

Автоматизированная система диспетчерского управления движением поездов новосибирского метрополитена: направление развития

Ю. Н. Золотухин, С. А. Белоконь, В. В. Васильев,
М. Н. Филиппов, А. П. Ян

Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Новосибирск, Россия
e-mail: zol@idisys.iae.nsk.su

Представлены архитектура и программное обеспечение автоматизированной системы диспетчерского управления движением поездов Новосибирского метрополитена: SCADA-система, разработанная для создания комплексов повышенной надёжности, измерительная подсистема, а также моделирующий комплекс.

Ключевые слова: автоматизированная система управления движением поездов, распределённая система, диспетчерское управление, Новосибирский метрополитен.

Введение

Начиная с 2004 г. Институт автоматики и электрометрии СО РАН с участием ведущих специалистов службы сигнализации и связи Новосибирского метрополитена разрабатывает автоматизированную систему диспетчерского управления (АСДУ) движением поездов; с 2005 г. система поэтапно вводится в постоянную эксплуатацию [1]; в 2012 г. завершена модернизация существующих станций и стартовали работы по созданию усовершенствованной микропроцессорной АСДУ для запланированного продления Дзержинской линии.

Автоматизированные системы диспетчерского управления, предназначенные для использования на объектах повышенной опасности, таких как предприятия атомной и химической промышленности, транспортные комплексы, объекты военного назначения и т. п., занимают особое место, так как нарушения в их работе представляют прямую угрозу жизни и здоровью людей.

При разработке как аппаратных средств, так и программного обеспечения (ПО) подобных систем недостаточно лишь организации дополнительного резервирования составляющих, поскольку помимо высокой надёжности при работе в штатном режиме весь программно-аппаратный комплекс должен обеспечивать предсказуемо-безопасное поведение в случае выхода из строя отдельных компонентов.

Также серьёзным ограничением при выборе средств автоматизации является режим работы транспортного комплекса, ограничивающий непрерывное время работы по модернизации и последующему тестированию АСДУ несколькими ночными часами, что практически исключает возможность одновременного обновления всех компонентов. Поэтому система должна обеспечивать возможность постепенной интеграции с существующей разнородной аппаратно-программной средой и поэтапного переключе-

ния функций с поддержкой режима одновременной работы заменяемой и новой частей в течение опытной эксплуатации.

1. Структура и функции АСДУ

Разработанная АСДУ движением поездов представляет собой трёхуровневую структуру, состоящую из комплекса автоматизированных рабочих мест (АРМ) и программируемых логических контроллеров (ПЛК), распределённых на значительном пространстве и работающих в темпе реального технологического процесса [2]. Система объединяет распределённую микропроцессорную систему и маршрутно-релейные централизации (МРЦ) на каждой станции (рис. 1).

Верхний уровень системы включает оборудование, расположенное на центральном посту управления: основной и резервный АРМ поездного диспетчера, АРМ дежурного инженера диспетчерской централизации (ДЦ) и сервер базы данных.

Средний уровень — расположенные на станциях рабочие места дежурных по станциям (АРМ ДСЦП) и рабочие места электромехаников (АРМ ШН).

Нижний уровень — программируемый логический контроллер, выполняющий функции устройства сопряжения с объектом и реализующий алгоритмы управления напольным оборудованием.

Аппаратура верхнего и среднего уровней объединена двойным оптоволоконным кольцом, обеспечивающим необходимую скорость и надёжность доставки данных. Автома-

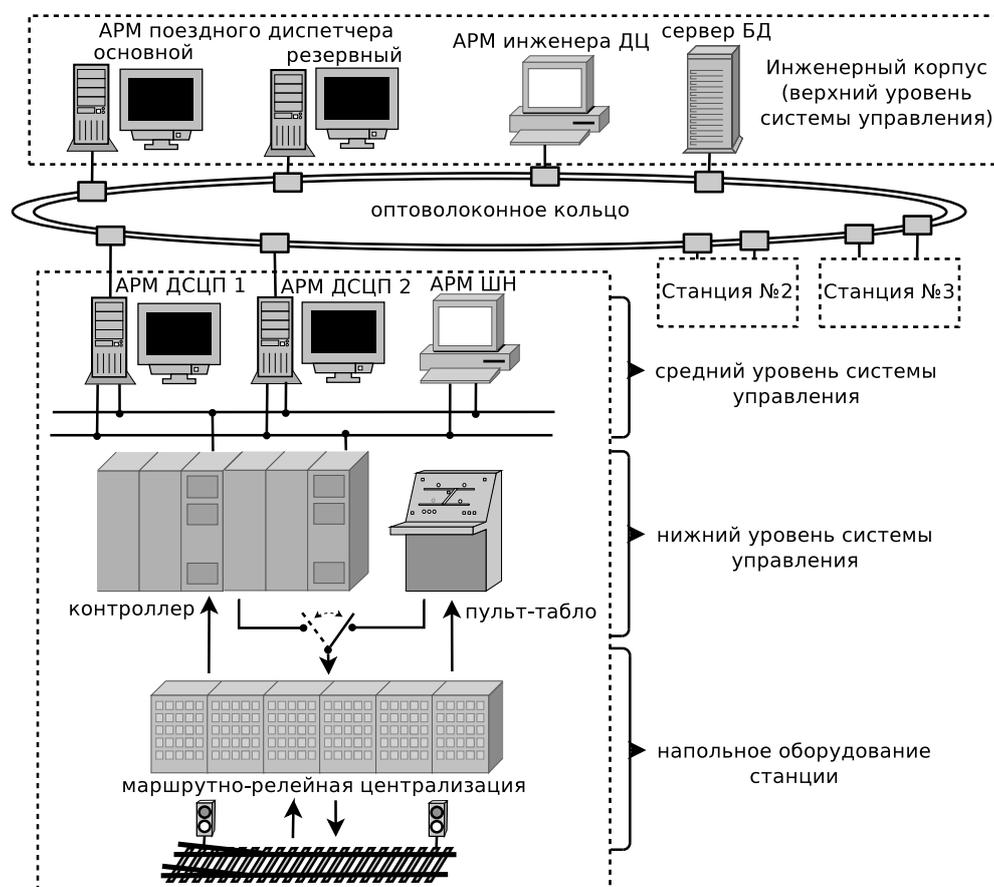


Рис. 1. Архитектура АСДУ

тизированные рабочие места на каждой станции связаны с программируемым логическим контроллером и между собой посредством локальной станционной сети с резервированием. Для обеспечения непрерывного управления движением на время сервисного обслуживания или в случае выхода из строя микропроцессорной части системы предусмотрен переход на традиционную схему с использованием пульт-табло, полностью отключающего ПЛК от каналов управления.

Управление движением поездов осуществляется либо с автоматизированных рабочих мест поездного диспетчера с центрального поста, либо с расположенных на станциях АРМ дежурных по станции [3].

2. Программное обеспечение

Программное обеспечение АСДУ [3] состоит из множества различных компонентов (ПО контроллера, ПО системы резервирования, ПО сервера базы данных и т. п.), среди которых особое место занимает многоплатформенная открытая модульная SCADA-система (Supervisory Control And Data Acquisition — диспетчерское управление и сбор данных), разработанная в лаборатории нечётких технологий ИАиЭ СО РАН для создания многоуровневых программных комплексов повышенной надёжности и быстродействия [4].

Данная SCADA-система обеспечивает функционирование АСДУ в соответствии с предложенной в рамках проекта архитектурой, существенным отличием которой от классической схемы с иерархией “основной—резервный” является параллельная рассылка копий команд управления по нескольким независимым каналам (более подробное описание архитектуры приведено в [5]).

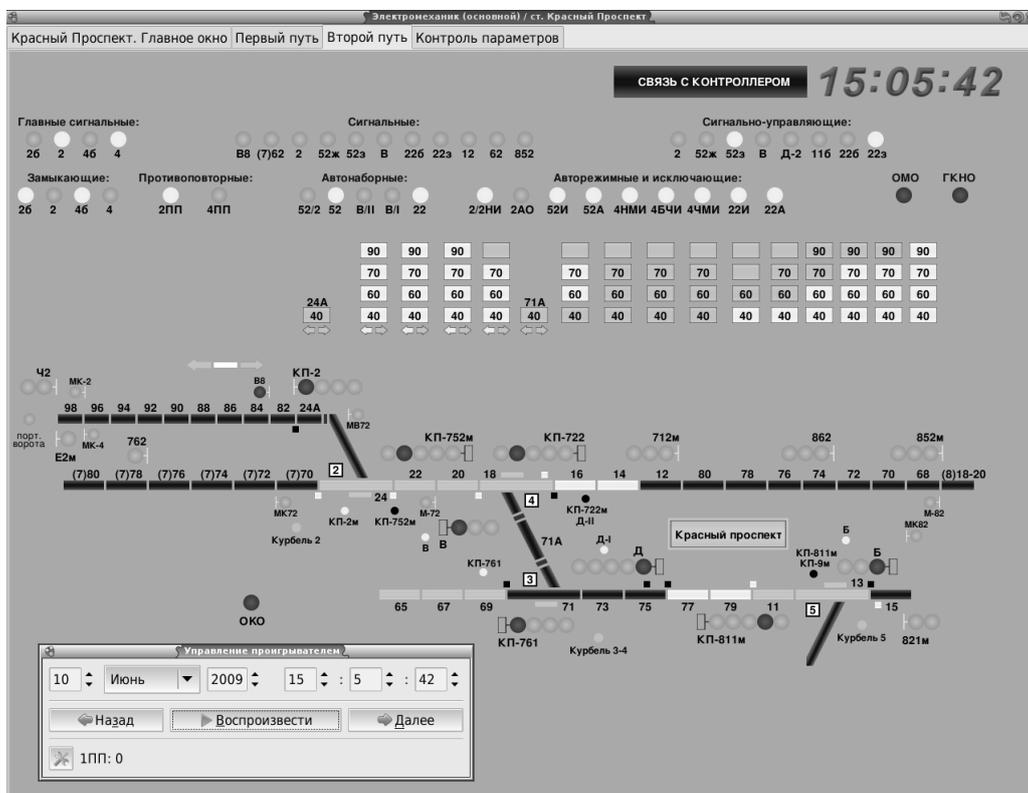


Рис. 2. Видеокادر АРМ электромеханика станции “Красный проспект”

Помимо исполнения основной задачи системы (надёжной и своевременной передачи информации о поездной ситуации со станции на рабочие места дежурных и команд управления в обратном направлении), отдаваемые оператором команды должны анализироваться программным обеспечением с целью выявления несогласованных и потенциально опасных действий, способных привести к нештатной или аварийной ситуации.

В рамках проекта разработано программное обеспечение АРМ дежурного по станции, электромеханика, инженера центрального поста, а также стыковочных модулей, обеспечивающих интеграцию с существующим программно-аппаратным комплексом метрополитена и расширяющих информационную поддержку служб принципиально новыми функциональными возможностями, позволяющими более эффективно и с меньшими усилиями решать существующие задачи. В частности, инженеру диспетчерской централизации и электромеханикам службы СЦБ (сигнализация, централизация, блокировка) предоставлены автоматизированные рабочие места на всех станциях и центральном посту, позволяющие в реальном времени контролировать состояние обеспечивающего безопасность движения поездов оборудования метрополитена и оперативно принимать решения, а также анализировать предысторию событий и действий операторов службы управления движением.

В качестве иллюстрации на рис. 2 приведён один из видеок кадров пользовательского интерфейса АРМ электромеханика станции «Красный проспект» в режиме отображения и анализа происходящих в реальном времени либо сохранённых в базе данных событий, таких как изменения состояния оборудования (реле, сигналов, рельсовых цепей и т. п.), а также действий дежурного по станции.

3. Измерительная подсистема

Одна из важнейших задач при разработке современных сложных автоматизированных систем управления — создание средств, обеспечивающих их работоспособность и поддержание заданного уровня надёжности проекта в процессе эксплуатации. Основной тенденцией в этой области является переход от методов периодического контроля состояния элементов системы, основанного на статистических данных, к непрерывному мониторингу её узлов. В настоящее время обслуживание систем метрополитена производится в соответствии с графиком технологического процесса. Переход к обслуживанию по фактическому состоянию элементов и подсистем позволяет рациональнее использовать человеческие и материальные ресурсы, упрощает процесс слежения за изменениями состояния системы, прогнозирования и анализа неисправностей.

Для решения задачи мониторинга состояния оборудования разработана специализированная подсистема [6], которая обеспечивает измерение аналоговых сигналов и анализ накопленных данных с целью выявления трендов параметров и оценки остаточного ресурса устройств, таких как стрелочные электроприводы, реле, светофорные лампы и др., позволяя тем самым решить задачу автоматического контроля состояния наземного оборудования, а также диагностировать и предупреждать возможные неисправности.

4. Моделирующий комплекс

По существующему регламенту перед вводом системы в опытную эксплуатацию должна быть проведена комплексная отладка технических и программных средств в лабора-

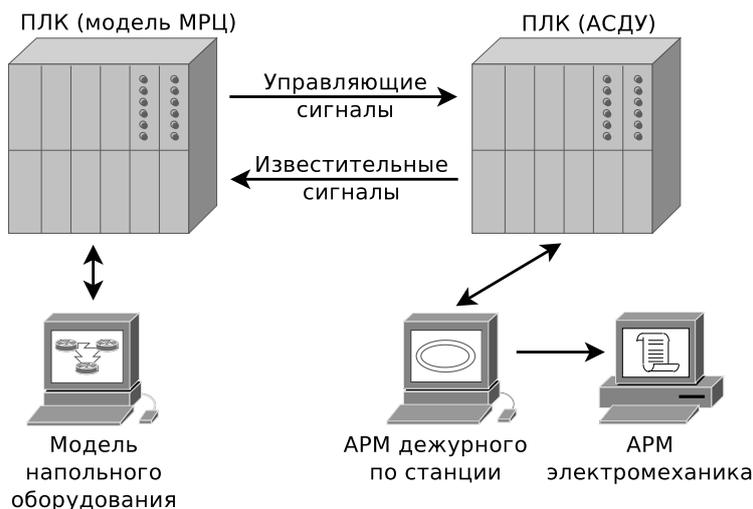


Рис. 3. Схема моделирующего стенда

торных условиях. С этой целью в рамках работы по созданию автоматизированной системы диспетчерского управления движением поездов Новосибирского метрополитена разработан моделирующий стенд [7]. В состав стенда входит программно-аппаратный комплекс, осуществляющий моделирование аппаратуры маршрутно-релейной централизации и напольного оборудования станции, программируемый контроллер, а также автоматизированные рабочие места оперативного и эксплуатационного персонала (рис. 3).

Аппаратная часть данного комплекса представляет собой систему, включающую компьютер, моделирующий напольное оборудование, программируемый логический контроллер, имитирующий МРЦ, а также коммуникационные подсистемы. Информационные входы проверяемой АСДУ соединены с дискретными выходами ПЛК-модели (около 300–500 сигналов в зависимости от моделируемой станции метрополитена), а управляющие выходы АСДУ соединены с дискретными входами ПЛК-модели (порядка 100 сигналов).

Программное обеспечение моделирующего комплекса разработано на основе описанной выше SCADA-системы и реализует необходимые для тестирования АСДУ ситуации, такие как движение поездов, включение/выключение светофоров, перевод стрелок, а также неисправности оборудования (перегорание лампы светофора, потеря контроля стрелки, ложная занятость рельсовой цепи и т. п.).

Моделирующий комплекс позволяет тестировать программное и аппаратное обеспечение разрабатываемой АСДУ до начала монтажа оборудования на станции, а также при необходимости воспроизвести и проанализировать ситуации, происходившие на реальных станциях метрополитена. Функциональные возможности моделирующего стенда позволяют использовать его в качестве тренажера для оперативного и эксплуатационного персонала.

5. Микропроцессорная централизация

В рамках проекта систем управления для новых станций метрополитена разработана схема полностью микропроцессорной системы управления движением поездов. В основу

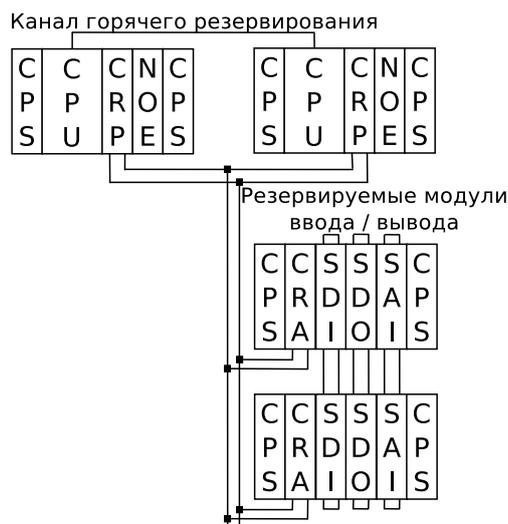


Рис. 4. Структурная схема ядра

концепции положено использование ядра управляющего вычислительного комплекса на базе безопасной многопроцессорной архитектуры Modicon Quantum фирмы Schneider Electric (структурная схема представлена на рис. 4) [8].

Внутренняя архитектура модулей центрального процессора (ЦП) содержит дублированный канал переключения и позволяет выполнять двойной код для выявления как систематических ошибок при формировании и исполнении кода, так и случайных сбоев в модуле ЦП и ОЗУ. Контроль выполнения осуществляется при помощи встроенных в модуль ЦП двух процессоров различного типа.

Схема подключения модулей ввода/вывода обеспечивает резервирование и позволяет выявлять систематические ошибки коммутации и случайные внутренние сбои. Кроме того, поддерживаются функции диагностики связи с ЦП, текущего статуса, а также автоматической самодиагностики.

Заключение

К настоящему моменту разработанная система функционирует на станциях “Берёзовая роща”, “Площадь Гарина-Михайловского”, “Заельцовская”, “Красный проспект”, “Золотая нива”, “Сибирская”, “Студенческая” и “Площадь Маркса”.

На основе представленной усовершенствованной системы микропроцессорной централизации разрабатывается АСДУ движением поездов для проектируемых станций “Тусинобродская” и “Молодёжная” Новосибирского метрополитена.

Список литературы

- [1] АБРАМОВ А.И., БЕЛОКОНЬ С.А., ВАСИЛЬЕВ В.В. и др. Автоматизированная система диспетчерского управления движением поездов на Дзержинской линии Новосибирского метрополитена // “Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Тр. VII Междунар. конф. Самара, 2005. С. 157–161.
- [2] ЗОЛОТУХИН Ю.Н., КОГЛЕР Р.Р., МИХЕЕВ Ю.И. Микропроцессорная система управления движением поездов // Метро и тоннели. 2005. № 6. С. 10–11.

- [3] БЕЛОКОНЬ С.А., ВАСИЛЬЕВ В.В., ФИЛИППОВ М.Н. Программное обеспечение автоматизированной системы диспетчерского управления Новосибирского метрополитена // Перспективы систем информатики: Матер. 7-й Междунар. конф. памяти акад. А.П. Ершова. Новосибирск, 2009. С. 52–56.
- [4] БЕЛОКОНЬ С.А., ФИЛИППОВ М.Н. Метод построения многоплатформенной открытой модульной SCADA-системы // Вест. НГУ. Сер.: Физика. 2008. Т. 3, вып. 1. С. 115–125.
- [5] БЕЛОКОНЬ С.А., ВАСИЛЬЕВ В.В., ЗОЛОТУХИН Ю.Н. и др. Автоматизированные системы диспетчерского управления объектами повышенной опасности // Автометрия. 2011. Т. 47, № 3. С. 73–83.
- [6] MALTSEV A.S., SOBOLEV M.A., YAN A.P. On the question of building an open system of automated diagnostics for Novosibirsk subway // IASTED Intern. Conf. "Automation, Control, and Applications" (ACIT 2010). Novosibirsk, 2010. P. 174–177.
- [7] БЕЛОКОНЬ С.А., ВАСИЛЬЕВ В.В., ЗОЛОТУХИН Ю.Н. и др. Отладка автоматизированной системы диспетчерского управления путём моделирования маршрутно-релейной централизации станции метро // Перспективы систем информатики: Матер. 7-й Междунар. конф. памяти акад. А.П. Ершова. Новосибирск, 2009. С. 48–51.
- [8] QUANTUM Safety PLC. Safety Reference Manual [Электронный ресурс]. 2007. Электрон. дан. Режим доступа: http://www.tuv-fs.com/33003879_K01_000_00.pdf, свободный.

Поступила в редакцию 29 ноября 2013 г.