

Система «Движение»: стационарная аппаратура, центральный пост и единая система радиосвязи

Сергей Кузнецов, Виктор Половинкин

Публикуемый материал является продолжением статьи «Комплексная система обеспечения безопасности и автоматизированного управления движением поездов метрополитена», напечатанной в СТА № 4 за 2000 год.

Назначение и состав стационарной аппаратуры

Стационарная аппаратура (СА) предназначена для обеспечения безопасности движения и автоматизированного управления движением пассажирских и хозяйственных поездов на участках линий метрополитена, входящих в зону ответственности станции, то есть на станционных путях, включая оборотные тупики, на прилегающих частях перегонов и соединительных ветвях с другими линиями. СА функционирует в двух режимах: основном и вспомогательном. В основном режиме осуществляется совместная работа стационарной и поездной аппаратуры под управлением центрального поста — режим централизованного автоматизированного управления. Вспомогательный режим обеспечивает автономное (местное) автоматизированное управление по номинальным значениям под управлением оператора СА. Этот режим используется в случае потери централизованного управления или при переходе на местное управление.

Переход из режима в режим осуществляется оператором при наличии разрешения от центрального поста (ЦП).

В автоматизированном режиме работа ведется с участием операторов, включённых в контур управления, и пользователей, то есть лиц, получающих информацию только для анализа без возможности управления. На уровне СА операторами являются поездной диспетчер или дежурный по посту централизации (частично), а пользователями — начальник станции, дежурный по посту централизации и дежурный электромеханик.

СА имеет четыре функциональные подсистемы:

БД — подсистема обеспечения безопасности движения;

АУ — подсистема автоматизированного управления движением поездов;

ИО — подсистема информационного обеспечения;

КД — подсистема контроля и диагностики.

Подсистема БД обеспечивает:

- передачу по каналу с двукратной фазоразностной модуляцией (ФМК) и радиоканалу (РК) в поездную аппаратуру (ПА) текущих значений допустимой скорости ($V_д$) для данного и последующего участков пути;
- расчет $V_д$ с учетом поездной обстановки на перегоне, технического состояния перегона и текущих параметров движения всех поездов;
- выдачу $V_д = 0$ для торможения поезда до полной остановки перед занятым участком пути или перед участком с нарушенной целостностью рельсовой цепи;
- проверку условий безопасности и управление дверями поезда на остановке и дверями станций закрытого типа;
- проверку условий безопасности перевода стрелок и управление их положением.

Подсистема АУ обеспечивает:

- приём и дешифрацию команд централизованного управления движением поездов по линии, поступающих от ЦП, а также контроль исполнения данных команд;
- выдачу команды отправления поезда со станции после истечения времени стоянки по разрешению подсистемы БД;
- автоматическое открывание и закрывание дверей на станции;
- задание и отмену маршрута и авторежима, а также выполнение дополнительных функций, выдачу необходимой оперативной информации и т. п.

Подсистема ИО обеспечивает:

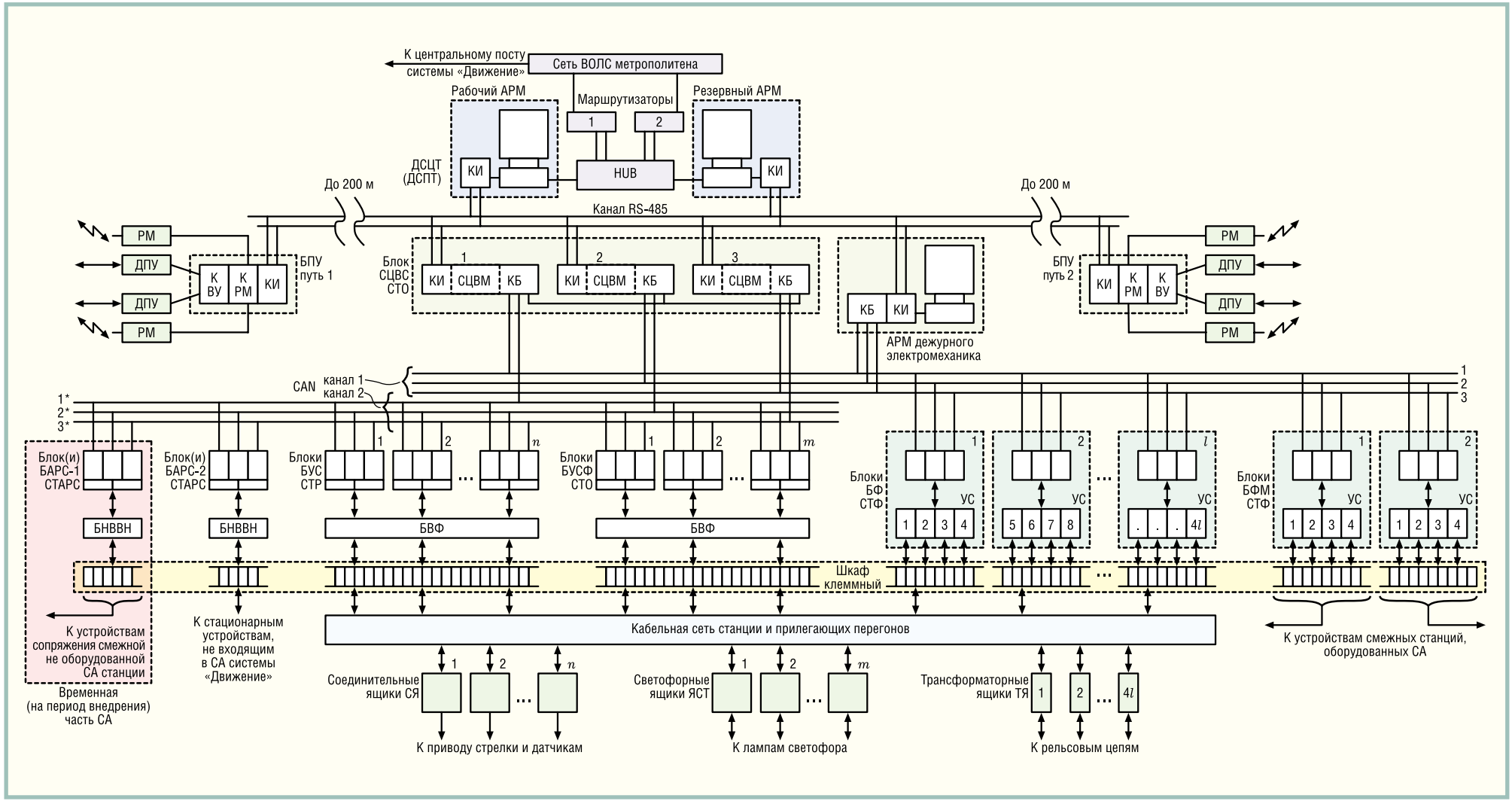
- поддержку базы данных, содержащую всю необходимую информацию для выполнения своих функций подсистемами АУ и БД;
- предотвращение несанкционированного доступа к работе с СА;
- прием и передачу информации о номере маршрута, номере поезда, типе подвижного состава, информирование машиниста о состоянии ПА и т. д.;
- прием от ЦП и информирование оператора и пользователя о поступающих командах, прием команд от ПА и информирование оператора;
- обмен информацией по всем видам каналов между ПА и СА, а также между СА и ЦП.

Подсистема КД включает в себя средства встроенного и внешнего контроля и диагностики и обеспечивает эксплуатацию СА «по состоянию». Средства встроенного контроля и диагностики обеспечивают обнаружение отказа компонента с точностью до сменного модуля (блока).

Структурная схема станционной аппаратуры СА системы «Движение» (без системы электропитания) приведена на рис. 1.

В состав СА с путевым развитием входит следующая аппаратура:

© 2001, СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru



Условные обозначения:

РМ — радиомодем; ДПУ — датчик прибытия-убытия; КВУ — контроллер внешних устройств; КРМ — контроллер радиомодема; КИ — контроллер информационной шины; БПУ — блок прибытия-убытия; ДСЦТ (ДСПТ) — дежурный по станционному посту; СЦВМ — станционная цифровая вычислительная машина; КБ — контроллер безопасности; СЦВС — станционная цифровая вычислительная система; БАРС — устройства сопряжения с действующим оборудованием станции; БНВВН — блок нормализации входных-выходных напряжений; БУС — аппаратура управления стрелками; БВФ — блок входных фильтров; БУСФ — аппаратура управления сигналами светофоров; БФ — аппаратура регулирования движения поездов по каналу с двукратной фазоразностной модуляцией и контроля состояния рельсовых цепей; УС — устройство согласования; БФМ — аппаратура передачи информации от СА на смежные оборудованные СА станции; СТО, СТР, СТФ, СТАРС — стойки, соответственно, основные, расширения, аппаратуры ФМК и связи с оборудованием смежных не оборудованных СА станций.

Рис. 1. Структурная схема СА системы «Движение» (без системы электропитания)



Рис. 2. Общий вид помещения АТДП (апппаратуры телемеханики и управления движением поездов) со старым оборудованием (зона ответственности — около 500 м пути в пределах станции и 3 стрелки)



Рис. 3. Общий вид помещения с новой аппаратурой (зона ответственности — около 2,7 км пути и 3 стрелки)

- автоматизированное рабочее место (АРМ) дежурного по станционному посту (ДСЦТ) — дублированное;
- АРМ дежурного электромеханика;
- три станционные вычислительные машины (блоки СЦВМ 1-3), обеспечивающие совместную работу аппаратуры микропроцессорной централизации стрелок и сигналов (МЦМ), ФРМ-канала (ФМК, ФМ-канал) и системы контроля рельсовых цепей (КРЦ);
- аппаратура управления стрелками (блоки БУС);
- аппаратура управления сигналами светофоров (блоки БУСФ);
- аппаратура регулирования движения поездов по каналу с двукратной фазоразностной модуляцией и контроля состояния рельсовых цепей (блоки БФ);
- аппаратура передачи информации от СА на смежные оборудованные СА станции (блоки БФМ);
- аппаратура обмена данными и командами управления поездом по радиоканалу через щелевой кабель во время движения (блок БС АРК — на схеме не показан);
- четыре радиомодема (РМ) для обмена информацией с поездом во время стоянки или прохождения поездом станции;
- четыре инфракрасных датчика прибытия-убытия (ДПУ);
- устройства сопряжения с действующим оборудованием станций (блоки БАРС-2);
- аппаратура передачи данных между СА и центральным постом по волоконно-оптическим линиям связи (маршрутизаторы);
- блоки питания различной мощности для питания цифровых и силовых частей аппаратуры (на схеме не показаны).

Конструктивно аппаратура СА выполняется в виде нескольких стоек — основной стойки (СТО), стойки (стоек) расширения (СТР), стойки (стоек) аппаратуры ФМК (СТФ) и при необходимости стойки связи с оборудованием смежных не оснащенных СА станций (стойка СТАРС с блоками БАРС-1). Конструкция разработана на базе 19-дюймового конструктива Евромеханики, соответствует ГОСТ 28601.2-90 и по массо-габаритным характеристикам выгодно отличается от ныне существующего оборудования (рис. 2 и 3).

В стойки вставляются каркасы типоразмеров 3U, 4U, 6U по ГОСТ 28601.3-90, в которые установлены платы соответствующих типоразмеров. Даже используемые каркасы фирмы Octagon Systems (3 шт.) в целях унификации конструктивно объединены в блок 4U.

Стойки микропроцессорной централизации стрелок и сигналов (СТО и СТР)

Станционная цифровая вычислительная система (СЦВС, рис. 4), состоящая из трех СЦВМ, предназначена для поддержания уровня безопасности работы СА в условиях одного отказа или потока перемежающихся отказов (сбоев). Система позволяет восстановить ошибки при сбоях, определить отказавшее устройство и затем его отключить.

СЦВМ решает задачи обеспечения безопасности и управления движением поездов, проводя сбор данных от

- БФ (ФМК) о занятости рельсовых участков и целостности рельсовых путей в зоне действия СА;
- БУС о положении остряков стрелок и состоянии БУС;
- БС АРК о местоположении и скорости поездов в зоне действия СА;
- БАРС-2 о положении металлоконструкций и дверей на станциях закрытого типа;
- блока прибытия-убытия (БПУ) о прибытии и убытии поезда со станции и о состоянии прибывшего поезда;
- АРМ о получении от центрального поста (ЦП) или ДСЦТ «ответственных» команд;
- БУСФ о состоянии огней светофоров.

При этом СЦВМ вычисляет допустимую скорость по каждому из рельсовых участков в зоне действия станции и проводит проверки «ответственных» команд на допустимость.

СЦВС выдает команды на

- БУС (команды управления стрелочными переводами);
- БФ и БС АРК (коды допустимых скоростей и других команд для передачи в движущийся поезд);

© 2001, СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru

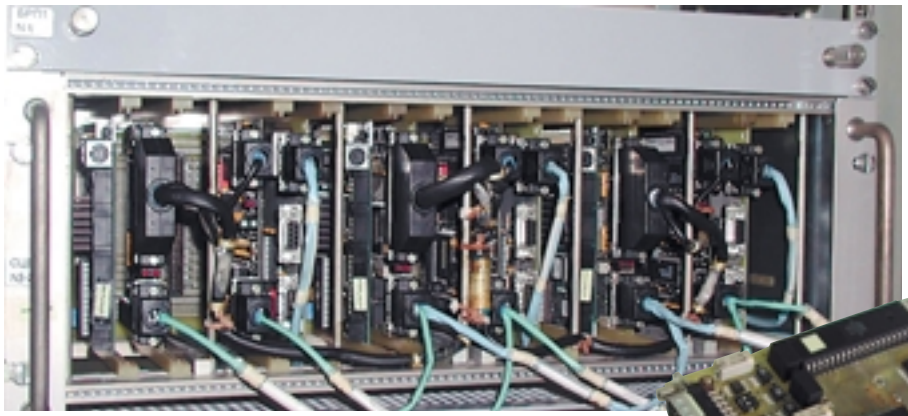


Рис. 4. Блок станционной цифровой вычислительной системы (СЦВС)

- БФМ (коды готовности рельсовых цепей в зоне ответственности станции к передаче данных на смежную станцию);
- БУСФ (команды включения/отключения огней светофоров).

В состав каждой из СЦВМ входят процессорная плата 5025A фирмы Octagon Systems на базе центрального процессора 80386 с оперативной памятью 4 Мбайт, плата питания, контроллер информационной шины (КИ) и контроллер безопасности (КБ).

КИ выполнен на базе однокристального микроконтроллера фирмы Intel 80C51 и реализует протокол обмена по основной и резервной шинам RS-485 между АРМ, СЦВМ и рядом датчиков. КБ разработан на базе микросхем программируемой логики фирмы Xilinx и микроконтроллера Intel 80C51.

На уровне СЦВС безопасность и отказоустойчивость обеспечивается использованием мажоритарного принципа «два из трех». Алгоритмически этот принцип в каждом цикле решения задачи реализуется следующим образом:

- поступающая с шин CAN информация буферизируется в КБ;
- информация 3 каналов сличается путем быстрого обмена между КБ, и на СЦВМ выдаётся только «отмажорированная» информация;
- каждая из трех СЦВМ на основе информации от КИ (с верхнего уровня системы) и КБ (с нижнего уровня системы) автономно решает задачу управления и выдает решение в виде информационных команд (наверх) через КИ и управляющих команд (вниз) на КБ;
- поступившая на КБ от СЦВМ информация буферизуется, и снова проводится цикл ее «мажорирования» с последующей выдачей проверенных команд на шины CAN;
- информационные команды проходят мажорирование на уровне АРМ.

Блок управления стрелкой (БУС). Один блок (рис. 5) обеспечивает управление одной стрелкой, включая силовую коммутацию привода. Представляет собой в цифровай части троированное устройство, состоящее из плат управления стрелками (ПУС), плат контрольных сигналов (ПКС) и плат силовой коммутации (ПСК).

Плата управления стрелками реализована на базе микросхем программируемой логики Xilinx. Каждая плата ПУС питается от отдельного источника и отвечает требованиям безопасности. При этом алгоритм мажорирования практически соответствует уже описанному.

Платы контрольных сигналов ПКС предназначены для отработки сигналов, поступающих от стрелочного привода (положение остряка, занятость стрелки, состояние фаз двигателя и другие), а также для преобразования уровней сигналов до совместимых с цифровой частью аппаратуры.

Плата ПСК обеспечивает бесконтактное управление трехфазным исполнительным двигателем стрелочного редуктора как в прямом, так и реверсивном режимах.

Электрические цепи фазы А двигателя выполнены как три параллельно включенные цепи, в каждой из которых последовательно включены два ключа переменного тока и датчик, что образует схему мажорирования, которая работоспособна при двух отказах.



Рис. 5. Блок управления стрелкой (БУС)

Число ключей для фаз В и С удвоено, при этом первая половина ключей используется аналогично фазе А при прямом включении, а вторая половина — при обратном. Такое бесконтактное управление отвечает всем требованиям по безопасности.

Основные технические характеристики аппаратуры стоек микропроцессорной централизации стрелок и сигналов (МЦМ) приведены в табл. 1.

Блок управления светофорами (БУСФ) обеспечивает управление десятью светофорными огнями (рис. 6). Блок представляет собой троированное в цифровой части устройство, которое состоит из плат управления разовыми сигналами (ПУРС), плат ППК и плат ППО.

Плата ПУРС может управлять одновременно десятью сигналами, каждый из которых передаётся на свою плату ППО, которая служит усилителем мощности.

ППК является платой безопасного отключения отказавшего канала в троированной структуре блока. Блок осуществляет измерение сопротивления «холодной» и горящей нити огня светофора и при отказе огня выполняет переход на более близкое к запрещающему показание светофора.

Таблица 1. Технические характеристики аппаратуры стоек МЦМ*

Быстродействие ЦВМ, МГц	25
Объем ОЗУ, Мбайт	4
Цикл решения задач, с	0,5
Канал обмена (по RS-485):	
число каналов	1
тип канала	дублированный
скорость обмена, кбод	115
Максимальная длина линий связи ретранслятора, м	1200
Максимальное число возможных абонентов	32
Число стрелок, обслуживаемых одной стойкой	0-6*
Число огней, обслуживаемых одной стойкой	60*
Мощность потребления в пересчете на 220 В/50 Гц стойки для станций с 4 стрелками, кВт	2,55
Напряжение питания стрелочного перевода	220 В/50 Гц
Число фаз	3
Включение фаз	«звезда»
Габариты стойки, мм	1800×600×400
Вес стойки с блоками, кг	150

* Блоки МЦМ комплексируются произвольно в стойку СТО, а при недостатке места в СТО — в стойки СТР.

© 2001, СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru



Рис. 6. Блок управления 10 огнями светофоров (БУСФ)

Стойка канала фазоразностной модуляции

Блок ФМ-канала связи БФ (рис. 7) предназначен для

- приёма из СЦВМ допустимой скорости движения поезда для данного и последующего участков пути, готовности маршрута, исходя из занятости впередилежащих участков пути;
- формирования блока кодовой информации о скоростях для каждого физического участка рельсового пути в соответствии с принятыми из СЦВМ данными;
- передачи сформированных последовательностей ФМ-сигналов через узел силовой связи на участки рельсового пути с целью контроля рельсовых цепей;
- приёма сигналов через узел силовой связи от каждой рельсовой цепи для контроля ее состояния;
- принятия решения о занятости/незанятости каждого участка пути и определения мест нахождения подвижного состава на линиях метрополитена, контролируемых аппаратурой данной станции;
- передачи в СЦВМ информации о местонахождении подвижного состава на линии метрополитена, контролируемой данной СА, и о состоянии рельсовых цепей.



Рис. 7. Блоки БФ в стойке аппаратуры ФМ-канала



Рис. 8. Стойка СТФ аппаратуры ФМ-канала

Блок ФМ-канала связи БФ представляет собой конструктивно законченный блок, число которых определяется количеством рельсовых цепей на станции. Цифровая часть блока БФ состоит из трёх одинаковых устройств, работающих строго синхронно с целью возможности обеспечения мажорирования процессов передачи и приёма данных меду СЦВМ и рельсовыми путями. При одном отказе устройство остается работоспособным и «безопасным». При втором отказе оно отключается. Каждый из блоков БФ рассчитан на работу с четырьмя рельсовыми цепями.

Блок БФ реализован на базе микросхем программируемой логики фирмы Xilinx и зарубежных аналоговых микросхем. С блоком БФ конструктивно объединён блок силовой связи, который является узлом согласования выходного сопротивления передатчика и входного сопротивления приёмника с волновым сопротивлением кабеля для всех рельсовых цепей. Он представляет собой набор пассивных фильтров и согласующих трансформаторов.

Внешний вид стойки СТФ с аппаратурой ФМК показан на рис. 8, а основные технические характеристики аппаратуры ФМК сведены в табл. 2.

Таблица 2. Технические характеристики аппаратуры стойки ФМК

Число рельсовых цепей, обслуживаемых стойкой ФМК	48
Максимально возможное число рельсовых цепей	191 (4 стойки)
Тип рельсовой цепи	бесстыковой
Максимальная длина рельсовой цепи, м	250
Мощность передатчика рельсовой цепи, Вт	10
Режим КРЦ:	
несущая частота F1, Гц	4262±1
период опроса всего пути (независимо от числа участков), с	0,5
Режим АРС:	
несущая частота F0, Гц	3348±1
число градаций передаваемой допустимой скорости	15
скорость передачи, бод	209,26
Режим блока БФМ (связь с соседними станциями):*	
несущая частота F, Гц	11718 ±1
Мощность потребления в пересчете на 220 В/ 50 Гц:	
стойка СТФ на 32 рельсовые цепи без поездов на пути (в режиме КРЛ), Вт	240
стойка СТФ с максимальным количеством поездов на пути (в режиме КРЦ+ режим АРС), Вт	960
Габариты стойки, мм	1800×600×400
Вес стойки с блоками, кг	~100

* Передаётся информация о незанятости рельсовых участков на границе зон ответственности для каждой из соседних станций и информация для работы системы автоблокировки. Количество соседних станций, с которыми осуществляется связь, не более 4.

© 2001, СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru

Блок убытия-прибытия (БУП) предназначен для определения факта остановки поезда на станции с заданной точностью (фиксация остановки поезда) в пределах 30 см относительно расчётной точки прицельного торможения, безопасного управления дверями вагонов и станции. Блок обеспечивает связь «СА — ПА» для приёма-передачи необходимой информации по диагностике и управлению движением поезда при нахождении поезда у платформы. Как правило, БУП располагается под платформой.

Данный блок состоит из плат унифицированного контроллера внешних устройств (КВУ), плат питания (ПП), радиомодемов (РМ), плат контроллера радиомодема (КРМ) и КИ, который поддерживает протокол обмена по шинам RS-485. КРМ реализует протокол обмена и управление радиомодемом.

Датчик прибытия-убытия (ДПУ) является приёмопередатчиком, работающим в инфракрасном диапазоне. Датчик принимает собственный оптический сигнал, отражённый от пассивного отражателя (катафота), установленного на поезде. Датчик является аналогом датчика коррекции пути ПА и имеет те же характеристики.

АРМ дежурного по посту централизации ДСЦТ (рис. 9) предназначен для автоматизированного управления комплексом станционной аппаратуры при организации пассажирских перевозок и движении хозяйственных поездов метрополитена. В рамках комплекса станционной аппаратуры АРМ решает следующие задачи:

- трансляция команд ЦП или местное управление стрелками и сигналами;
- управление маршрутами;
- визуальный контроль поездной обстановки;
- диагностика состояния оборудования, протоколирование работы аппаратуры и работы операторов системы;
- автоматическое управление графиком движения поездов по данной станции.

Работающие в режиме «горячего» резервирования два АРМ реализованы на IBM PC совместимых компьютерах, работающих под ОС РВ QNX. Установленные в АРМ сетевые карты и КИ обеспечивают связь АРМ — СЦВС и станция — центральный пост линии, образуя единую централизованную автоматизированную систему управления движением поездов. АРМ ДСЦТ, как правило, находятся в помещениях



Рис. 9. Резервный АРМ ДСЦТ в помещении АТДП

рядом с тоннелем, поэтому после тщательной проверки для их оснащения использованы плоские жидкокристаллические мониторы, обладающие высокой электромагнитной стойкостью.

Схема электропитания СА. Схемы электропитания безопасных многомашинных систем являются наиболее уязвимым оборудованием, с точки зрения электромагнитной совместимости, поэтому должны проектироваться наиболее тщательно. В СА, так же как и в ПА, в качестве базовой принята схема электропитания с выделением «комфортных» шин питания. На действующих станциях метрополитена для электропитания аппаратуры предусмотре-

© 2001, СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru



Рис. 10. Фрагмент оборудования системы электропитания СА с ИБП

ны только 2 независимых фидера напряжением ~380 В. Для гарантированного бесперебойного питания стоек СА в этом случае приходится использовать автоматику ввода резерва (АВР) и резервированный источник бесперебойного питания с выходом ~220 В I категории (рис. 10). Внутри стоек электропитание отдельных блоков организовано аналогично ПА через распределённую сеть с напряжением =24 В. Количество и мощность стоечных источников питания ~220/=24 В определяются наполнением стоек и количеством независимых подканалов блоков (3 — в цифровой части и 2 — в силовой). Всего в СА используются блоки питания ~220/=24 В четырёх номиналов мощности: 350, 200, 100 и 50 Вт. Для получения необходимых напряжений внутри блоков применены вторичные источники питания, выполненные на базе преобразователей DC/DC фирмы Artesyn Technologies, которые хорошо зарекомендовали себя в тяжёлых условиях эксплуатации в составе ПА.

Использование описанной ранее аппаратуры рельсового ФМ-канала позволило резко уменьшить массо-габаритные характеристики **напольного оборудования** в тоннеле. Габариты трансформаторных ящиков ТЯ (рис. 11) с согласующими трансформаторами определяются в основном клеммными соединителями кабельной сети. Из-за высоких требований по виброустойчивости для ряда проектов предполагается от клеммных соединителей собственного производства перейти к соединителям фирмы WAGO.

Архитектура технических средств центрального поста и программное обеспечение

Центральный пост представляет собой единую для всех линий метрополитена локальную вычислительную сеть (ЛВС) с архитектурой «клиент-сервер» и повышенной отказоустойчивостью.



Рис. 11. Трансформаторный ящик (ТЯ) в тоннеле

Основные технические средства ЛВС (серверы, коммутаторы, маршрутизаторы, средства связи) устанавливаются в отдельном аппаратном помещении, а средства пользовательского интерфейса (сетевые рабочие станции, табло визуального контроля) — на рабочих местах диспетчеров.

Два сервера резервируют друг друга, образуя «кластер». Коммуникационное оборудование также резервировано и обеспечивает обмен с маршрутизаторами и диспетчерскими комплексами. Для управления ЛВС имеется рабочее место администратора сети.

Маршрутизаторы обеспечивают обмен со стационарной аппаратурой по волоконно-оптическим линиям связи (канал типа E1, скорость 2 Мбит/с). Каждый канал резервируется.

Архитектура технических средств центрального поста и перечень АРМ представлены на рис. 12.

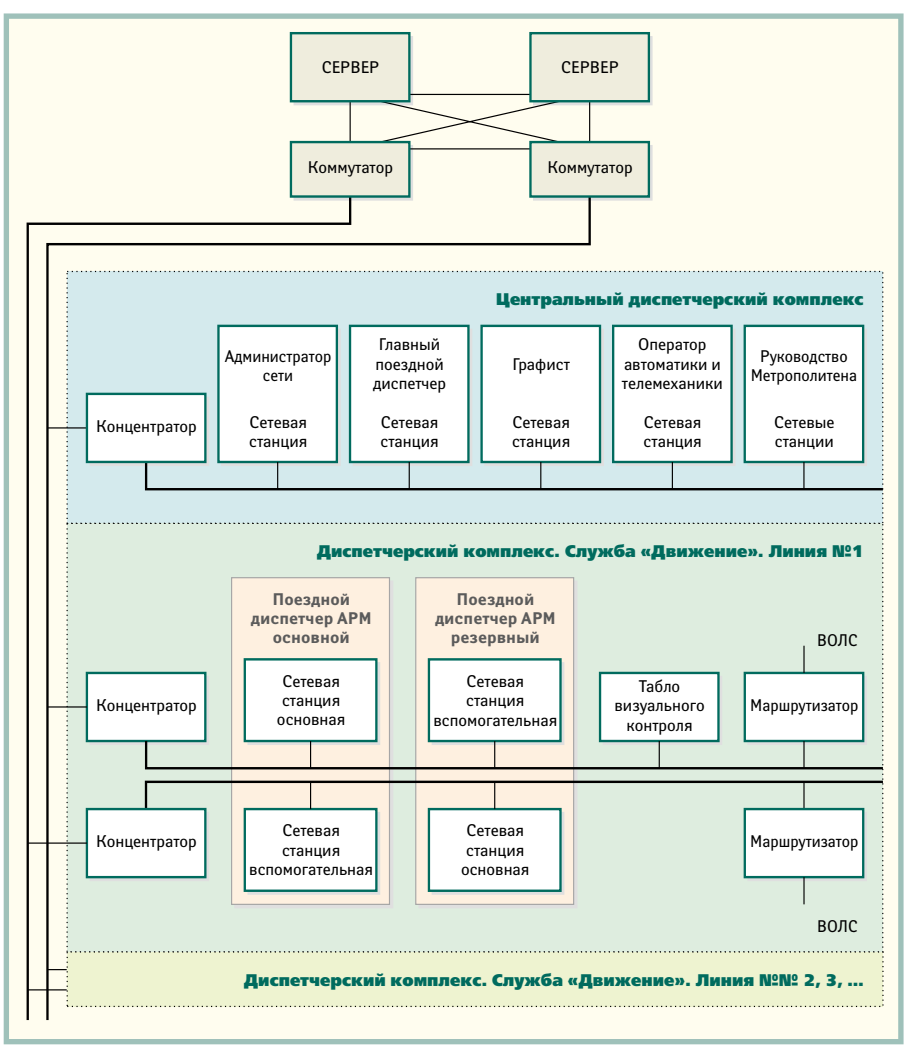


Рис. 12. Структурная схема аппаратуры центрального поста (ЦП)

© 2001, СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru

Каждый из линейных диспетчерских комплексов службы «Движение» включает:

- табло визуального контроля (большие проекционные экраны или светодиодные панели);
- маршрутизаторы;
- резервированное рабочее место линейного поездного диспетчера, состоящее из двух сетевых станций.

Первая сетевая станция является основной и предназначена для отображения фрагментов системы с требуемой детализацией, обеспечивающей возможность оперативного управления. Вторая сетевая станция является вспомогательной и предназначена для отображения текущей аварийной и/или справочной информации.

В качестве системного программного обеспечения используется Microsoft Windows NT 4.0. Для управления работой сети и дистанционной загрузки рабочих станций установлен пакет программ Intel LAN Desk Server Manager.

Прикладное программное обеспечение разработано с использованием объектно-ориентированной технологии программирования в среде Borland Delphi Client/Server Suite version 3.0 (4.0).

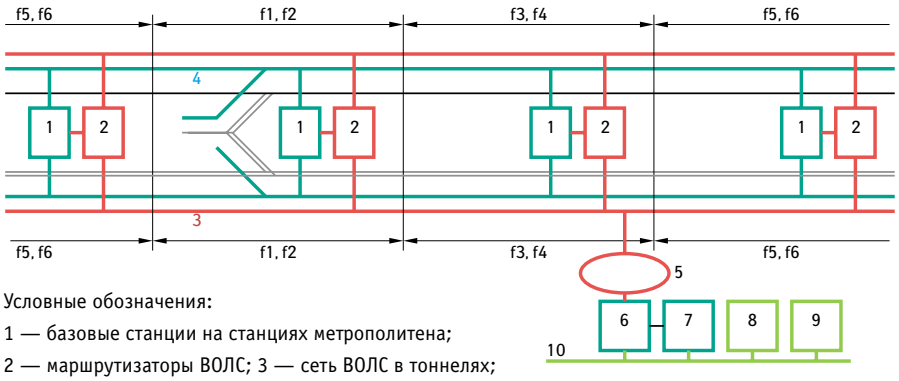
Основные функции, реализованные в прикладном программном обеспечении:

- отображение фактической поездной обстановки;
- автоведение поездов в соответствии с заданным графиком движения;
- управление стрелками и сигналами;
- отображение заданного, исполняемого и исполненных графиков движения;
- корректировка исполняемого графика движения;
- отображение диагностической и нормативно-справочной информации;
- ведение и просмотр оперативных журналов;
- расчет показателей заданного и исполненного графиков движения;
- расчет и ввод множества заданных графиков движения.

Единая система радиосвязи

Система обеспечивает голосовую связь и передачу данных в стандарте TETPA и включает следующие функциональные подсистемы:

- информационного обмена поездного диспетчера (поездная радиосвязь — ПРС);
- технологического информационного обмена (технологическая радиосвязь — ТРС);
- автоматической передачи данных (АПД).



Условные обозначения:
1 — базовые станции на станциях метрополитена;
2 — маршрутизаторы ВОЛС; 3 — сеть ВОЛС в тоннелях;
4 — радиочастотный (щелевой) кабель в тоннелях;
5 — инфраструктура сети ВОЛС; 6 — коммутатор с главным системным контроллером; 7 — АРМ радиодиспетчера; 8 — АРМ поездного диспетчера системы «Движение»; 9 — сервер ЦП системы «Движение»; 10 — цифровая сеть ЦП системы «Движение», f1-f6 — частотные диапазоны.

Рис. 13. Структурная схема системы радиосвязи для участка метрополитена

Абонентами подсистемы ПРС являются поездной диспетчер, машинист электропоезда, машинист-инструктор, дежурный по блок-посту с высшим приоритетом у поездного диспетчера. В подсистеме ТРС абонентами являются поездной диспетчер, начальник станции, дежурный по станции, машинист электропоезда, машинист маневренного состава, дежурный по депо, дежурный по блок-посту, сменный мастер, оперативно-ремонтный персонал, а для подсистемы АПД — поездная и стационарная аппаратура системы «Движение».

Структурная схема системы радиосвязи показана на рис. 13, а её основные технические характеристики приведены в табл. 3.

Общий алгоритм работы системы интервального регулирования движения поездов на основе радиоканала для решения задачи обеспечения безопасности и управления скоростью состава включает следующие циклы:

- определение поездной аппаратурой (ПА) своих координат не хуже ±10 см;
- передачу по радиоканалу координат и других необходимых параметров на станцию, в зоне обслуживания которой находится состав;
- вычисление на станции $V_д$ для конкретного состава в зоне обслуживания;
- передача $V_д$ на состав по радиоканалу.

Таблица 3. Основные технические характеристики системы радиосвязи

Рабочий диапазон частот, МГц	380-390 или 450-470
Скорость передачи данных, кбит/с	4,8 (мин.)
Время установления соединения, с	0,3 (макс.)
Объём передаваемой информации, байт	12 (мин.)
Цикл обмена со 100 абонентами, с	1
Вероятность ошибки в канале, ед./бит	10^{-4}
Протокол в канале	X25

Заключение

Объём журнальной статьи не позволяет более подробно описать принципиально новую аппаратуру для метрополитенов, тем не менее авторы постарались показать основные реализованные стратегические технические решения. К ним укрупнённо можно отнести:

- создание безопасных вычислительных систем на базе промышленных IBM PC совместимых машин (в данном случае фирмы Octagon Systems) со специальными аппаратными средствами контроля на базе программируемой логики (в данном случае микросхем фирмы Xilinx);
- применение операционной системы реального времени QNX;
- использование бесконтактной коммутации силовых цепей;
- применение современных средств индикации и управления на всех уровнях;
- применение современных средств связи, стандартных протоколов обмена;
- применение высоконадёжных бесконтактных датчиков, созданных на базе современных принципов формирования сигнала. ●

С.В. Кузнецов — Главный конструктор, первый зам. Генерального директора НИИ ТМ
Телефон: (812) 535-2200
E-mail: ksv@niitm.spb.ru
В.М. Половинкин — сотрудник фирмы ПРОСОФТ
Телефон: (812) 325-3790
Факс: (812) 325-3791
E-mail: polovinkin@spb.prosoft.ru

© 2001, СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru