

Концепция внедрения автоматизированного управления электропоездами на действующих линиях Московского метрополитена



Н. Б. Медуницин,
главный инженер
АО «Научно-исследовательский институт приборостроения (НИИП) им. В. В. Тихомирова»



О. В. Малинин,
главный конструктор
АО «НИИП им. В. В. Тихомирова»



А. С. Щелухин,
начальник отдела
АО «НИИП им. В. В. Тихомирова»

Технические особенности Московского метрополитена необходимо учитывать при автоматизации технологических процессов. Рассмотрены режимы автоматизированного управления электропоездами. Приведены перспективы развития систем автоматизации метрополитена, в частности создания централизованной системы автоматизированного управления электропоездами.

Цель развития систем управления и контроля электропоездов метрополитена – обеспечение безопасности движения, точности исполнения графика, энергоэффективности и комфортности перевозки пассажиров.

Отличия Московского метрополитена от метрополитенов других городов мира существенны: большая длина тоннелей между станциями – 1,8 км вместо обычных 0,5–0,7 км; большая глубина залегания; большой пассажиропоток (4-й в мире); сниженные интервалы между электропоездами при максимальной нагрузке – до одной минуты (вместо 3–4 мин в других метрополитенах); одновременное нахождение нескольких электропоездов в тоннеле между станциями и т. п. Этим обусловлены очень высокие требования к безопасности и надежности устройств сигнализации и системы управления электропоездом.

Внедрение современных систем управления для повышения безопасности и снижения эксплуатационных затрат актуально для метрополитенов. Однако при этом необходимо обеспечить требуемую вероятность сбоев и опасного отказа. Анализ международных стандартов для обеспечения уровня безопасности SIL 4 показывает, что вследствие ряда дополнительных факторов риска для пассажиров (например, опасности их эвакуации при аварийном событии из глубокого протяженного тоннеля, энергонасыщенности последнего,

нескольких составов на перегоне, опасности возгорания и задымления и т. п.) требования, предъявляемые к системам безопасности и системе управления электропоездов Московского метрополитена, должны быть весьма высокими. Подчеркнем, в десятки раз выше, чем аналогичные требования в Берлине, Лондоне или Минске, поскольку любой инцидент в Москве имеет значительную вероятность нежелательных последствий даже на этапе вывода людей из опасной зоны, не говоря о результатах столкновения в тоннеле [1]. В связи с этим рассматривается концепция поэтапного внедрения автоматизированных систем управления движением электропоездов на линии метрополитена при обеспечении заданного уровня безопасности.

Этапы внедрения автоматизированных систем управления движением электропоездов на линии метрополитена включают реализацию следующих режимов:

- управления электропоездами на станциях: прицельная остановка, контроль остановки, блокировки дверей;
- автономного автоведения электропоездов по перегонам;
- централизованного управления электропоездами на линии метрополитена;
- автоматического управления движением электропоездов (без машинистов в кабине электропоезда).

Этап 1. Режимы управления электропоездами на станциях

Для обеспечения автоматической остановки состава на станции с точностью $\pm 0,3$ м от сигнального знака «Остановка первого вагона» необходимо обеспечить навигацию электропоездов на линии метрополитена с привязкой к конкретной точке на пути с точностью $\pm 0,1$ м. По результатам испытаний установлено, что для решения задачи подходит RFID-технология. На рельсовом пути в определенных точках устанавливаются герметичные, не содержащие источника питания путевые датчики. Под головными вагонами устанавливаются считыватели информации от путевых датчиков. При проезде электропоезда над путевыми датчиками в поездные устройства управления поступает информация о местоположении электропоезда: код линии и станции, номер пути, расстояние до остановки. Далее поездными устройствами управления выполняется подсчет пройденного пути от контрольной точки до места остановки [2].

Сегодня на шести линиях и подвижном составе Московского метрополитена используется система навигации электропоездов на основе RFID-технологии. Это обеспечивает автоматизацию управления электропоездами на станциях и выполнение следующих режимов:

- определения местоположения координат головного и хвостового вагонов поезда с точностью $\pm 0,05$ м;
- прицельной остановки состава на станции с погрешностью не более $\pm 0,3$ м;
- блокировки открытия дверей на перегоне и с неправильной стороны на станции;
- контроля остановки состава на станции — автоматического запрета проезда станции без остановки.

Для обеспечения требуемой точности управления выполняется автоматическая корректировка значений диаметров колесных пар, введены алгоритмы резервирования включения режимов по значению счетчика пройденного пути от станции отправления. Для повышения надежности функционирования напольных и поездных устройств определения местоположения на основании результатов эксплуатации выполняются работы по изменению способа крепления путевых датчиков на пути и считывателя на поезде.

Этап 2. Режим автономного автоведения электропоездов по перегонам

В режиме автономного автоведения выполняется управление движением состава по перегону. При этом достигается абсолютный приоритет ограничений системы безопасности и выбор энергооптимальных режимов движения, чтобы погрешность времени хода по перегону не превышала ± 5 с.

Режим автономного автоведения должен обеспечивать:

- соблюдение сигналов системы автоматического регулирования скорости АЛС-АРС (команды устройств безопасности пользуются наивысшим приоритетом);
- автоматическое управление составом в процессе движения по перегонам и остановки на станциях;
- соблюдение ограничений скорости и режимов ведения;
- проезд токоразделов в соответствии с установленными правилами;
- учет плана-профиля пути;
- соблюдение времени хода с отклонением не более $\pm 5,0$ с;
- прицельную остановку и контроль остановки состава на станции;
- контроль открытия дверей на станции и на перегоне;
- автоматический оборот подвижного состава в тупиках.

Режим автономного автоведения обеспечивает автоматическое выполнение стандартных операций по управлению составом и позволяет машинисту концентрировать внимание на безопасности движения электропоезда (поддержании оперативной связи с поездным диспетчером, контроле исправности поездного и вагонного оборудования, по-

садке-высадке пассажиров, оперативном реагировании на обнаружение людей или посторонних предметов на пути и т. д.).

Разработка базы данных автоведения включает в себя

- сбор информации о параметрах линии метрополитена: длине перегонов, плане-профиле пути, пикетах стрелок, токоразделах, информации об участках ограничений скорости, режимах ведения электропоездов по перегонам, местоположении на пути устройств системы безопасности и путевых датчиков системы навигации, графике движения;
- систематизацию собранной информации;
- анализ и верификацию информации;
- организацию собранной информации в базу данных.

При внедрении автоведения на линии метрополитена чрезвычайно важна совместная работа с локомотивными бригадами по адаптации режима к особенностям движения электропоездов по конкретной линии. Замечания и предложения машинистов по результатам испытаний систематизируются, анализируются, вносятся изменения в алгоритмы.

При реализации интерфейса машинист – поезд и контроля бдительности машиниста при автоведении должны применяться адаптивные методы управления и контроля. Для автоведения используется отдельный графический сенсорный монитор. Машинист может объективно контролировать выполнение автоматизированных режимов, оперативно редактировать или задавать параметры автоведения в соответствии с конкретной поездной ситуацией на линии метрополитена (фото 1).



Фото 1. Пульт машиниста вагона модели 81-760.



Фото 2. Состав из вагонов моделей 81-760, 81-761

Для повышения безопасности движения и обеспечения экономии электроэнергии к поездной системе управления подключаются следующие устройства:

- обмена данными между следующими друг за другом электропоездами;
- активной радиолокации впереди идущего электропоезда;
- оптико-электронный, индуктивный или радиочастотный канал передачи показаний путевой сигнализации.

Функционирующий канал взаимодействия поезд – поезд – сигнализация позволит определять эффективную скорость движения электропоезда на основе информации от впереди идущего электропоезда и устройств сигнализации. Это даст возможность реализовать автономное автоматизированное управление движением электропоездов, в частности, на линиях, не оборудованных системой АЛС-АРС, с предупредительной скоростью.

На Кольцевой линии Московского метрополитена на составе из вагонов моделей 81-740.4/741.4 режим автономного автоведения испытан и сертифицирован (состав эксплуатируется с пассажирами). На Калининской линии на составах из вагонов моделей 81-760/761 (фото 2) режим внедряется, по результатам эксплуатации и сертификационных испытаний планируется принять решение о вводе режима в постоянную эксплуатацию. Отметим, что после внедрения режима автономного автоведения на Калининской линии подвижной

состав из вагонов моделей 81-760/761 будет адаптирован для автоматизированного управления из диспетчерского центра.

Этап 3. Централизованное управление электропоездами на линии метрополитена

С помощью режима централизованного управления можно реализовать графико-интервальное регулирование движения электропоездов на линии метрополитена.

Поездные устройства управления при централизованном управлении выполняют все функции режима автономного автоведения электропоездов.

В состав системы диспетчерского управления внедряются инструменты для работы с графиком движения электропоездов: инструменты регистрации отклонений от графика, перестроения, оперативной корректировки графика. Существенное расширение функций при работе с графиком движения в автоматизированном электронном виде дает возможность участникам движения оперативно получать актуализированный график движения. Тем самым обеспечивается оперативная передача скорректированного расписания на подвижной состав. Поездные устройства управления на основе информации из диспетчерского центра рассчитывают и реализуют энергоэффективную траекторию движения [3].

Для обеспечения централизован-

ного автоматизированного управления линия и подвижной состав оборудуются каналом поезд – центр, с помощью которого осуществляются:

- синхронизация поездных устройств с единым временем метрополитена;
- передача в поезд информации об оперативном графике;
- передача в центр данных об исполненном графике;
- передача в центр координат и параметров движения поезда;
- передача в поезд оперативных команд управления и информационных сообщений от диспетчера;
- передача в центр диагностической информации.

Канал взаимодействия между поездом и диспетчерским центром находится в стадии опытных испытаний на Кольцевой линии Московского метрополитена. В настоящее время успешно реализованы следующие функции:

- передача в поезд информации об оперативном графике;
- передача в центр данных об исполненном графике;
- передача в поезд оперативных команд управления и информационных сообщений от диспетчера;
- передача в центр диагностической информации.

Система диагностики предназначена для выполнения при автоматизированном управлении следующих функций:

- анализа работы оборудования и действий машиниста в режиме on-line;
- передачи информации в диспетчерский центр для помощи машинисту в конкретных случаях;
- передачи оперативной диагностической информации в пункты технического обслуживания для повышения технической готовности и исправности подвижного состава, для сокращения затрат на обслуживание и ремонт.

Этап 4. Автоматическое управление движением электропоездов

Автоматическое управление движением электропоездов может быть реализовано на перспективной линии Московского метрополитена с низкой интенсивностью движения и пассажиропотоком. После приобретения опыта эксплуатации автоматической системы, подготовки нормативной базы и проведения организационных мероприятий можно применять систему на линиях с

более интенсивным движением (более 24 пар электропоездов в час).

Внедрение централизованного управления (этап 3) на линии метрополитена теоретически обеспечивает управление электропоездами без машиниста при условии оборудования диспетчерского центра, станций и перегонов дополнительными устройствами управления, контроля и безопасности. Диспетчерский центр и электропоезда должны взаимодействовать в автоматическом режиме. Поездной диспетчер должен получать информацию о параметрах работы каждого поезда на линии, об обстановке в вагонах и на пути. Команды поездного диспетчера должны приниматься и обрабатываться поездными устройствами в автоматическом режиме.

Путь на станции должен быть огражден во избежание падения посторонних предметов и пассажиров. Для этого могут применяться автоматические двери платформы или современные видеоаналитические устройства. Указанные технологии доступны для внедрения на Московском метрополитене.

Следует отметить, что на автоматической линии должны дежурить локомотивные бригады, обеспечивающие вывод неисправного электропоезда из тоннеля на станцию или в электродепо (при этом необходимо организовать оперативное прибытие дежурных машинистов на аварийный автоматический электропоезд).

Таким образом, на базе новых технологий необходимо обеспечить разработку нормативной базы, технических решений, создание, внедрение и эксплуатацию современных систем управления. В 2016–2018 гг. может быть выполнено поэтапное внедрение централизованной системы управления, например, на Таганско-Краснопресненской линии, комплектуемой новыми электропоездами. Первый этап (2016 г.) – внедрение режимов управления электропоездами на станциях; второй этап (2016–2017 гг.) – внедрение автономного автоведения, обеспечивающего энергоэффективное управление электропоездами при заданном времени хода по перегону; третий этап (2016–2018 гг.) – модернизация диспетчерского центра, организация канала информа-

ционного взаимодействия поезд – центр. Завершающий этап (2018 г.) – внедрение комплекса, обеспечивающего централизованное управление движением электропоездов на Таганско-Краснопресненской линии. В результате внедрения режимов автоматизированного управления электропоездами метрополитена существенно повысятся эффективность и качество функционирования подвижного состава, диспетчерских центров и инфраструктуры Московского метрополитена. **IT**

Литература

1. Кирпичников А. П., Фокин А. В. Новая электроника в поездах Московского метрополитена // Транспорт и связь РФ. 2014. № 1–2.
2. Медуницин Н. Б., Малинин О. В., Щелухин А. С. и др. Комплексная система управления и обеспечения безопасности движения электропоездов Московского метрополитена из вагонов модели 81-760/761 // Автоматизация в промышленности. 2014. № 3.
3. Баранов Л. А., Круг Ю. Е. Концепция автоматизированного метрополитена // Метро. 1994. № 3.


 Messe München

Connecting Global Competence

ALL WAYS. THE RIGHT PLACE.

СТАНЬТЕ ЧАСТЬЮ ВЕДУЩЕЙ В АЗИИ ВЫСТАВКИ ПО ЛОГИСТИКЕ!

»» ЗАРЕГИСТРИРУЙТЕСЬ ПРЯМО СЕЙЧАС



14 – 16 ИЮНЯ 2016

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ЛОГИСТИКИ, МОБИЛЬНОСТИ, ИТ И УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

SHANGHAI NEW INTERNATIONAL EXPO CENTRE

»» www.transportlogistic-china.com

Контакт: ООО «Мессе Мюнхен Консалтинг», Тел. +7 495 697 16 70, info@messe-muenchen.ru



CONNECTING BUSINESS