

Микропроцессорные системы на железнодорожном транспорте: зарубежный опыт

Л.Н. ПАВЛОВ, начальник Центра научно-технической информации ОАО «РЖД», д.т.н.

А.В. ОРЕХОВ, заместитель начальника отдела ЦНТИ

В настоящее время невозможно представить себе ни одну отрасль железнодорожного транспорта без микропроцессорных систем. Однако поскольку на железнодорожном транспорте Российской Федерации эти системы начали развиваться приблизительно 10 лет назад, для оценки отечественных достижений в данной области целесообразно сначала обратиться к анализу мирового опыта. В этой статье представлены наиболее характерные области применения микропроцессорных систем на зарубежных железных дорогах.

Системы микропроцессорной централизации

В мировой практике первые системы централизации на базе электроники были внедрены в конце 70-х годов. Их дальнейшее развитие в разных странах во многом определялось особенностями национальных концепций обеспечения безопасности устройств СЦБ на железных дорогах.

Более 10 лет промышленностью Германии и Австрии выпускаются системы МПЦ EI S фирмы Siemens, EI L (другое название ESTW L90) фирмы Alcatel SEL и ELEKTRA фирмы Alcatel Austria. Все три системы предназначены для управления крупными зонами с числом напольных устройств до 1000 ед. Для удовлетворения повышенных требований к безопасности в таких системах используют двухканальное техническое обеспечение. Их стандартными свойствами являются возможность безопасного ввода вспомогательных команд (таких как ис-

кусственное размыкание маршрута) и безопасная индикация состояния напольных устройств на АРМ дежурного по станции или диспетчера.

В настоящее время компания Bombardier разрабатывает систему МПЦ для железных дорог Германии ESTW B950. Концепция МПЦ компании Bombardier основана на последовательном применении принципа децентрализации, реализуемого путем распределения интеллектуальных функций между всеми компонентами системы, что позволяет применять линии передачи данных для подключения различных устройств. Пилотный проект МПЦ компании Bombardier реализуется на линии Мангейм — Райнау железных дорог Германии и предусматривает замену двух постов механической централизации и одного релейного типа SpDrS59. Система МПЦ ESTW B950 на станции Райнау и в пункте отвления Неккарау контролирует двухпутный

электрифицированный участок длиной 10 км. Максимально допустимая скорость движения поездов составляет 160 км/ч. В Райнау расположен распорядительный пост МПЦ, в Неккарау и на соседних станциях — децентрализованные исполнительные посты. В зону действия системы входят 60 светофоров, 31 электроприводная стрелка, 84 пункта счета осей, 58 систем счета осей, 5 электрических устройств запираания путей, одна установка переездной сигнализации и 5 интерфейсов с устройствами путевой блокировки типа Sb 59.

Следует отметить, что в 2005 году железные дороги Германии реализовали 33 проекта внедрения систем МПЦ общей стоимостью 900 млн. евро. Крупнейшим стал проект МПЦ на станции Франкфурт-на-Майне Главный (132 млн. евро) с 25 станционными путями, заверченный в ноябре 2005 года. Здесь для управления движением поездов в диспетчерском центре установлено 60 мониторов.

Управление почти всеми системами МПЦ на сети DBAG осуществляется из семи региональных центров, расположенных во Франкфурте-на-Майне, Берлине, Карлсруэ, Дуйсбурге, Ганновере, Лейпциге и Мюнхене.

На железных дорогах Великобритании, Дании, Испании, Финляндии, Швеции функциональные требования к системам МПЦ менее высокие, однако и здесь эксплуатируются системы EI S и EI L. Ввод команд и индикация на рабочем месте дежурного по станции не являются здесь ответственными функциями, кроме того, не применяются вспомогательные команды. В случае нарушения возрастает ответственность машиниста за безопасность движения. Возникающему при этом снижению стоимости системы сопутствуют ограничения функциональных возможностей по управлению эксплуатационным процессом. Обработка информации сконцентрирована в меньшей степени, она распределена по всей зоне действия поста централизации. Благодаря этому последствия отказа пространственно охватывают лишь часть зо-



Аппаратура микропроцессорной централизации компании Vossloh

ны действия поста МПЦ, и значение резервирования аппаратуры системы снижается. К безопасности обработки информации в системах как с двухканальным, так и с одноканальным техническим обеспечением предъявляются высокие требования, однако они ограничиваются собственно функциями централизации. Типичными представителями систем этой категории являются SSI и Ebilock.

На британских железных дорогах еще в 80-х годах была разработана система микропроцессорной централизации, основанная на стандарте SSI (Solid State Interlocking). Этот стандарт является открытым и обеспечивает большие преимущества при адаптации к требованиям национальных железных дорог. Однако эта система не является оптимальной для протяженных участков с отдельными пунктами малых размеров, которые часто встречаются на магистральных и городских железных дорогах, а также на метрополитенах.

В Швейцарии в декабре 2001 года на станции Кастриш железной дороги Rhdtische Bahn была внедрена разработанная компанией Siemens система МПЦ SIMIS W, которая построена на компактной базовой платформе SIMIS-ECC (ECC — Element Control Computer, компьютер управления напольными устройствами). Она относится к наиболее современному поколению систем, построенных по плану станции. Такие системы отличает возможность реализации очень крупных установок на узловых станциях. Они являются также эффективным решением для средних и малых станций. Их концепция предусматривает описание системы сигнализации и правил эксплуатации на конкретной железной дороге в программном обеспечении, которое требует однократного допуска к эксплуатации и интегрируется в МПЦ. Новая МПЦ SIMIS IS относится к другому классу систем — централизации, построенной по схеме маршрутных зависимостей.

В Северной Америке предпочтение отдается одноканальным системам, таким как WESTRACE и VPI, а также американской системе МПЦ Microlock, во многом схожей с последней. Это связано с тем, что железнодорожная сеть Северной Америки имеет меньшую плотность, и она меньше загружена, чем в Европе. Станции здесь значительно менее сложные.

Таким образом, за рубежом большое внимание уделяется требованиям безопасности систем централизации. При этом почти полностью исключаются

опасные отказы систем, а высокая эксплуатационная готовность ограничивает потребность во вмешательстве человека в процесс обеспечения безопасности.

Однако нельзя не упомянуть, что внедрение систем МПЦ не решило очень важную задачу. В 80-е годы, когда на зарубежных железных дорогах появились первые МПЦ, предполагалось, что применение компьютеров, по сравнению с релейной техникой, позволит снизить расходы за счет сокращения числа аппаратных средств и увеличения протяженности зон действия постов централизации. Опыт многих стран показывает, что уменьшения затрат с внедрением МПЦ добиться не удалось. В Германии исключения составляют проекты, в рамках которых происходило объединение нескольких станций в зону действия одной МПЦ, что позволяло сократить число персонала.

В других странах этот же результат был получен еще в 1960-х годах за счет внедрения телеуправления постами централизации. Там уже достаточно давно усилия были сконцентрированы на внедрении технических средств, позволяющих отказаться от линейного персонала на малых станциях, расположенных на протяженных линиях. Сначала для этого использовалась релейная техника, в дальнейшем — компьютер.

Среди причин отсутствия ожидаемого экономического эффекта от использования в МПЦ компактных современных компьютеров, в первую очередь, можно назвать следующие:

- недостаточный уровень компетентности поставщиков и заказчиков при формулировании требований к МПЦ;
- усложнение проверки программного обеспечения МПЦ по сравнению с реле;
- непрерывное сокращение длительности инновационных циклов, а потому быстрое старение аппаратных и программных средств, а также технологий.

Вместе с тем, в последние годы к системам МПЦ предъявляют и некоторые дополнительные требования. Соответствие нормам Европейского комитета по стандартизации в области электротехники (CENELEC) стало, по крайней мере в Европе, обязательным условием. Успех или неудачу системы централизации того или иного типа определяет сегодня экономическая эффективность, при расчете которой учитываются как инвестиции в систему, так и эксплуатационные расходы.

Микропроцессорные системы на подвижном составе

На подвижном составе в основном применяются микропроцессорные системы управления расходом топлива (впрыском), которые, однако, могут нести и дополнительные функции.

Так, современные дизельные двигатели компании Caterpillar имеют малый расход топлива и оптимальные параметры выхлопа за счет применения микропроцессорного управления впрыском для каждого из цилиндров и отдельной системы охлаждения наддувочного воздуха дизеля.

Дизели серии 4000 компании MTU (Германия) имеют системы впрыска компании L'Orange (Германия), обеспечивающие независимый контроль всех параметров, которые влияют на сгорание топлива. При этом учитываются такие параметры, как давление, время, период и доза впрыска.

На дизелях компании MAN (Германия) используется микропроцессорная система регулирования впрыска (EDC). За счет конструктивных изменений в самом дизеле давление впрыска было повышено до 1500 бар, что в сочетании с использованием форсунок с увеличенным числом отверстий позволяет улучшить распыление топлива и повысить точность регулирования момента впрыска.

Система EDC выполняет также функции электронной диагностики, которая необходима при техническом обслуживании и ремонте.

Второй распространенный тип микропроцессорных систем — комплексные системы управления дизелем. Например, MDEC для дизелей компании MTU (Германия), Quantum (Австрия) для дизелей компании Cummins (Австрия) обеспечивают точный контроль за всеми функциями и параметрами дизеля и управление ими для достижения оптимального эффекта. В них также реализованы основные функции системы диагностики и анализа изменения состояния дизеля.

Данные, характеризующие текущее состояние дизеля, передаются в ремонтные службы по радио и мобильной связи. Благодаря этому имеется возможность спланировать проведение ремонтных работ и подготовить необходимые инструменты и оборудование еще до прибытия локомотива в депо.

Микропроцессорная система управления расходом топлива, такая как Centry дизелей компании Cummins с программируемыми характеристиками для определенных условий приме-



Аппаратура обработки и регистрации данных POS/TG

нения, обеспечивает более точное регулирование дизеля и формирование кривых момента.

Микропроцессорные системы в путевом хозяйстве

Современные машины для ремонта и текущего содержания пути оснащаются микропроцессорной техникой, ЭВМ, лазерами, инфракрасными излучателями, робототехническими устройствами, что повышает их производительность и точность выполнения ремонтных операций. В первую очередь автоматизированные системы управления используются в вагонах-путеизмерителях и в высокопроизводительных выправочно-подбивочных машинах. Начинается широкое использование спутниковой связи для позиционирования путевых машин на рабочем объекте.

Так, вагон-путеизмеритель EM-SAT австрийской фирмы Plasser and Theurer будет оснащен спутниковой системой позиционирования, обеспечивающей привязку результатов измерения профиля пути к его пикетным отметкам с точностью не менее 5 мм. Потребная величина подъема и выправки пути вагона-путеизмерителя EM-SAT передается в компьютерную систему управления WINALC.

Качественный контроль состояния пути на всей сети железных дорог невозможен без точного измерения его геометрических параметров. В путевом хозяйстве Федеральных железных дорог Австрии (ЦБВ) для этого используется путеизмерительный вагон типа EM 250. Этот вагон оснащен интегральной инерционной системой бесконтактных измерений типа Arplanix POS/TG и, помимо контрольно-измерительной

аппаратуры, имеет компьютеризированную систему обработки и регистрации данных с помощью соответствующего технического и программного обеспечения, включая навигационную систему с GPS-поддержкой. Он обеспечивает высокую точность и повторяемость результатов измерений и регистрации геометрических параметров пути при движении со скоростью до 250 км/ч. Измерения охватывают положение пути в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а также профиль рельсов.

Измерительная система вагона EM 250 состоит из компьютерной сети, функционирующей в операционных средах Windows NT и UNIX и объединенной межсетевым протоколом TCP/IP со скоростью обмена данными 100 Мбит, а также периферийного оборудования, рассчитанного на 24 пользователя. Основой системы является главный компьютер EM1, который в реальном времени по специализированным каналам собирает информацию от подсистем, определяет источник ее поступления, хранит данные и передает их на другие рабочие места для визуализации.

Алфавитно-цифровую информацию, необходимую для функционирования вагона EM 250 (например, о заданном и фактически пройденном расстоянии), EM1 выводит на дисплей в операционном помещении. Все команды на распечатку информации проходят через вторичную сеть и сервер печати для поддержания нагрузки в сети сбора данных на возможно более низком уровне.

Результаты измерений отслеживаются и контролируются компьютером EM2, в функции которого входит пара-

метризация заданий, согласование заданного и фактически определенного расстояния (синхронизация по местоположению) и непрерывный мониторинг параметров, что необходимо для поддержания высокого качества уровня измерений.

Используется также стационарная вспомогательная база данных по инфраструктуре, работающая в автоматическом режиме (вмешательство оператора требуется только в экстренных случаях) и содержащая необходимую для синхронизации информацию о всех линиях и узлах, формирующих сеть ЦБВ, расстоянии между определенными пунктами, максимально допустимой скорости движения поездов и местоположении постов системы GPS. Текущая линейная база генерируется из общей базы данных по инфраструктуре для каждого конкретного цикла измерений и передается на вагон EM 250 по телекоммуникационной сети.

На автоматизированном рабочем месте EM2 анализируются результаты измерения геометрических параметров пути и износа рельсов, которые выводятся на дисплей, расположенный в помещении для презентаций, и здесь же одновременно распечатываются на четырех лазерных принтерах в формате А3. Эти данные позволяют лицам, несущим ответственность за текущее содержание пути и принимающим участие в измерительных поездках, немедленно знакомиться с документами и принимать в случае необходимости неотложные меры.

На автоматизированном рабочем месте EM-DB измеренные параметры с привязкой к обследуемому участку пути проверяются на точность определения местоположения; в случае необходимости вносятся необходимые коррективы. После проверки данные без вмешательства пользователя вводятся в базу данных по инфраструктуре по мере установления связи между вагоном EM 250 и внутренней сетью связи Intranet ЦБВ.

Такая связь между бортовой сетью вагона и сетью ЦБВ устанавливается бортовым устройством маршрутизации через быстродействующую беспроводную локальную коммуникационную сеть (LAN) при проходе определенных точек, распределенных по территории Австрии. Таким образом, результаты измерения параметров пути могут быть переданы в базу данных по инфраструктуре вечером того же дня. Кроме того, специалисты компьютерных цент-

ров ЦВВ, ответственные за выполнение программ текущего содержания пути, в свою очередь, через локальную сеть имеют доступ к бортовым автоматизированным рабочим местам путеизмерительного вагона для внесения изменений в эти программы.

Имеется также система видеонаблюдения с камерами, установленными по обоим концам вагона. Она получает информацию от бортового компьютера EM1 о точном местонахождении обозреваемого участка пути в данный момент. Генерируемую системой дополнительную визуальную информацию, содержащую картину ситуации на пути, можно в случае надобности использовать, например, для оценки состояния растительности или выявления недостаточной видимости в зонах переездов.

В последние годы на магистральных линиях Великобритании активно используют специальные путеизмерительные вагоны, предназначенные для регистрации параметров пути при движении с высокой скоростью.

Современные цифровые системы гарантируют британской железнодорожной администрации и компаниям, занимающимся текущим содержанием пути по контрактам, точное и детальное отображение параметров пути на бумажном носителе или дисплее компьютера. Такие системы регистрируют отклонения параметров пути в кривых продольного и поперечного профиля, что позволяет оперативно и с высокой точностью планировать необходимые работы.

Вагоны, оснащенные сложными измерительными устройствами, компьютерными системами с соответствующим техническим, программным обеспечением и интерфейсами, традиционно достаточно дороги. Однако в последнее время имеется выбор устройств для конкретных условий применения: от систем, предназначенных для установки на специально оснащенных, оборудованных разнообразной техникой инспекционных поездах, до не требующих присутствия специального персонала и технического обслуживания приборов, которые можно устанавливать на обычных поездах, находящихся в регулярной эксплуатации.

Последняя группа устройств представляет особый интерес, потому что значительные нарушения параметров пути могут появиться через несколько дней или недель после ремонта балластной призмы и подбивки, прежде чем путь займет стабильное положение.

Поскольку специальный вагон для записи параметров пути не появится на данном участке в течение нескольких месяцев, отсутствие у компании — исполнителя работ сведений о параметрах пути после ремонта не дает возможности достоверно судить о его качестве.

С практической точки зрения, достаточно ежедневно регистрировать несколько ключевых параметров, чтобы оперативно выявлять изменения состояния пути и судить об эффективности принятой на конкретных участках технологии текущего содержания. Своевременная информация об изменениях, ведущих, например, к оползанию насыпи, позволит вовремя предотвратить риск нарушения безопасности движения поездов.

С другой стороны, автоматические средства мониторинга плавности хода полезны для оценки уровня комфорта для пассажиров и его зависимости от состояния пути.

Эти соображения побудили компанию AEA Technology Rail (г. Дерби, Великобритания) разработать достаточно простую цифровую систему TrackMon. Измерительные устройства устанавливаются на раме тележки одного из вагонов графиковых поездов, регулярно обращающихся по определенному маршруту. Они связаны с вычислительным блоком, расположенным в салоне. Компьютер используется для регистрации и анализа поступающих данных и подготовки на их основе пригодной для практического использования информации о состоянии пути, которая по каналу радиосвязи передается в центральный компьютер для предоставления по требованию.

Британский путеизмерительный поезд, состоящий из трех вагонов типа Mk3, рассчитан на движение со скоростью 200 км/ч. Этот поезд оснащен контрольно-измерительной аппаратурой компании Reeves (США), обработка полученных данных выполняется с использованием программного обеспечения, разработанного компанией AEA. Для оценки состояния земляного полотна, верхнего строения пути и контактной сети предусмотрено использовать систему лазерного видеосканирования, связанную с цифровым программируемым устройством идентификации дефектов и недопустимых отклонений геометрических параметров. Все это оборудование компьютеризировано. Программное обеспечение системы, разработанное компаниями Cybernetics (Франция) и Ventec

(Германия), проходило оценочные испытания.

Изготовленный итальянской компанией MerMes путеизмерительный поезд Archimede для Итальянских железных дорог (RFI) в течение одного дня может обследовать 450 км пути, собирая на каждые 100 км пути 1 гигабайт информации. В состав бортового оборудования входят 57 компьютеров, 24 лазера и датчики для измерения таких характеристик, как скорость определения местонахождения поезда и температура.

В дефектоскопическом дизель-поезде (Германия) с помощью современной системы обработки данных результаты измерения совмещаются с путевыми метками и информацией о контролируемом участке. По результатам поездки можно с точностью до 10 см определить местонахождение видимых и невидимых дефектов. Кроме указанного метода определения мест расположения дефектов, применяется также система спутникового позиционирования, с помощью которой место дефекта можно определить с точностью до 1 м.

На современных путевых машинах расширяется применение систем автоматизированного контроля и управления. Например, в блоке памяти системы управления последних моделей выправочно-подбивочных машин фирмы Plasser and Theurer для стрелочных переводов и пересечений заложены последовательность и параметры всех необходимых операций, а в машинах для сварки рельсов автоматически регистрируются все уточненные данные для каждого сварного рельсового стыка, включая тип рельсов, участок перегона линии и характеристики сварочного процесса.

Поезд для перевозки на перегон и дозированной выгрузки в путь свежего балласта компании Herzog Contracting (США) оборудован автоматизированной системой контроля с использованием спутниковой связи и управляется одним оператором, находящимся либо в кабине машиниста локомотива, либо в автомобиле вблизи железнодорожной линии.

В Финляндии разработана универсальная путеукладочная машина TL50 с дистанционным радиоуправлением. Эта машина портального типа передвигается вдоль ремонтируемого пути на опорных гусеничных тележках. С ее помощью можно заменять как перегонные участки пути, так и стрелочные переводы.