

ЦЕНТР ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ ДЛЯ МЕТРОПОЛИТЕНА Г. КАЗАНИ

Д.П. Дегтярев, А.И. Пресняков (ООО "Икотемп")

Представлены функциональность и структура центра диспетчерского управления (ЦДУ) Казанского метрополитена. Подробно описаны этапы разработки, тестирования и сопровождения ЦДУ.

Ключевые слова: центр диспетчерского управления, движение, метрополитен, резервирование, стендовые испытания.

Со дня пуска Казанского метрополитена прошло уже 5 лет. Это достаточный срок как для подведения итогов сделанного, так и для оценки правильности принятых решений. Тогда, в 2005 г., в метрополитене г. Казани была внедрена система "Движение", созданная ОАО "Научно-исследовательский институт точной механики" (Санкт-Петербург) — производственным предприятием с большим научным, материально-техническим и производственным потенциалом. Впервые на наземных и подземных железных дорогах России использовалась микропроцессорная система электрической централизации, не имеющая в своем составе ни одного реле. И еще одно важное отличие системы от всех отечественных аналогов — наличие в ее контуре управления поездной аппаратуры, обеспечивающей комплексное решение таких задач, как автоматическое регулирование скорости поезда, интервальное регулирование и прицельное торможение.

Комплексность и функциональная полнота системы "Движение" по сравнению аналогами предопределили также и высокие требования к центру диспетчерского управления (ЦДУ). Эти требования были сформулированы в техническом задании, подготовленном совместно НИИ "Точной Механики", ОАО "Ленметрогипротранс" и ООО "Икотемп". Заказчиком была поставлена задача — за достаточно короткие сроки разработать, испытать и внедрить ЦДУ для полностью микропроцессорной системы обеспечения безопасности и управления движением поездов на метрополитене.

Компания Икотемп была приглашена к участию в этом проекте в качестве генерального подрядчика, так как имела опыт в автоматизации ЦДУ движением поездов для железнодорожных участков Санкт-Петербург-Дно, Гатчина-Нарва и Санкт-Петербург-Москва, а также нескольких участков Московской железной дороги (1995-2002 г.).

Первоначально специалисты компании Икотемп предполагали модернизировать имеющиеся у них программные модули, чтобы применить их для работы с системой "Движение". Однако было принято решение создание принципиально нового программного продукта, спроектированного с учетом технологии работы и специфики метрополитена, выполненного на современном техническом уровне и вобравшего весь накопленный многолетний опыт и идеи автоматизации управления движением.

Задача создания ЦДУ для системы "Движение" была решена с учетом всех требований технического задания. И осенью 2005 г. система была включена на первой линии Казанского метрополитена (рис. 1).

Функциональность ЦДУ

Функционально ЦДУ системы "Движение" содержит несколько основных подсистем (рис. 2).

Информационно-управляющая подсистема с оператором в центре контура управления. По сути, эта подсистема решает традиционные задачи, свойственные системам диспетчерской централизации, которые в различных вариантах широко применяются на железнодорожном транспорте. Оператором здесь является поездной диспетчер, который управляет движением поездов на участке из нескольких станций и перегонов в соответствии с плановым графиком движения поездов и сложившейся оперативной ситуацией. Он контролирует работу устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ), местоположение поездов на участке (линии), управляет маршрутами для пропуска поездов, а также, используя средства радиосвязи, отдает распоряжения машинистам и дежурным по станции.

Подсистема автоматического управления является классической системой управления с обратной связью. В качестве обратной связи здесь выступает ин-



Рис. 1. ЦДУ Казанского метрополитена

формация, получаемая от устройств сигнализации, расположенных на станциях и перегонах. На базе этой информации подсистема в масштабе РВ строит математическую модель линии движения и динамического размещения на ней составов. Эталоном для фиксации "отклонений" является плановый график движения поездов. Когда поезд прибывает на станцию, поездной аппаратуре передаются параметры автоведения, реализуя которые поезд будет в состоянии компенсировать возникшее отклонение. Важно отметить, что подсистема не только автоматически строит график исполненного движения составов по линии, но также вычисляет и отображает прогнозный график, на котором можно увидеть как и через какое время отклонение, возникшее в движении поездов, будет компенсировано.

Подсистема планирования движения поездов обеспечивает ЦДУ возможностью создавать и корректировать плановый график движения поездов. Кроме основного планового графика готовятся также графики

выходных и праздничных дней, а также варианты графики. Суть последнего заключается в том, что если сбой в движении на линии метрополитена был значительным, то компенсировать такое отклонение подсистема автоматического управления уже не в состоянии, и для восстановления нормального интервала в движении поездов метрополитена необходим переход на другой плановый график, который наиболее подходит для данной поездной обстановки.

Подсистема планирования движения также решает еще одну важную технологическую задачу — подготовка и электронная рассылка диспетчерских приказов. Абонентами выступают все диспетчеры ЦДУ, диспетчерский аппарат станций и, при необходимости, административный аппарат (ревизор, начальники служб и др.).

Подсистема диагностики, контроля и протоколирования решает следующие задачи:

- авторизация пользователя при входе в систему и при подтверждении передачи "ответственных" команд с использованием индивидуального пароля;
- автоматическое формирование протокола команд управления и состояний объектов контроля;
- автоматическое сохранение графика исполненного движения за смену.

Подсистема сервиса и администрирования обеспечивает назначение и изменение прав доступа пользователей к функциям ЦДУ, а также внесение изменений в нормативно-справочную информацию и БД. Также подсистема решает задачи информационного обмена с другими системами ЦДУ и инженерного корпуса метрополитена.

Информационно-справочная подсистема предоставляет пользователям имеющуюся в системе документацию, регламентирующую работу метрополитена (инструкции, правила, распоряжения и др.) и справочные данные по работе с системой.

Структурные решения

Управляющие подсистемы ЦДУ построены со 100% резервированием. С "горячим" аппаратным и программным резервом функционируют все компоненты:

- на серверах: задачи трансляции команд ТУ, ведения всех файловых архивов, слежения за подвижными единицами, БД;
- на рабочих станциях: программы приема информации от станционного уровня, доставки команд ТУ, отображения поездной обстановки и управления станционной аппаратурой;
- сетевое оборудование: поток информации телекоммуникации от станции поступает параллельно по двум основным и двум резервным каналам сети SDH, доставка команд управления осуществляется по основному и резервному каналу сети SDH.

"Мягкое" переключение на резервный компонент происходит как в основном режиме работы системы, так и при выполнении профилактических работ по техническому обслуживанию оборудования.

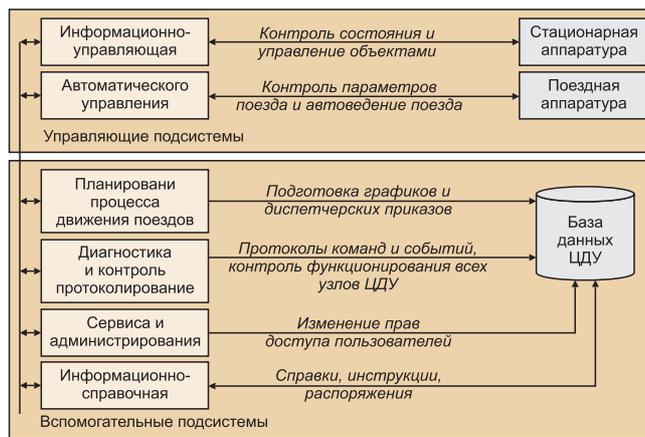


Рис. 2. Подсистемы ЦДУ "Движение"

Сети ЦДУ структурированы таким образом, что все управляющие задачи решаются в основной изолированной подсети, а вспомогательные функции (подсистемы) — во вспомогательной подсети. Такое разделение на подсети является одним из факторов защиты системы от несанкционированного доступа к управляющим ресурсам ЦДУ.

Важным свойством любой современной АСУ является ее объектная независимость, то есть полная переносимость текущих версий БД и прикладного ПО на другой объект без перекомпиляции программных модулей. Именно такой принцип и заложен в разработанной системе. Для адаптации системы к другому объекту (другой линии метрополитена) требуется подготовка новых мнемосхем станций и линии в целом, конфигурирование системы под имеющуюся оптоволоконную сеть, ввод нормативных данных, настройка пользовательских программ.

В качестве системного ПО в проекте использовались ОС Windows, а для работы с БД — MS SQL.

Опыт сопровождения

Обычно вновь созданные АСУ обнаруживают максимальное число изъянов именно в начальный период эксплуатации. Чтобы избежать этого, до установки на объект были проведены комплексные испытания системы на стенде, точно копирувавшем на аппаратном и программном уровне систему ЦДУ, монтируемую на объекте, включая АРМ станционного уровня. Испытания позволили еще до выхода на объект проверить проектные привязки, провести полноценное функциональное тестирование, включая стрессовые и нагрузочные испытания. Дополнительно использовались программы, имитирующие работу устройств и движение поездов по линии, что позволило более полно отладить такие программные компоненты, как автоматическое слежение за подвижными единицами, автоведение поезда, автоматическое построение исполненного графика, расчет и построение прогнозного графика.

Благодаря качественно проведенным стендовым испытаниям при вводе системы в эксплуатацию потребовался минимум доработок и доводок.

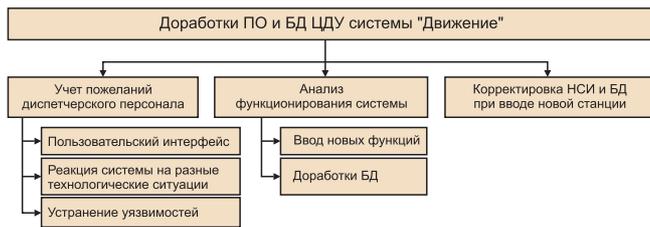


Рис. 3. Структурная схема доработок ПО и БД ЦДУ системы "Движение"

В ходе эксплуатации системы за 5 лет замена версий ПО проводилась лишь дважды:

- после накопления значительного числа пожеланий от эксплуатирующей организации и дополнения системы новыми функциями по предотвращению нештатных ситуаций в движении поездов;
- в связи с вводом на линии метрополитена новой станции.

Замена ПО осуществлялась после проведения нового полного цикла стендовых испытаний в соответствии с программой и методикой этих испытаний.

Доработки, учитывающие пожелания пользователей, составляют из общего списка около 60% всех изменений ПО и делятся на две группы: доработка пользовательского интерфейса и исправление некорректной реакции системы на те или иные технологические ситуации (рис.3).

Доработки, улучшающие интерфейс пользователя, — это те технологические нюансы, которые могут выявиться только при длительной эксплуатации. В их состав входят: уточнение интерфейса пользователя для операций по заданию и отмене маршрутов, корректировка системы навигации в основных прикладных программах диспетчера, модификация графических примитивов для более наглядного отображения информации, приведение к более удобному для восприятия виду тех или иных элементов на мнемосхеме выносного табло.

Что такое "неверная реакция системы на ту или иную технологическую ситуацию"? Здесь речь не идет об отказах или сбоях. Но, например, неверно заложенный разработчиками алгоритм слежения за поездными единицами при движении поезда на перегоне в неправильном направлении может приводить к потере номера маршрута на экранах мониторов ЦДУ или обрыву "нитки" поездов на графике. Так как эта ситуация возникает крайне редко, то и реакция на нее системы проявляется не сразу. Подобные проблемы возникали с ночным движением поездов, которое не могло быть во всем многообразии "обкатано" на стенде. После выявления таких ситуаций анализировались архивные записи работы устройств СЦБ и архивный график движения, разработчики уточняли алгоритм программ, делая его более совершенным.

В эту же группу следует включить выявленные в системе уязвимости. В любой системе они есть, и важными являются не они как таковые, а реакция системы на них. Поэтому необходимо проанализировать ситуа-

ции, которые не приводили к потере работоспособности или отказу какой-либо функции системы, но потенциально такую угрозу создавали. Например, в системе на АРМ дежурного электромеханика ЦДУ (или АРМ АСС) не отображались данные о загрузке процессоров и сети, целостность сетевых соединений и состояние всех узлов (АРМ и серверы). В результате анализа разработчики пришли к выводу о необходимости создания более совершенной централизованной системы диагностики, что и было реализовано. Ее функции максимально расширены. Подсистема прошла тестирование, внедрена и успешно справляется с указанными проблемами. Подсистема диагностики теперь сигнализирует оператору и делает запись в БД при отклонении следующих параметров:

- несоответствие эталонной версии программ, функционирующих на рабочих компьютерах или серверах;
- загрузка посторонней программы;
- превышение нормы загрузки процессора и сетевых соединений;
- нарушение целостности сетевых соединений;
- отсутствие информации от станционной аппаратуры.

Также в первоначальной версии ПО возможность внесения изменений в таблицы БД предоставлялась только через интерфейс стандартной программы MS SQL Enterprise Manager, что чревато ошибками. К пуску седьмой станции метрополитена предполагается завершить разработку программы, позволяющей администратору системы менять записи в БД через специальную утилиту, исключающую возможность внесения ошибочных данных. Особенно часто к этой операции приходится прибегать при смене прав пользователей, выполняемой в связи с ротацией или сменой кадров оперативного персонала.

Не менее важными стали доработки системы, качественно повышающие функциональный уровень ее работы. Их общий объем составляет около 30...40%. Здесь следует отметить появление в системе дополнительных новых функций, необходимость которых выявилась только после нескольких лет эксплуатации. Речь идет о подсистеме предупреждения появления нештатных ситуаций в движении поездов. Ее основная цель — сведение к минимуму влияния человеческого фактора на работу системы. Это реализовано путем автоматического выявления и речевого оповещения персонала о следующих ситуациях:

- остановка поезда на перегоне;
- задержка отправления поезда со станции;
- отсутствие для поезда установленного маршрута приема/отправления в соответствии с плановым графиком движения.

Также принципиально новые функции системы — это появившаяся возможность на станционном уровне (АРМ дежурного по станции) в РВ представлять информацию о поездной ситуации на линии с указанием местоположения составов и их номеров. Кроме

того, дежурный по станции получил доступ к информации по плановому и исполненному графику движения поездов на линии.

Доработана и усовершенствована подсистема работы с диспетчерскими приказами. В программе усовершенствован пользовательский интерфейс и введен ряд новых функций:

- отложенная передача сформированного приказа;
- формирование текстов приказов на основе уже переданных приказов;
- контроль действующих приказов;
- распечатка выборки переданных приказов по заданной форме, в том числе в соответствии с "Инструкцией по движению поездов и маневровой работе на метрополитенах РФ" Москва, 2003 г.

Пятилетний срок эксплуатации совершенно новой системы показал, что при ее разработке была заложена правильная концепция. Это подтверждено устойчивой работой всех узлов, отсутствием сбоев и отзывами персонала. Тем не менее, система развивалась, в ней появлялись новые функции, развитие носило планомерный характер. Любые изменения тщательно тестировались, накапливались, выполнялась необходимая корректировка документации, и только затем новые функции внедрялись на объекте. Важно в заключение отметить, что решения, заложенные в ЦДУ системы "Движения", современны и сегодня. А это позволяет успешно применять уже апробированные технологии в системах управления на метрополитенах и на линиях скоростных трамваев, а также на железных дорогах России.

Дегтярев Дмитрий Павлович – руководитель группы,

Пресняков Анатолий Иванович – директор ООО "Икотемп".

Контактный телефон (812) 545-42-51. E-mail: aip@icotemp.spb.ru Http://www.icotemp.spb.ru

National Semiconductor представляет революционное решение для сенсорных систем

Компания National Semiconductor Corp. анонсировала две конфигурируемые интегральные схемы (ИС) сопряжения аналоговых интерфейсов (Analog Front-End – AFE) датчиков с уникальной технологией, которые в сочетании с новыми инструментальными средствами позволяют значительно ускорить процесс разработки сигнального тракта для различных датчиков ведущих мировых производителей.

Применение данных конфигурируемых микросхем и программной среды WEBENCH Sensor AFE Designer позволяет разработчику выбрать необходимый датчик, спроектировать и настроить схему решения и загрузить конфигурационные данные в AFE датчика. Типовая система датчиков, которая сегодня требует нескольких плат и до 25 компонентов, может быть выполнена с использованием всего одной интегральной схемы от National Semiconductor. А проектирование подобной системы, требующее обычно недель или месяцев, займет всего несколько минут благодаря использованию новых продуктов и инструментальных средств компании National.

Являясь первыми в семействе, каждое из двух конфигурируемых устройств сопряжения аналоговых интерфейсов датчиков ориентировано на применение в определенных сенсорных приложениях и характеризуется отличительными особенностями, такими как программируемые источники тока, источник опорного напряжения и регулируемая частота выборок.

LMP90100 – первый в отрасли многоканальный, маломощный, 24-разрядный интерфейс датчика (AFE) с полнофункциональным режимом непрерывной фоновой калибровки и диагностики для высокопроизводительных приложений передачи и преобразования данных. Запатентованная National Semiconductor технология непрерывной фоновой калибровки эффективно исправляет ошибки дрейфа и изменения коэффициента усиления во времени и при изменении температуры. Исправление ошибок дрейфа и усиления не оказывает влияния на измеряемый сигнал. LMP90100 оснащен 24-разрядным сигма-дельта АЦП с гибкой конфигурацией входа (мультиплексор), что обеспечивает работу интерфейса с любой комбинацией дифференциальных или однополярных входных сигналов. Коэффициент усиления (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 и 128), частота выборок и функции диагностики программируются независимо для каждого датчика. Помимо этого в устройстве доступны два согласованных источника тока для управления датчиками. LMP90100 в среднем потребляет <0,7 мА, рабочий температурный диапазон устройства -40...125°C, что идеально подходит для применения в датчиках температуры и приложений с интерфейсом "токовая петля" 4...20 мА.

LMP91000 – первый в отрасли полностью конфигурируемый, маломощный потенциостат, обеспечивающий завершённый, интегрированный тракт прохождения сигнала между датчиком и аналого-цифровым преобразователем (АЦП). Этот программируемый AFE ориентирован для использования в микромощных сенсорных приложениях, таких как трехэлектродные одногазовые датчики и двухтерминальные датчики кислорода. LMP91000 измеряет силу тока в потенциостате, который пропорционален концентрации газа. Устройство генерирует выходное напряжение, пропорциональное току ячейки, при помощи трансимпедансного усилителя, коэффициент усиления которого программируется пользователем посредством I2C-совместимого интерфейса, что обеспечивает LMP91000 чувствительность к концентрации токсичных газов в диапазоне 0,5...9,5 нА/ppm. Сверхнизкое энергопотребление позволяет применять LMP91000 в устройствах с питанием от батареи, а также в передатчиках с интерфейсом "токовая петля" 4...20 мА. Напряжение и коэффициент усиления ячейки устанавливаются пользователем при помощи интегрированной функции программирования.

Все эти возможности позволяют реализовать устройство, поддерживающее широкую номенклатуру газов и большой диапазон концентраций газов с общим энергопотреблением <10 мкА. I2C интерфейс дает возможность менять рабочие характеристики датчика, а интегрированный датчик температуры обеспечивает дополнительный выход для мониторинга температуры. Диапазон напряжения питания LMP91000 составляет 2,7...5,5 В.

Новая программная среда WEBENCH Sensor AFE Designer дополнила собой набор on-line средств разработки WEBENCH компании National. Настольный инструмент разработки с аппаратным интерфейсом сокращает время проектирования и упрощает оценку характеристик прототипа. Система позволяет пользователю ввести расчетные конфигурационные данные из своего проекта в AFE датчика, добавить сами датчики и начать проверку характеристик прототипа.

Семейство устройств сопряжения аналоговых интерфейсов (AFE) датчиков ориентировано на быстросрабатывающие и высокопроизводительные приложения и в своем дальнейшем развитии охватит другие технологические рынки, такие как медицинская техника. Выход новых продуктов запланирован на 2011 г. Подробная информация о компонентах AFE датчиков, программной среде WEBENCH Sensor AFE Designer и других инструментальных средствах разработки представлена по этому адресу.

[Http://www.national.com](http://www.national.com)