

РЕЖИМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОЕЗДАМИ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА



Н.Б. Медуницин, О.В. Малинин, А.С. Щелухин (ОАО «НИИП»)

Сформулированы технические особенности Московского метрополитена, учитывающиеся при автоматизации различных технологических процессов. Рассматриваются вопросы разработки и функционирования навигации электропоездов и режимов автоматизированного управления электропоездами Московского метрополитена. Приводятся перспективы развития систем автоматизации метрополитена, в том числе создания централизованной системы автоматизированного управления поездами.

Ключевые слова: навигация, автоматизированное ведение поезда, радиоканал, радиочастотная идентификация, система сигнализации.

Введение

Научно-исследовательский институт приборостроения им. В. В. Тихомирова является разработчиком и изготовителем систем управления, технической диагностики и обеспечения безопасности движения электропоездов метрополитена.

Системы «Витязь-1» для вагонов метро моделей 81-720/721, «Витязь-1 М» для вагонов метро моделей 81-740/741 и их модификаций, а также «Витязь-М» для вагонов метро моделей 81-760/761 представляют собой ряд дублированных многопроцессорных контроллеров, объединяющих в единую сеть все системы и оборудование поезда метрополитена, обеспечивая в масштабе реального времени управление составом.

Основными функциями систем «Витязь» являются:

- обеспечение безопасности движения поезда и перевозок пассажиров в метрополитене;
- автоматизированное управление оборудованием поезда метрополитена;
- управление техническими средствами и оборудованием состава (вагона);
- повышение информированности машиниста о состоянии и работоспособности оборудования как всего состава, так и каждого вагона в отдельности, формирования рекомендаций по управлению составом;
- сохранение информации о режимах работы, состоянии вагонного оборудования и его отказах в регистраторах событий и «черном ящике».

• резервирование основных функций управления составом для обеспечения надежности соблюдения графика движения на линии.

Системы «Витязь» построены на основе открытой архитектуры, что обеспечивает возможность оперативной модернизации вагонов, значительного расширения их функциональных возможностей и реализации режимов автоматизированного управления движением электропоездов.

Оборудованные системами «Витязь» вагоны производства ОАО «МЕТРОВАГОНМАШ» (г. Мытищи) работают на линиях Московского, Казанского и Нижегородского метрополитенов. Общее число эксплуатирующихся с подобным оборудованием вагонов (в том числе и в Болгарии) — > 2100 ед.

Московский метрополитен: особенности, требования, задачи

Московский метрополитен отличается от прочих в несколько раз большей длиной тоннелей (между станциями) — 1,8 км вместо обычных 1,0...1,2 км в других городах мира, а также большой глубиной залегания. По объему пассажиропотока он третий в мире. Снижены до минуты (вместо 3...4 мин) интервалы между поездами при максимальной нагрузке, одновременно в одном тоннеле между станциями, как правило, находятся нескольких поездов. Это предъявляет очень высокие требования к безопасности и надежности всех систем метрополитена, в том числе поезда системы управления. Для устройств безопасности и систем управления Московского метрополитена необходимо задавать чрезвычайно жесткие требования к вероятности опасного отказа ($\geq 10^{-11}$... 10^{-10} час⁻¹), что почти на два порядка отличается от общепринятых значений для метрополитенов с низкой загрузкой и автоблокировками [1].

Около 5 лет назад с учетом задач, поставленных и реализуемых в последние годы на Московском метрополитене в области автоматизации ТП управления движением электропоездов, в НИИП началась практическая отработка устройств и алгоритмов, предназначенных для реализации режимов автоматизированного управления электропоездами.

Следует отметить, что каждая линия метрополитена является автономным объектом управления,



Рис. 1. Вагон метро модели 81-740

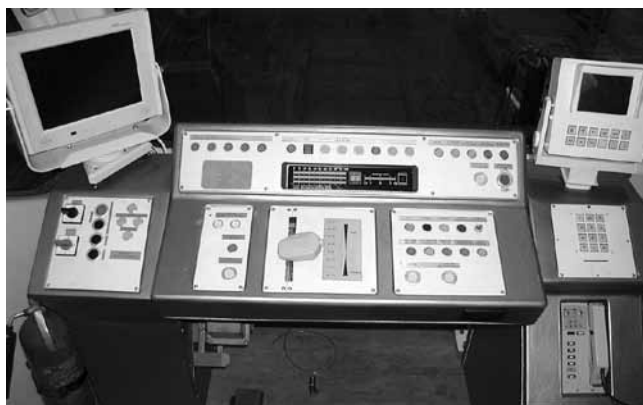


Рис. 2. Кабина вагона метро модели 81-740, оснащенная системой автоведения электропоезда

который характеризуется различными размерами пассажирской нагрузки, эксплуатационными характеристиками линии, системой интервального регулирования и типом подвижного состава, эксплуатируемого на линии.

В 2010 г. составы из вагонов моделей 81-740.4/741.4 стали поступать в электродепо «Красная Пресня» для работы на Кольцевой линии (рис. 1). Тогда же НИИП приступил к разработке проекта внедрения на Кольцевой линии режимов автоматизированного управления электропоездами.

Для реализации подобного проекта необходимо решить следующие задачи:

- осуществить навигацию поезда, то есть обеспечить определение его местоположения на линии с точностью не хуже 0,1 м;
- разработать математическое и программное обеспечение;
- обеспечить обмен информацией между поездами и диспетчерским центром.

Навигация электропоезда

Для навигации электропоезда на линии метрополитена разработан режим определения местоположения методом радиочастотной идентификации с привязкой к конкретной точке пути. Конструктивно путевые радиочастотные датчики определения место-



Рис. 3. Экран монитора машиниста системы автоведения

положения имеют герметичную конструкцию, не содержат источника питания и внешних интерфейсов. Координаты электропоезда на линии определяются поездными устройствами подсчетом пройденного расстояния от контрольной точки и корректируются путевыми датчиками.

В 2012 г. Кольцевая линия и вагоны модели 81-740.4 электродепо «Красная Пресня» оборудованы устройствами определения местоположения и режимом прицельной остановки на станции. Режим прицельной остановки обеспечивает автоматическую прицельную остановку состава у контрольной точки с погрешностью $\Delta = \pm 0,5$ м и выполнение дополнительных функций безопасности: контроль остановки состава в пределах платформы станции; разрешение открытия дверей только после остановки состава в зоне платформы; блокировка открытия дверей состава со стороны, противоположной платформе. Для резервирования системы на подходе к станции устанавливаются два путевых RFID-датчика инициализации режимов прицельной остановки, при этом информация от каждого датчика считывается многократно даже на максимальной скорости электропоезда. Кроме того, дублирование включения режимов прицельной остановки на станции прибытия обеспечивается контролем пройденного пути от станции отправления. Если режим прицельной остановки или действия машиниста не обеспечивают необходимого замедления для остановки электропоезда у контрольной точки на станции, то режим контроля остановки состава осуществляет торможение и остановку состава на станции в пределах платформы.

Автоматизированное ведение поезда

В настоящее время на Кольцевой линии специалистами ОАО «НИИП» и Московского метрополитена при непосредственном участии руководителей и машинистов электродепо «Красная Пресня» реализуется режим автоматизированного ведения поезда. Необходимо отметить, что возможный уровень автоматизации линии метрополитена определяется многими факторами, и в значительной степени зависит от типа применяемой на линии системы интервального регулирования. Система сигнализации Кольцевой линии функционирует с включенными светофорами автоблокировки. Машинист должен вести поезд по разрешающим сигналам светофоров, поэтому режим автоматизированного ведения поезда Кольцевой линии разработан в качестве помощника машинисту в выполнении им производственных обязанностей. Режим является автономным, так как отсутствует обмен информацией с диспетчерским центром (все необходимые данные для автоматизированного управления хранятся в базе данных на поезде). Режим выполняет управление движением состава по перегону в соответствии со значениями сигналов системы автоматической локомотивной сигнализации с автоматическим регулированием скорости (АЛС-АРС), ограничениями



Рис. 4. Вагон метро модели 81-760

скорости, планом-профилем пути, интенсивностью движения на линии и позволяет машинисту концентрировать внимание на обеспечении безопасности движения электропоезда: наблюдение за сигналами светофоров, посадка/высадка пассажиров на станции, обнаружение людей или посторонних предметов на пути и т.д. При движении состава на линии машинист осуществляет контроль поездного оборудования и при необходимости переключает управление составом в ручной режим, отменяя выполнение автоматизированного режима (рис. 2, 3).

Разработана методика и проведены успешные испытания режима в обкатках. В 2015 г. режим автоматизированного ведения поезда по путям Кольцевой линии будет готов к опытной эксплуатации.

Обмен информацией между поездами и диспетчерским центром

При проведении испытаний устройств и алгоритмов режима определения местоположения и сертификационных испытаний режима прицельной остановки на составе из вагонов моделей 81-740.4/741.4 в 2010 г. на станции «Строгино» Арбатско-Покровской линии осуществлялась передача информации о местоположении и параметрах движения электропоезда по радиоканалу на станцию и далее в Ситуационный центр. На мониторе компьютера, установленном в Ситуационном центре, выполнялось отображение информации от электропоезда в реальном времени (номера головных вагонов, номер маршрута, номер пути, координаты головного и хвостового вагонов на линии, фактическая скорость движения, признак исправности поездных устройств АЛС-АРС, состояние дверей и т.д.) [2].

В 2010 г. НИИП завершил разработку системы «Витязь-М» для вагонов моделей 81-760/761. При разработке нового «Витязя» реализованы новые технические и технологические решения, учитывался практический опыт эксплуатации и обслуживания вагонов метро с «Витязями» предыдущих поколений [3]. В 2012 г. электропоезда нового поколения стали поступать на линии Московского метрополитена (рис. 4).

Комплексная система управления и обеспечения безопасности движения электропоездов

Специалистами НИИП на базе вагонов моделей 81-760/761 разработан и в 2012 г. представлен на научно-техническом совете в Московском метрополитене технический проект создания комплексной системы управления и обеспечения безопасности движения электропоездов. Система отвечает требованиям международных стандартов СВТС (Communications Based Train Control) и реализует следующие основные функции:

- обеспечение безопасности движения поезда путем постоянного контроля фактической скорости движения поезда и ее автоматического снижения при превышении допустимой скорости на основе информации от двух независимых систем безопасности. Первая система безопасности — это система АЛС-АРС, а вторая функционирует на основе информации, передаваемой от впереди идущего поезда по радиоканалу с применением шелевого кабеля;

- управление движением поезда в автоматическом режиме с выполнением графика движения — роль машиниста при этом либо полностью отсутствует, либо ограничивается управлением дверями и отправлением поезда.

В настоящее время проведены опытно-конструкторские работы по отработке системы подвижной радиосвязи на основе базовых станций и радиоизлучающего кабеля для организации канала автоматического регулирования скорости путем передачи на позади идущий поезд информации о фактической скорости и координатах впереди идущего поезда. Разработаны технические требования на подсистемы автоматического обнаружения препятствий для движения, контроля схода колесных пар с рельс, автоматического подсчета пассажиропотоков. Для обеспечения автоматического управления поездом без машиниста в состав системы «Витязь» необходимо ввести следующие устройства: АРС на основе радиоканала, автоматического включения/выключения поезда, управления поездным и вагонным оборудованием из диспетчерского центра и т.д.

Централизованная система автоматизированного управления поездами

Актуальной задачей сегодняшнего дня является предложение поставки в Московский метрополитен подвижного состава в комплексе с централизованной АСУ движением поездов. Основное назначение подобных систем — гарантированное выполнение заданного объема перевозок пассажиров по линии метрополитена при безусловном выполнении условий безопасности и требований по комфорту пассажиров.

ОАО «НИИП» подготовил технические требования на централизованную систему автоматизированного управления поездами. В 2015–2016 гг. может быть выполнено поэтапное внедрение данной системы. Первый этап — внедрение автономных режимов

автоматизированного управления поездами, обеспечивающих энергоэффективное управление при заданном времени хода по перегону, второй этап — внедрение централизованной системы управления, в которой бортовые устройства, внедренные на первом этапе, выполняют свои функции под управлением диспетчерского центра. Третий этап — внедрение всего комплекса, обеспечивающего централизованное управление движением поездов на линии метрополитена. Данный комплекс управления реализуется преимущественно на существующих технических средствах Московского метрополитена: подвижной состав моделей 81-760/761, система безопасности АЛС-АРС, каналы передачи данных, технологическая радиосвязь. Использование централизованного автоматизированного управления должно оптимизировать управление поездами (особенно во время и после устранения сбоев движения на линии), обеспечить экономию электроэнергии и иных расходов.

Медуницин Николай Борисович — главный инженер, Малинин Олег Викторович — главный конструктор, Щелухин Андрей Сергеевич — начальник отдела ОАО «НИИП». Контактный телефон (495) 556-94-39. E-mail: shchelukhin.a@nio3.niip.ru

Результатом внедрения режимов автоматизированного управления электропоездами метрополитена должно стать существенное повышение эффективности и качества функционирования электроподвижного состава и инфраструктуры Московского метрополитена.

Список литературы

1. *Кирпичников А. П., Фокин А. В.* Новая электроника в поездах Московского метрополитена // Транспорт и связь РФ. 2014. №1-2.
2. *Маргарян С. Ш., Саруханов В. А., Шелухин А. С.* Организация передачи данных в технологических радиосетях // Автоматика, связь, информатика. 2011. № 8.
3. *Медуницин Н. Б., Малинин О. В., Шелухин А. С., Кирпичников А. П., Ботвиненко А. А.* Комплексная система управления и обеспечения безопасности движения электропоездов Московского метрополитена из вагонов модели 81-760/761 // Автоматизация в промышленности. 2014. № 3.

«Умные» автомагистрали экономят расходы и предотвращают аварии

В современной жизни, сплошь и рядом пронизанной технологиями, фраза «дороги будущего» приобретает вполне осязаемый смысл. В контексте Internet вещей имеется в виду, что шоссе с массой датчиков совершают революцию в области управления дорожным движением. Рост числа всевозможных поездок побуждает создавать технологии для модернизации наиболее загруженных трасс.

Компания MarketsandMarkets опубликовала исследование на тему «умные» шоссе в аспекте технологий и средств визуального информирования», показавшее, что капитализация рынка «умных» шоссе к 2019 г. составит около 28 млрд. долл. США. Например, проект «умного» шоссе в Нидерландах использует энергию солнца и ветра, экономя расходы на дорожную инфраструктуру. Не так давно в г. Осс строительная фирма Heijmans совместно с художником-дизайнером Дааном Розегаардом открыла первое в мире люминесцирующее шоссе. Сплошная линия, обозначающая границы дороги, нанесена краской, поглощающей свет в течение дня и испускающей его в темное время суток. Д. Розегаард — автор еще нескольких прорабатываемых в настоящее время концепций (интерактивная подсветка, управляемая датчиками; освещение, управляемое температурой; небольшие ветрогенераторы, приводимые в движение потоками воздуха от проезжающих мимо автомобилей).

«Умные» шоссе в США

Одно из наиболее перегруженных шоссе в США собирается совершить технологический переворот в области «умных» автомагистралей. Стоящий 80 млн. долл. США калифорнийский проект I-80 SMART Corridor Project, реализуемый в настоящее время, призван сократить число вторичных ДТП и дорожных пробок, предоставляя водителям информацию в реальном времени о ситуации на шоссе, поперечных улицах и съездах. Учитывая, что число ДТП достигает 2 тыс. в год, основная цель проекта — оптимизировать трафик и уменьшить число аварий.

По материалам статьи журналистки Мелиссы Джун Роули (США) в сокращенном виде <http://thenetwork.cisco.com/>

В настоящее время, если происходит ДТП в дорожном коридоре между мостом из Сан-Франциско в Окленд и мостом Каркинес, водитель зачастую не знает, на какой полосе магистрали произошло ДТП и какая полоса заблокирована. Он даже не в курсе, что необходимо сбросить скорость. Из-за этого происходят вторичные ДТП и дальнейшее затруднение движения, что в свою очередь приводит к новым авариям.

Цепная реакция

ДТП будет пресечена установкой щитов с электронными указателями. Щиты, установленные через каждые 3 км, будут информировать водителей о дорожной ситуации впереди. Электронные знаки будут уведомлять о ДТП, разбросанных по дороге обломках, заглохших автомобилях и тому подобных помехах. Будут также предоставляться сведения о том, какая из полос заблокирована, а какая — свободна. Наконец, указатель предложит рекомендуемую скорость. И это лишь верхушка айсберга. В действительности функциональность «умного» шоссе будет гораздо шире.

Так, на 100 существующих или новых перекрестках будут установлены системы, которые в зависимости от ситуации будут регулировать время того или иного сигнала светофора. На 50 перекрестках и съездах будут установлены датчики аварийно-спасательных автомобилей, а еще в 50 местах — системы видеонаблюдения для контроля дорожных происшествий.

Последуют ли этому примеру другие автомагистрали?

Трасса 80 — первая в своем роде в штате Калифорния. Калифорнийские магистрали исчерпали свою пропускную способность. У Министерства транспорта штата и государственных служб остается лишь одно средство для увеличения пропускной способности дорог — использовать новые технологии на имеющейся инфраструктуре. Проект I-80 Integrated Corridor Mobility Project стал первым и, теперь уже очевидно, не последним. За ним последуют аналогичные проекты.