

Предлагаем вниманию читателей окончание подборки статей по материалам III международной научно-технической конференции «Метрологическое обеспечение измерительных систем», проходившей 2–6 октября 2006 г. в Пензе.

Начало подборки см. «Измерительная техника» № 5, 2007 г.

681.3

Системы мониторинга технологических и производственных процессов промышленных предприятий

В. А. УВАРОВА, С. В. ХЛЫСТ, Р. М. РОЖЕНОК, Л. В. АРТЮХИНА

ООО Научно-производственное предприятие «Томская электронная компания»,
e-mail: npp@mail.nptec.ru

Рассмотрены задачи, возникающие при комплексной автоматизации производства. Даны характеристика и приведены примеры интеллектуальных средств измерений и контроля, информационно-измерительных систем, программно-технических комплексов, применяемых на предприятиях химической, горнодобывающей, нефтехимической, металлургической и нефтеперерабатывающей промышленности. Показан вариант реализации интегрированной системы управления производством.

Ключевые слова: системы контроля загазованности, системы учета нефти и газа, оборудование весоизмерения и весодозирования, управление производством, мониторинг.

Problem arising at complex automation of manufacture are considered. The characteristic is given and examples of intellectual measuring instruments and the control, information-measuring systems, the programmed-technical complexes applied at the enterprises of chemical, mining, petrochemical, metallurgical and a petroleum-refining industry are resulted. The variant of realization of the integrated control system of manufacture is shown.

Key words: gas contamination system, petroleum and gas stock-taking system, equipment of weight measurement and weight batching, production management, monitoring.

Измерительные системы (ИС) составляют основу функционирования автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и предприятиями (АСУ П), систем учета и контроля количества энергоносителей. Именно от оперативности, точности и достоверности измерительной информации зависит эффективность управленческих решений. Современные ИС позволяют реализовать оперативный мониторинг сложных технологических процессов и отличаются следующими основными особенностями:

распределенной многоуровневой структурой;
модульностью — функции измерения, нормирования, обработки, визуализации в ИС выполняют типовые модули, что позволяет легко конфигурировать систему;

«интеллектуальностью», которая достигается применением программируемых логических и промышленных контроллеров, использованием программно-математического обеспечения;

принципом проектной компоновки — архитектура построения ИС, количество уровней и измерительных каналов зависят от сложности объекта контроля и количества технологических параметров, подлежащих контролю;

использованием стандартных технологий связи, интерфейсов и протоколов. Это дает возможность упростить построение ИС и ее интегрирование с системами более высокого уровня;

наглядностью представления и простотой доступа к информации с помощью отображения результатов измерений на мнемосхемах SCADA-систем.

Ужесточение требований к качеству продукции приводит к повышению требований к «качеству» измерительной информации.

ООО Научно-производственное предприятие «Томская электронная компания» (НПП ТЭК) имеет 14-летний опыт создания приборов измерения, контроля, управления и разработки «под ключ» систем управления технологическими процессами. Среди новинок компании — измерительные преобразователи, системы «малой автоматизации», измерительно-вычислительные комплексы (ИВК), информационно-измерительные системы (ИИС).

Одним из важнейших направлений совершенствования ИС является повышение точности, быстродействия, надежности и стабильности метрологических и эксплуатационных характеристик первичных измерительных преобразователей.

лей. Датчики первыми воспринимают измерительную информацию в условиях вредного воздействия внешних дестабилизирующих факторов различного происхождения. Построение систем автоматического управления технологическими объектами, связанными с использованием токсичных и взрывоопасных сред, требует разработки новых способов и средств измерений, позволяющих контролировать параметры процессов и объектов с необходимой точностью.

Для обеспечения безопасности на взрыво- и пожароопасных объектах НПП ТЭК разработана серия модульных газосигнализаторов [1], предназначенных для непрерывного контроля довзрывоопасных концентраций горючих газов, паров легковоспламеняющихся жидкостей и их смесей категорий IIA, IIB, IIC групп T1, T2, T3, T4 по [2, 3] во взрывоопасных зонах помещений всех классов, наружных установках и открытых пространствах термохимическим и полупроводниковым способами в диапазоне температур от -60 до + 50 °C. Данные приборы позволяют измерять концентрации всех углеводородов, различных окислов, кислот, эфиров и растворителей. Модульный газоанализатор обеспечивает точечный контроль и построен по модульному принципу. Один газосигнализатор контролирует до 20 точек. Прибор состоит из интерфейсного блока, блоков сигнализации и детекторного блока (катализитического датчика). Контроль загазованности происходит периодически, при уменьшении концентрации менее 50 % нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР) датчик автоматически включается в непрерывную работу. Отличительные особенности серии модульных газосигнализаторов:

программно-задаваемые пороги срабатывания (порог 1, 2, авария), дискретные выходы, предназначенные для управления световой и звуковой сигнализацией и вентиляцией;

встроенные индикатор и клавиатура для отображения и задания параметров в реальном времени;

внутренний журнал аварий глубиной 50 записей по каждой аварии;

увеличенный срок службы изделия (до двух лет благодаря обеспечению стабильности токовых параметров сенсора и оригинальному программно-математическому обеспечению);

погрешность измерения не более $\pm 5\%$ НКПР;

цифровой интерфейс RS-485 с протоколом Modbus RTU;

малые габаритные размеры и невысокая стоимость;

система визуализации, выполненная в SCADA-системе (InTouch, Trace Mode, Win CC, A-Studio);

расстояние между блоками сигнализации и точкой контроля загазованности до 1000 м при сопротивлении каждой жилы не более 15 Ом.

Реализация в модульных газосигнализаторах интерфейса для передачи на компьютер верхнего уровня текущих значений загазованности предоставляет новые возможности при создании систем контроля, например объектов нефтедобычи: выдачу предаварийных событий, операторное наблюдение за изменением уровня загазованности, его прогнозирование и, как следствие, принятие оперативных мер по предотвращению аварийных ситуаций. Газосигнализаторы успешно функционируют на автозаправочных комплексах, в хранилищах нефтепродуктов, системах транспорта нефте- и газопродуктов, в котельных.

Контроллеры, управляемые встроенным программным обеспечением, являются интеллектуальным компонентом

ИС, позволяют реализовать сложные алгоритмы обработки исходных данных и повысить точность измерения параметров технологических объектов (как результатов косвенных измерений). При операциях учета газа, нефти и нефтепродуктов в настоящее время применяют государственные стандарты [4, 5], разработанные в соответствии со стандартами API (API — American Petroleum Institute). Данные нормативные документы предъявляют достаточно высокие требования к точности измерений объема и массы нефти.

Для использования в качестве системы обработки информации в составе систем измерений количества и показателей качества сырой и товарной нефти (СИКН) и систем учета газа НПП ТЭК разработаны ИВК «МикроТЭК» [6]. Такой комплекс представляет собой систему измерительных каналов — импульсных, частотных, аналоговых, — количество которых зависит от объекта и может наращиваться без останова процесса учета, вычислительного ядра, осуществляющего операции расчета и хранения учетных параметров, и средства отображения и задания параметров, при помощи которого устанавливают режимы работы СИКН.

Измерительно-вычислительный комплекс «МикроТЭК» является модульно-компонуемым и позволяет решить практически все задачи учета сырой и товарной нефти:

измерение сигналов и автоматическое вычисление объема и массы нефти массовым и объемно-массовым методами с точностью, необходимой для коммерческого учета в широком диапазоне температур (с применением в СИКН поточного плотномера и без него);

выдачу учетных параметров в систему верхнего уровня;

контроль метрологических характеристик рабочего преобразователя объемного и массового расходов по контролльному;

поверку преобразователя расхода по трубопоршневой поверочной установке и компакт-пруверу;

управление автоматическими пробоотборниками.

Уменьшить погрешность измерений расхода в ИВК «МикроТЭК» можно с помощью специальных программных средств: автоматической коррекции измеряемого расхода по текущим значениям температуры, давления, влажности, плотности, вязкости; автоматической коррекции зависимости коэффициента преобразования преобразователя расхода от частоты; измерения времени наработки расходомеров; контроля свободного газа в нефти; периодического контроля метрологических характеристик преобразователей объемного и массового расходов; контроля диапазона измерения расхода; автоматического регулирования по расходу и давлению.

Основные отличия ИВК «МикроТЭК» от известных аналогов: масштабируемость; высокая точность измерительных каналов; отсутствие дополнительной погрешности; исключение необходимости использования вторичной аппаратуры полевых датчиков; наличие терминального комплекса с выполнением функций АРМ-оператора.

При учете природного газа ИВК «МикроТЭК» обеспечивает измерение и вычисление объема в стандартных условиях и массы природного газа методом переменного перепада давления и с вихревого преобразователя расхода с вычислением коэффициента сжимаемости по аттестованным методам NX 19, GERG 91, AGA8-92DC и ВНИЦ СМВ.

Перечисленные выше возможности ИВК «МикроТЭК» позволяют гибко применять данный комплекс при решении

задач учета сырой и товарной нефти и газа с требуемой точностью, обеспечивая полную и достоверную передачу информации на все уровни систем добычи нефти и газа. Разработана методика поверки комплекса, в которой использованы стандартные эталоны, аттестованные методика выполнения измерений (ВНИИМС) и алгоритм вычислений (ВНИИР). Комплекс предназначен для применения на предприятиях нефтегазодобывающей, нефтегазоперерабатывающей и других отраслей промышленности, предприятиях транспорта и хранения нефти.

Информационно-измерительные системы решают задачу объединения данных об основных параметрах сложного технологического объекта с целью полного описания его текущего состояния. Функциями ИИС являются: измерение физических величин, характеризующих технологический процесс (объект), анализ измерительной информации (фильтрация, статистическая обработка, прогнозирование изменения параметров), обеспечение интерфейса оператора, сохранение и визуализация истории процесса, диагностирование состояния оборудования, управление сигнализацией. Разработка программного обеспечения для ИИС, систем управления технологическим процессом и в целом промышленным предприятием основана на использовании систем сбора данных и оперативного диспетчерского управления — SCADA-систем (Supervisory Control and Data Acquisition). В России применяются и имеют поддержку следующие SCADA-системы: InTouch (Wonderware), Cimplicity (GE Fanuc Automation), WinCC (Siemens), Delta V (Emmerson Process Mene), Factory Link (United States DATA Co.), Genesis WinCC (Siemens), RealFlex (BJ Software Systems), Trace Mode (AdAstra). Разработка ИИС связана с решением вопросов согласования и оптимизации метрологических характеристик средств измерений в измерительных каналах, унификации сигналов, рационального размещения данных на мониторе рабочей станции оператора.

Для предприятий металлургической промышленности НПП ТЭК разработаны ИИС GRANTEK, предназначенные для измерений, автоматического непрерывного контроля и визуализации параметров технологических процессов и выдачи сигналов. Система GRANTEK представляет собой проектно-компонуемую многоуровневую систему, построенную по иерархическому принципу. Измерительные преобразователи (и измерительные трансформаторы) выполняют измерение физических величин и их преобразование в унифицированный токовый сигнал (от 0 до 20 мА). Подсистемы контроля построены с применением комплексов программируемых логических контроллеров GE Fanuc. Сервер осуществляет архивирование информации, ее хранение и предоставляет данные рабочей станции для отображения отчетов по запросам оператора. Программным компонентом ИИС является SCADA-система Cimplicity (GE Fanuc). Информационно-измерительная система GRANTEK обеспечивает выполнение следующих основных функций:

измерение физических величин: температуры (масла, газа, жидкости); расхода (жидкости, газа); массовой концентрации компонентов в веществе; объемной доли компонентов в веществе; давления (газа, жидкости); разрежения (газа); активной мощности; реактивной мощности; силы электрического тока; электрического напряжения; уровня (жидких и сыпучих продуктов), — и обработку результатов;

непрерывный автоматический контроль, визуализацию указанных технологических параметров, индикацию аварийных значений и выдачу предупредительной сигнализации;

хранение (накопление) архивов о значениях параметров технологического процесса в специализированной базе данных;

формирование журналов аварийных событий;

защиту оборудования, программного обеспечения и данных от несанкционированного доступа на физическом и программном уровнях;

диагностирование и отображение состояния оборудования;

конфигурирование и настройку параметров ИИС;

ведение системы единого времени;

передачу данных в локальную сеть предприятия.

В настоящее время объектами эксплуатации ИИС являются рудно-термические печи открытого типа. Дальнейшая работа связана с созданием измерительно-управляющей системы для управления электрическими режимами печи с целью оптимизации протекания технологического процесса. Разработка интеллектуальных АСУ ТП отдельных объектов и участков является основой для построения единой интегрированной системы управления металлургическим производством [7]. Система GRANTEK может применяться и в других отраслях промышленности, например нефтехимической. Структура системы, количество уровней и измерительных каналов определяются особенностями технологического объекта (процесса).

Необходимость управления производством в условиях динамичного рынка материальных и сырьевых ресурсов, устойчивая тенденция повышения цен требуют от производителей различных отраслей промышленности уделять больше внимания внедрению систем учета сырьевых и материальных потоков, оперативного управления производством. Решение проблемы комплексного учета должно приводить к созданию и внедрению интегрированной информационной системы управления производством — систем с установленным обозначением MES (Manufacturing Execution Systems — производственные исполнительные системы). Назначение ERP-систем (Enterprise Resource Planning — управление ресурсами предприятия) — планирование и управление ресурсами предприятия. Они необходимы для осуществления продаж, производства, закупок и ограничиваются стратегическим планированием. Для оперативного планирования и управления производством, оптимизации производственных процессов и ресурсов, контроля и диспетчеризации выполнения планов с минимизацией затрат служат производственные исполнительные системы. При комплексной автоматизации предприятия следует одновременно искать решения для трех взаимосвязанных уровней управления: ERP, MES и АСУ ТП. Системы MES обеспечивают управляющий персонал предприятий всех уровней оперативной информацией о сырьевых затратах и запасах, на основе которой принимаются эффективные решения по управлению затратным механизмом в части формирования себестоимости и планирования производственной деятельности. Томская электронная компания имеет опыт реализации таких систем для предприятий горнодобывающей и металлургической промышленности на базе комплексного использования технологического оборудования весодозирования и весоизмерения (см. рисунок).

Для обеспечения заданных производственных показателей (качества продукции, производительности, себестоимости

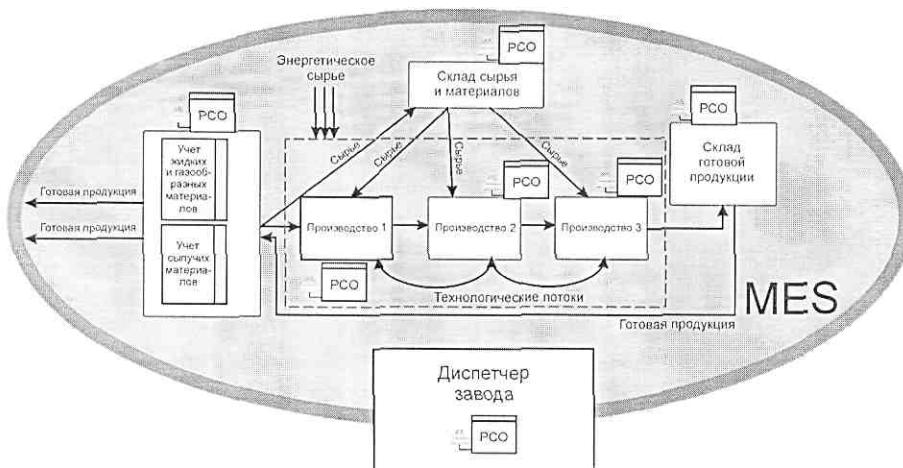


Схема реализации комплексного учета сырья и материальных потоков

ности, энергосбережения и т. д.) требуется точная и оперативная информация, которую посылают на верхний уровень измерительные системы. Номенклатура разработанных и поставляемых компанией средств измерений и контроля представляет собой полный программно-технический комплекс, позволяющий решать широкий спектр технологических задач по весодозированию, весовому контролю и учету сыпучих и жидкких компонентов.

Архитектура разрабатываемых НПП ТЭК систем имеет трехуровневую иерархию. На нижнем уровне находятся локальные посты контроля и управления, обеспечивающие полный набор функций по заданию параметров, измерению, учету и управлению технологическим оборудованием и включающие: дозаторы объемные и весовые непрерывного и дискретного действия (конвейерные, бункерные, дозаторы жидкостей и газов для систем налива из емкостей); «системы малой автоматизации» — контроллер взвешивания КВ-03, предназначенный для работы со всеми типами весового и дозирующего оборудования; системы управления СД-01, -02, -03, применяемые для непрерывного и дискретного дозирования, а также для создания автоматизированных рабочих мест весовщиков.

К основным особенностям и преимуществам выпускаемого оборудования относятся:

полный набор функций по заданию параметров взвешивания, дозирования, управления, в том числе для конвейерных и бункерных дозаторов;

реализация гравиметрического или объемометрического режимов;

возможность работы в группе с поддержанием заданной производительности и обеспечением высоких метрологических характеристик (0,5—1 % относительной погрешности);

сбор сигналов с датчиков дозатора или весового устройства без дополнительных промежуточных вторичных преобразователей.

На среднем уровне — рабочие станции терминалных комплексов с функцией визуализации технологического процесса в виде мнемосхем, отображения трендов аналоговых параметров, ведения журналов событий и аварий, а также вывода на печать необходимых сводок и отчетов. На верхнем уровне функционируют технологические серверы и сервер базы данных, которые осуществляют обмен информацией с постами контроля и управления по интерфейсу

Ethernet, протоколу ModBus TCP/IP; преобразование протокола ModBus TCP/IP в интерфейс OPC и протокол SuiteLink SCADA-системы InTouch; передачу информации на цеховые операторские станции и на сервер базы данных предприятия.

Системы класса MES позволяют объединять результаты учета с информацией о других параметрах производственной деятельности и формировать интегрированные производственные показатели: удельное потребление используемых ресурсов, распределение фактического потребления по отчетным периодам, отклонения от норм потребления, их взаимосвязь с фактическими технологическими режимами и др. MES-системы обеспечивают непрерывность информационного обмена между всеми уровнями управления производством и

поддерживают производственную деятельность предприятия в режиме реального времени.

Все разработки и проекты НПП ТЭК в настоящее время ориентированы на позиционирование их функционирования именно в структурах таких систем. Среди заказчиков НПП ТЭК — Аксуский и Актюбинский заводы ферросплавов, Братский и Красноярский алюминиевые заводы, Первоуральский динабовый завод, Томский нефтехимический комбинат, Челябинский электрометаллургический комбинат, Нижне-Тагильский металлургический комбинат и др. Все средства измерений, разработанные НПП ТЭК, внесены в Государственные реестры РФ и Республики Казахстан.

Внедрение на промышленных предприятиях ERP-, SCADA-, MES-систем обеспечивает сквозную поддержку жизненного цикла продукции [6], позволяет повысить конкурентоспособность предприятия за счет сокращения затрат, сроков вывода новых образцов на рынок и повышения качества продукции.

Л и т е р а т у р а

1. Роженок Р. М., Хоперский К. Н. // Мир измерений. — 2006. — № 10. — С. 92.
2. ГОСТ Р 51330.5—99 (МЭК 60079-5—97). Электрооборудование взрывозащищенное. Ч. 4. Метод определения температуры самовоспламенения.
3. ГОСТ Р 51330.11—99 (МЭК 60079-12—78). Электрооборудование взрывозащищенное. Ч. 2. Классификация смесей газов и паров с воздухом по безопасным экспериментальным максимальным зазорам и минимальным воспламеняющим токам.
4. ГОСТ Р 8.615—2005. ГСИ. Измерения количества извлекаемой из недр нефти и нефтяного газа. Общие метрологические и технические требования.
5. ГОСТ Р 8.595—2004. ГСИ. Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений.
6. Роженок Р. М. // Автоматизация в промышленности. — 2006. — № 6. — С. 38.
7. Светличный А., Лейковский К. // Современные технологии автоматизации. — 2006. — № 3. — С. 18.
8. Норенков И. П. Информационная поддержка научно-технических изделий. CALS-технологии. — М.: МГТУ им. Баумана, 2002.

Дата одобрения 19.01.2007 г.