

Надземная транспортная система «Стрела»: автоматизированная система управления



Е. Г. Мелюк,
главный конструктор
надземной транспортной
системы «Стрела»



А. Л. Лебедев,
главный инженер
АО «Научно-
исследовательский
институт точной
механики»

На примере надземной транспортной системы «Стрела» описывается уровень автоматизации, необходимый для проектирования «беспилотной» транспортной системы. Такие системы, не требующие существенных эксплуатационных затрат, обеспечивают высокое качество обслуживания пассажиров и безопасность перевозок.

Последние 20 лет в развитых и развивающихся странах отмечается транспортный бум: восстановление трамвайных сетей, строительство новых линий метрополитенов, железнодорожных и высокоскоростных магистралей. Сегодня кажется очевидным, что без развитой транспортной инфраструктуры невозможно повысить качество жизни и создать благоприятную бизнес-среду. Совершенствование транспорта становится приоритетной задачей государства, вложения компенсируются в результате улучшения инвестиционного климата в регионе.

Наряду с традиционными видами транспорта все шире распространяются нетрадиционные транспортные системы (монорельс, АРМ (*Automated People Mover*), VAL (фр. *Véhicule Automatique Léger*, англ. *Automatic light vehicle*) и др.), весьма эффективные за счет гибкой интеграции в инфраструктуру и улучшенных возможностей автоматизации.

В надземной транспортной системе «Стрела» (НТС «Стрела») использована

современная технология подвешенного монорельса (рис. 1). Моторные тележки, оснащенные упругими колесами, движутся внутри путевой балки.

Благодаря отсутствию пересечений с другими видами транспорта появляется возможность применить полностью автоматизированную систему управления (без машиниста).

Автоматизированная система управления НТС «Стрела» разработана инженерным центром ООО «Русское техническое общество» совместно с ОАО «Научно-исследовательский институт точной механики», г. Санкт-Петербург.

Возможны следующие режимы эксплуатации транспортной системы «Стрела»:

- автоматическая;
- полуавтоматическая;
- обслуживающая.

Автоматическая эксплуатация – это нормальный режим работы. Система посредством графика движения самостоятельно координирует процессы движения и отправления на станциях, выдачу и отправку подвижного состава из депо. График движения изменяется автоматически с учетом заданной парности и пассажиропотока на линии.

В режиме полуавтоматической эксплуатации функции управления принимает на себя оперативный персонал, обслуживающий систему. При этом управление маршрутами движения подвижного состава может выполняться по командам диспетчера из центра управления линией, а управление транспортным средством может осуществляться в автоматическом режиме или оперативным персоналом в полуавтоматическом режиме с помощью установленного в поезде пульта управления. В таком режиме система безопасности по-прежнему



Рис. 1. Надземная транспортная система «Стрела»

му контролирует работу всех подсистем, обеспечивающих безопасную эксплуатацию транспортной системы. Указанный режим используется при возникновении нестандартных ситуаций и отказов оборудования.

Обслуживающая эксплуатация применяется при передаче подвижного состава в депо с линии и из депо на линию, а также при техническом обслуживании подсистем уровня регулирования. Обслуживающая эксплуатация с применением ручного управления транспортным средством предусмотрена в экстренных случаях: при выходе из строя поездов и их последующей эвакуации с линии, а также при проведении испытаний нового и вновь вводимого подвижного состава.

Предусмотрена возможность одновременного использования разных режимов эксплуатации для различных объектов управления.

Чтобы решить проблемы, связанные с автоматизацией и реализацией открытой для дальнейшего развития модульной концепции, всю систему разделили на два уровня. Уровень общего управления реализует функции, связанные с процессом контроля и управления движением поездов и компонентами системы автоматизации транспортной системы, и содержит интерфейсы человек – машина. Уровень управления, регулирования и обеспечения безопасности движения (далее – уровень регулирования) отвечает за реализацию команд управления движением и подсистемами в автоматическом и полуавтоматическом режиме.

Уровень общего управления

Функция управления транспортной системой реализуется с помощью программно-аппаратного комплекса центра диспетчерского управления. Все функции этого уровня направлены на управление движением поездов преимущественно в автоматическом режиме согласно задаваемым режимам эксплуатации. Тестовый вариант интерфейса НТС «Стрела» представлен на рис. 2.

Поездной диспетчер имеет возможность оптимизировать провозную способность в соответствии с реальным пассажиропотоком, изменяя график движения, а также выдавать команды, которые переключают отдельные компоненты подсистем в рабочее состояние, обеспечивающее их реализацию на уровне регулирования. В особых ситу-

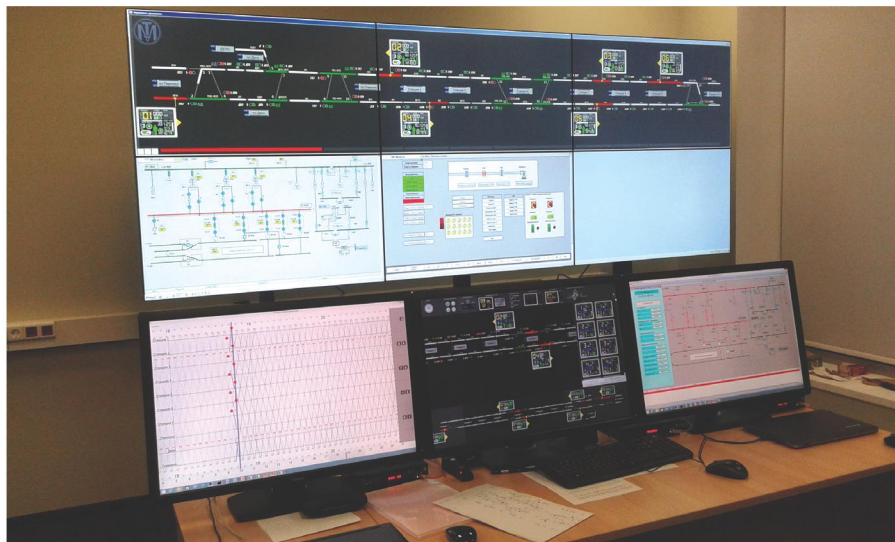


Рис. 2. Тестовый вариант центра диспетчерского управления

ациях диспетчер может независимо от введенного графика движения подавать команды, например, на открытие или закрытие дверей находящегося на остановочном пункте подвижного состава, передавать пассажирам необходимую информацию с помощью текста на табло и голосовых сообщений, выполнять маневровые операции и операции по устранению неисправностей.

Централизованное вмешательство диспетчера закономерно лишь в тех случаях, когда он получил информацию о нестандартной ситуации на линии, особенно о неисправности.

Важные задачи уровня общего управления – сбор, контроль и отображение полученной с уровня регулирования информации о работе подсистем и их компонентов, а также ее архивирование. При этом важнейшую роль играет передача сигналов о неисправностях. Таким образом, в работе уровня общего управления можно выделить три основные функции:

- выбор режимов эксплуатационной работы;
- получение, контроль и архивирование информации;
- оптимизация провозной способности системы.

Выбор режима эксплуатационной работы. С помощью блока выбора режимов, заложенных в систему, можно активизировать те из них, которые наилучшим образом подходят для реализации функций управления в зависимости от состояния системы и графика работы.

Получение, отображение и архивирование информации. По линиям связи информация с уровня регулиро-

вания поступает в программно-аппаратный комплекс центра диспетчерского управления и выводится на мониторы и табло коллективного пользования. Поездной диспетчер может следить за выполнением графика движения и эксплуатационной ситуацией на линии, отображенной в виде мнемосхем, графиков и текстовой информации. Эта же информация хранится в виде архивов, которые используются для анализа сбоев или в случаях возникновения неисправностей.

На мониторах могут отображаться как отдельные подсистемы (поезд, путевая структура, остановочный пункт, тяговая подстанция и т. д.), так и система в целом. В центре диспетчерского управления установлены несколько мониторов для вывода изображений, текстов рабочих протоколов и информации по выбранным режимам эксплуатационной работы. Для отображения той или иной информации мониторы выбираются произвольно.

Оптимизация провозной способности системы обеспечивается при осуществлении перевозок с помощью изменения интервала графика движения на линии. В автоматическом режиме интервал изменяется системой эксплуатации в соответствии с установленным графиком движения, в полуавтоматическом режиме – диспетчером. При возникновении нестандартных ситуаций система предлагает варианты организации движения на линии и варианты графиков движения. В автоматическом режиме система после подтверждения выбора варианта реализует его. В полуавтоматическом режиме управление подсистемами и их

отдельными компонентами обеспечивает диспетчер.

Уровень регулирования

Команды, генерируемые на уровне общего управления, передаются на уровень регулирования, состоящий из системы управления путевой структурой, подвижным составом, тяговыми понизительными подстанциями и остановочными пунктами. На этом уровне реализуются команды управления для обеспечения движения и функционирования отдельных компонентов системы.

Путевая структура. Подсистема управления путевой структурой обеспечивает реализацию команд и передачу данных на общий уровень управления и в систему безопасности поезда с проверкой их безопасности.

Подсистема выполняет функции:

- управления объектами путевой структуры (стрелок, светофоров);
- контроля путевой структуры и мониторинга ее состояния, безопасного для движения поездов;
- контроля предельных значений скорости движения поездов;
- определения местоположения поезда;
- контроля защитных участков между поездами;
- контроля состояния платформенных дверей и системы фиксации вагонов;
- обеспечения перехода из ручного режима в автоматический и полуавтоматический;
- продольного разделения линии на участки.

В зависимости от плана и профиля путевой структуры для ее различных участков устанавливаются разные значения допустимой скорости движения. Система безопасности путевой структуры, в которую заложены эти значения скорости, взаимодействует с системой безопасности поезда, что исключает возможность их превышения.

Система управления путевой структурой обеспечивает контроль и управление так называемыми защитными участками. Отметим, что НТС «Стрела» имеет обрешеченные колеса и не в состоянии обеспечить электрическое шунтирование участков, поэтому разделение на участки выполнено при помощи специализированного радиоканала, который состоит из устройств, устанавливаемых на путевой инфраструктуре и взаимодействующих с

устройствами на подвижном составе. Устройства радиоканала инновационные, они позволяют выполнить сразу три функции, обеспечивающие безопасность движения (рис 3):

- защитных участков: позволяет разбить путевую структуру на так называемые «виртуальные» участки, защищенные от несанкционированного въезда;
- радиоканала: обеспечивает обмен данными и передачу команд управления от системы управления путевой структурой на подвижной состав и обратно;
- точного позиционирования: по интенсивности нарастания и затухания сигнала с маяков, расположенных на подвижном составе, позволяет с достаточной точностью определять положение подвижного состава на участке.

В перспективе данное решение обеспечивает передачу сигналов управления и позиционирования с состава на состав, что позволит на практике реализовать технологию интервального регулирования с подвижными блок-участками (СВТС).

Энергоснабжение. Подсистема управления энергоснабжением обеспечивает управление тяговыми понизительными подстанциями и реализацию команд, а также передачу данных на общий уровень управления. Подсистема может работать в автоматическом, полуавтоматическом и эксплуатационных режимах.

Подвижной состав. Система регулирования (система управления) подвижного состава берет на себя все функции по регулированию, управлению и контролю работы всех основных компонентов подвижного состава.

Задача системы управления поезда – его точное позиционирование на линии посредством специальных лазерных одометров, обеспечение его движения в соответствии с параметрами режима движения. Они задаются системой регулирования путевой структуры и сигналами системы безопасности движения с учетом параметров плавности хода (рывков, излишнего ускорения при разгоне), обусловленных спецификой ограничений транспортной системы (величиной силы тяги, торможением и сопротивлением движению, мощностью в системе тягового электроснабжения). В системе управления также реализованы следующие функциональные модули управления:

- дверями;

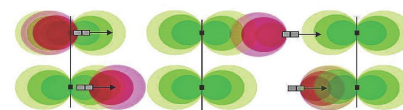


Рис 3. Функционал работы радиоканала

- внешним освещением и освещением салона;
- тяговыми и тормозными устройствами;
- средствами информирования пассажиров в поезде;
- отоплением и вентиляцией;
- противопожарной системой;
- устройствами связи.

Система безопасности подвижного состава в рамках уровня регулирования транспортной системы создает условия для безопасного движения поезда и контролирует посадку и высадку пассажиров на остановочных пунктах. В зависимости от выбранного рабочего режима контролируются определенные параметры, при выходе значений которых за пределы допуска задерживается отправление поезда или подается сигнал о служебном торможении, при необходимости активируется аварийное торможение подвижным составом. Поездная система безопасности движения выполняет:

- передачу данных на другие уровни автоматизации движения;
- определение местоположения поезда с помощью полученных данных от станционной системы безопасности, одометров системы управления подвижным составом и дополнительно системы ГЛОНАСС/GPS;
- контроль предельных значений параметров и допустимой скорости движения на участках;
- блокирование и контроль состояния дверей;
- контроль работы противопожарной системы;
- подачу сигналов на служебное торможение;
- активацию аварийного торможения.

В автоматическом режиме все функции, выполняемые без участия машиниста, контролирует поездная система безопасности. Согласно концепции безопасности, ручной режим на подвижном составе также возможен лишь при включенной поездной системе безопасности.

Система контроля скорости сравнивает заложенные в поездную систему безопасности данные с измеренными

реальными значениями, которые получают от датчиков скорости и лазерных одометров. Если допустимая скорость превышена или расстояние до предельной точки меньше величины, соответствующей заданной скорости, в систему управления подвижным составом подается сигнал на выполнение торможения. При необходимости система безопасности подвижного состава включает аварийное торможение, непосредственно воздействуя на исполнительные устройства. В таком случае торможение действует до полной остановки поезда. Предельные точки задает система безопасности путевой структуры.

Система контроля дверей следит за состоянием поездных дверных блокировок. Поезд получает разрешение на движение лишь после того, как все двери закрыты и заблокированы, а в систему отправлено соответствующее сообщение. Состояние блокировок контролируют датчики. После срабатывания блокировок система контроля дверей отключает их привод и препятствует открытию при нарушениях в системе.

Остановочные пункты. Управление остановочными пунктами и регулирование их работы распространяется на основные устройства, вспомогательные системы и специальные системы:

- освещение станции;
- платформенные двери;
- средства информирования пассажиров;
- фиксацию подвижного состава на остановочном пункте;
- пожарную систему сигнализации и пожаротушения;
- видеонаблюдение;
- контроль доступа;
- оплату проезда.

Сигнализация об их состоянии, режимах работы и неисправностях выведена на уровень управления.

Сообщение о пожаре вызывает неоднозначную реакцию автоматической системы, так как реакция зависит от вида сообщения. Например, если поступило сообщение о пожаре на остановочном пункте, система принимает меры, блокирующие прием поездов. Это обеспечивается благодаря тому, что система регулирования остановочного пункта связана с его устройствами пожарной сигнализации.

Система информирования пассажиров на остановочных пунктах состоит из информационных табло. На табло непрерывно выводится информация о времени прибытия очередного поезда и



Рис. 4. Тестовый участок надземной транспортной системы «Стрела»

режиме работы транспортной системы.

Таким образом, повышение уровня автоматизации транспортных систем необходимо как для улучшения качества предоставляемых пассажирам услуг, так и для обеспечения более высокого уровня безопасности перевозок. Кроме того, высокий уровень автоматизации, используемый на транспортной системе «Стрела», позволяет в значительной степени сократить эксплуатационные расходы в отсутствие машинистов и обслуживающего станционного персонала.

Ключевой показатель транспортной системы – ее провозная способность. Высокий уровень автоматизации вкупе с используемым радиоканалом для позиционирования и обмена информацией не только между станционными пунктами и подвижным составом, но и между подвижными составами позволяет до минимума уменьшить интервалы и перейти к технологии СВТС. Тем самым повышается провозная способность линии.

В настоящее время на реальном объекте транспортной системы «Стрела» закончено строительство первого (опытного) участка, который в дальнейшем станет частью линии и свяжет строящийся микрорайон Ильинское-Усово с транспортно-пересадочным узлом и далее – со станцией метро. Опытный участок (рис. 4) состоит из путевой инфраструктуры (протяженность 1 км) и станции обслуживания подвижного состава (депо), объединенной с центром диспетчерского управления транспортной системой. Участок получает питание от

тяговой подстанции. На завершающем этапе строительства находится станция для посадки и высадки пассажиров. По опытному участку движется первый «тестовый» вагон, на котором проверяются и совершенствуются механизмы автоматического и полуавтоматического режимов эксплуатации. До конца 2016 г. планируется завершить функциональные испытания комплекса автоматического управления движением и управления отдельными объектами инфраструктуры транспортной системы.

В октябре 2016 г. Министерство транспорта РФ присвоило транспортной системе «Стрела» статус инновационной и рекомендуемой для импортозамещения. Следует отметить, что зарубежные компании – операторы пассажирских перевозок проявляют интерес и рассматривают возможность строительства отечественной транспортной системы «Стрела» в других странах. ■

Литература

1. Филяев И. В. Надземная пассажирская транспортная система «Стрела» // Транспорт РФ. 2016. № 2-3 (63-64). С. 20–23.
2. Теег Г., Власенко С. Системы автоматики и телемеханики на железных дорогах мира. М.: Интекст, 2012
3. ГОСТ 30487-97. Электропоезда пригородного сообщения. Общие требования безопасности.
4. ГОСТ Р 52232-2004. Вагоны легкого метро. Общие технические требования.
5. ГОСТ Р 50850-6. Вагоны метрополитена. Общие технические условия.