА;
- диапазон рабочих температур от  $-40$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ ;
- относительная влажность до 95% без конденсации;
- вибрации до 2g, удары до 10g;

Как видно, плата PC-510 обладает большим набором возможностей при относительно небольших размерах 200·140·15 мм и весе всего 244 г. Достоинством платы является гибкость



Рис. 6. Контроллер бортовой аппаратуры

является гибкость конфигурирования ее ресурсов с учетом требований заказчика как посредством установки переключателей, так и соответствующими программными утилитами.

При использовании платы PC-510 в аппаратуре БА МАЛС были задействованы следующие ее компоненты: каналы ввода-вывода для подключения матричной клавиатуры типа КР-3 и сигналов блока переключателей; последовательный порт COM1 в режиме RS-232C для связи с радиомодемом; порт COM6 в режиме RS-485 для обмена с КДИ; видеоадаптер с программированием BIOS для поддержки электролюминесцентного графического плоскочпанельного дисплея типа Planag EL 640.480-AG1 ET (рис. 8); электронный диск DiskOnChip (DOC) фирмы M-Systems, устанавливаемый на 32-контактную розетку и сконфигурированный как SSD0; встроенная оперативная память типа EDO емкостью 1 Мбайт; сторожевой таймер, отслеживающий «зависание» программы.

BIOS платы PC-510 настраивается для загрузки операционной системы



Рис. 7. Одноплатный компьютер PC-510 — основа бортового контроллера

Таблица 2. Технические параметры бортовой аппаратуры

Напряжение питания, В	50 ±10
Уровни входных коммутируемых сигналов, В	50, 75, 110
Цикл опроса входных сигналов, с	0,2
Максимальное время задержки ответа на телеграмму станции, с	0,1
Максимальная длина телеграммы, байт	256
Скорость обмена радиоканала, бод	9600
Мощность излучения, Вт	5
Потребляемая мощность, Вт	100

(OC) с элемента SSD0, то есть с электронного диска DOC. В электронный диск при установке БА МАЛС «зашиваются» DOS и прикладная программа бортовой части системы. При модификации программы ее установка на уже оборудованные локомотивы осуществляется простой заменой DOC.

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ

Программная часть БА МАЛС представляет собой стандартное приложение DOS, работающее в режиме реального времени. Программа осуществляет постоянный мониторинг состояния движения локомотива, клавиатуры, данных радиоканала (телеграммы поста) и выводит на монитор информацию о допустимой скорости движения локомотива, пройденных расстояниях, установленном режиме работы и заданном маршруте. В критических ситуациях программа воздействует на управление силовой установкой локомотива и производит плавное или экстренное его торможение.

Структурно программа состоит из ядра и программных драйверов, осуществляющих взаимодействие с подключенными устройствами, как-то: клавиатура, радиомодем, датчики информации о состоянии электрооборудования локомотива. Обмен данными между ядром и драйверами происходит по-



Рис. 8. Установка плоскочпанельного дисплея Planag в эргономичном конструктиве

средством буферов обмена. На исходном языке программирования (C++) драйверы, как правило, представлены отдельными модулями (рис. 9).

Такая структура позволяет независимо модифицировать модули, сохраняя при этом функциональную целостность программы.

Контроль передаваемой информации между станционной и локомотивной аппаратурой осуществляется по протоколу CRC32.

Программная часть включает в себя ряд сервисных возможностей по тестированию оборудования и редактированию параметров локомотива (его номер, тип, диаметры колесных пар). Доступ к этой части программы защищен паролем.

Объем исполняемого файла программы совместно с файлами поддержки составляет порядка 300 кбайт. Последние включают в себя файл конфигурации локомотива и файлы таблиц торможения.

## РЕЖИМЫ РАБОТЫ

Технология системы МАЛС предусматривает три режима работы локомотива:

1. Ручной. В этом режиме связь с постом отсутствует и управление локомотивом осуществляется в обычном режиме. На мониторе отображается только текущая скорость и общее пройденное расстояние.

2. Автономный. Локомотив находится на связи с постом и готов принимать телеграммы маршрута. В целом движение локомотива автономно.

3. Телеуправление. Локомотив находится под полным контролем поста и движется по установленному маршруту с заданной на каждой изолированной секции допустимой скоростью.

Режим телеуправления является основным при работе в системе МАЛС и обеспечивает заданный уровень безопасности маневровых работ. В этом режиме программа БА МАЛС отслеживает ряд критических, с точки зрения безопасности, ситуаций, а именно:

- «скатывание» локомотива, то есть начало движения локомотива без сигнала тяги или движение в направлении, противоположном заданному;
- превышение допустимой скорости движения;
- проезд запрещающего сигнала светофора;
- движение по занятому пути;

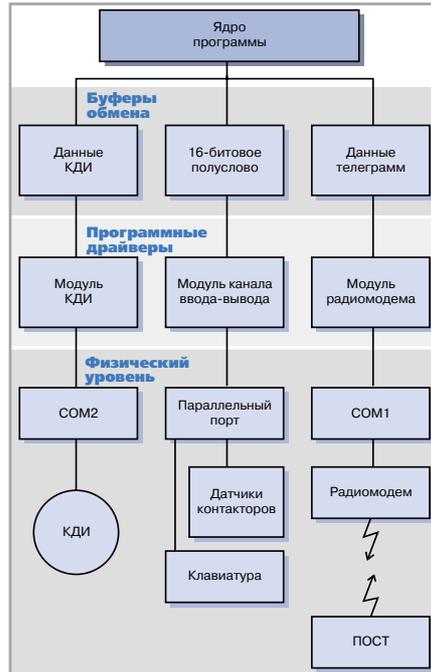


Рис. 9. Структурная схема программного обеспечения БА МАЛС

- движение на участках с ограничениями, то есть на участках, где ведутся путевые работы или временно введены ограничения по скорости.

При «скатывании» локомотива (появлении фактической скорости движения без включения тяги), попытке проезда запрещающего сигнала, места работ или без сообщения «путь свободен» в управляющей цепи локомотива включается сигнал экстренной остановки.

Если во время выполнения маршрутного задания разность между допустимой и фактической скоростями становится менее 5%, то по приказу блока БК следует разбор тяги. Если фактическая скорость становится равной допустимой, то следует срыв электропневматического канала (ЭПК), по сути — экстренное торможение.

При движении по занятому пути или по участкам с ограничениями включается периодическая проверка бдительности машиниста. Если машинист не нажимает «рукоятку бдительности», то происходит экстренная остановка локомотива.

При подъезде к запрещающим сигналам светофора, занятым путям или к участкам с ограничениями реализуется алгоритм торможения и остановки локомотива.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ

Следующим этапом развития БА МАЛС является введение в его состав

средств аудиоподдержки выдаваемых на экран показаний и сообщений, управление тормозной системой локомотива, повышение интеллектуальной составляющей программного обеспечения.

По результатам эксплуатационных испытаний первой версии программного обеспечения (ПО) системы оборудованные объекты в настоящее время оснащаются второй версией ПО, учитывающей предложения Западно-Сибирской, Свердловской, Красноярской, Октябрьской, Московской и Средневожжской железных дорог России.

Система МАЛС с новой версией ПО обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- защита ПО системы от несанкционированного доступа;
- сопровождение работы системы голосовыми сообщениями (станционная аппаратура);
- ввод информации о технико-распорядительном акте (ТРА) станции и о локомотиве;
- прием от устройств ЭЦ информации о состоянии рельсовых цепей, светофоров и положении стрелок;
- контроль состояния контроллера локомотива;
- идентификация эффекта «скатывания»;
- измерение фактической скорости и направления движения локомотива;
- ввод и вывод локомотивов из системы;
- обмен сообщениями по цифровому радиоканалу связи между станционными устройствами и локомотивами;
- идентификация и определение соответствия маршрута и локомотива;
- установка и коррекция маршрутного задания;
- создание маршрутов с учетом запрещающего сигнала;
- назначение и отмена места производства работ на любом элементе станции;
- остановка локомотива по приказу дежурного диспетчера (ДСП), при потере связи или отмене маршрута;
- идентификация кратковременной потери связи и сохранение передаваемой информации;
- контроль допустимой скорости движения при выполнении маршрутных заданий;
- разборка тяги при приближении фактической скорости движения к допустимой;

- контроль ограничения скорости на местах производства работ;
- запрос подтверждения видимости машинистом вагонов на занятом пути и мест производства работ;
- смена режимов работы локомотива по приказу станционных устройств и запросу машиниста локомотива;
- измерение длины состава;
- определение расстояния до мест производства работ;
- контроль непроезда «хвостом» состава последнего пройденного стыка в маршрутном задании;
- контроль движения состава в пределах последней занятой секции маршрутного задания относительно его «головы» и «хвоста»;
- выполнение приказов ДСП на проезд запрещающего сигнала;
- включение проверки бдительности машиниста;
- срыв ЭПК при неисправностях или отключениях локомотивной аппаратуры;
- срыв ЭПК при превышении допустимой скорости движения;
- срыв ЭПК при подъезде к препятствию или месту работ в случае отсутствия подтверждения от машиниста о получении предупреждения;
- срыв ЭПК при попытке проезда запрещающего сигнала либо по приказу станционных устройств или ДСП;
- срыв ЭПК при попытке проезда стыков в пределах занимаемой изолированной секции;
- регистрация смен ДСП в журнале системы МАЛС;
- ведение записей в журнале системы МАЛС о событиях, происшедших на станциях, и функциональном состоянии локомотивной аппаратуры.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В настоящее время аппаратура БА МАЛС установлена на 60 локомотивах. Отказов в работе одноплатных компьютеров РС-510, мониторов Planar EL 640.480-AG1 ET, клеммных плат МРВ-24, пылевлагозащищенной клавиатуры КР-3 зафиксировано не было.

Согласно технико-экономическому обоснованию, экономический эффект от внедрения единичного комплекта системы МАЛС (одна станция и один локомотив) составляет 106300 рублей. Срок окупаемости системы 2,1 года. ●

**Авторы — сотрудники ГУП ВНИИАС**  
**Телефон: (095) 262-4327**