

Применение открытых модульных систем автоматизации для предприятий подземной угледобычи

А. И. Благодарный, О. З. Гусев, Л. С. Каратышева, В. В. Колодей,
Э. Г. Михальцов, Г. П. Чейдо, Р. А. Шакиров, С. Р. Шакиров

Конструкторско-технологический институт вычислительной техники СО РАН, 630090, Новосибирск, Россия

Одним из путей увеличения производительности труда и эффективности использования оборудования является повышение уровня автоматизации производства за счет внедрения систем, построенных на современной элементной базе на основе достижений информационных технологий. Однако в большинстве случаев модернизация производства осуществляется поэтапно, поэтому вместо единой АСУ ТП предприятие получает несколько разрозненных несовместимых друг с другом аппаратно-программных комплексов, эксплуатация которых затруднена, а монтаж и обслуживание обходятся более дорого. Избежать подобных проблем позволяет применение открытых модульных систем, поскольку каждая из них может использовать отдельные части уже работающих на предприятии систем. Описаны два аппаратно-программных комплекса, интегрированных в единую систему автоматизации, в функции которой входят контроль и управление шахтными ленточными конвейерами, мониторинг местоположения персонала, а также оповещение и поиск людей, застигнутых аварией.

Ключевые слова: АСУ, открытые системы, горная промышленность, ленточные конвейеры, аварии в шахтах, мониторинг местоположения персонала.

One of the ways to increase productivity and efficiency of equipment is to raise the automation level of factory through the introduction of systems based on modern element basis subject to the latest achievements of information technology. But in most cases the modernization of factory occurs in discrete steps, as a result of that process instead of a single industrial control company acquire several different and incompatible with each other hardware and software packages, which have operation troubles and installation and service are more expensive. The use of open modular systems makes it possible to avoid similar problems due to the fact that each newly-mounted system can use parts of systems already working in the factory. The article contains description of two hardware-software complex, integrated into a single automation system, which is responsible for monitoring and control of mining conveyor belts, monitoring the location of staff, as well as alert and search for people trapped in the accident.

Key words: Automatic control system, open systems, mining industry, belt conveyor, mine accident, on-line monitoring of staff location.

Введение. В настоящее время в России, несмотря на сокращение количества действующих шахт и численности рабочих, наблюдается увеличение объемов добычи угля подземным способом [1]. Это обусловлено введением в эксплуатацию на горнодобывающих предприятиях нового высокопроизводительного проходческого и очистного оборудования, что, в свою очередь, приводит к увеличению нагрузки на транспортные системы, доставляющие уголь на поверхность, в частности на ленточные конвейеры, которыми оснащено большинство отечественных шахт. В такой ситуации невозможно обойтись без систем автоматизированного управления, которые должны обеспечивать максимальную производительность транспортных систем за счет оптимизации режимов работы и уменьшения времени простоев оборудования. В то же время на фоне увеличения добычи в угольной отрасли России ухудшилась ситуация в области охраны труда и техники безопасности. Например, за период с 2001 г. по 2007 г. количество случаев смертельного травматизма увеличилось на 84 %, причем травмирование людей со смертельным исходом происходит в основном в подземных условиях [2]. Одними из основных причин гибели людей на предприятиях подземной угледобычи являются несвоевременное оповещение шахтеров о произошедшей аварии, а также отсутствие у горноспасателей информации о фактическом местоположении горняков в момент аварии.

Большинство отечественных шахт до сих пор используют оборудование и средства автоматизации, разработанные в 60-х годах XX в. и не позволяющие эффективно решать поставленные задачи. В частности, в настоящее время широко применяются аналоговые комплексы автоматизированного управления конвейерами АУК.1М, которые физически и морально устарели и из-за своих низких эксплуатационных качеств значительно уменьшают производительность шахт. Аналогичная ситуация с системами безопасности: для оповещения персонала шахты об аварии используются кратковременное отключение электроэнергии, проводная и высокочастотная радиосвязь и даже ароматическая сигнализация по вентилируемым каналам. Ни один из этих методов не способен дать информацию о местоположении застигнутых аварией горнорабочих. Только с появлением мощных персональных компьютеров, производительных программируемых микроконтроллеров, высокоскоростных каналов связи, а также с развитием программных средств и их выходом на принципиально новый уровень у разработчиков появилась возможность создавать системы, способные эффективно решать указанные задачи.

1. Общее описание систем. Для оперативного комплексного управления шахтными конвейерами, а также для определения местонахождения персонала и оповещения людей об авариях в Конструкторско-технологическом институте вычислительной техники СО РАН разработаны автоматизированная система контроля и управления ленточными конвейерами (АСКУ ЛК) [3] и система наблюдения и оповещения персонала (СНиОП) [4], построенные на принципах современных информационных технологий и в совокупности способные решать следующие задачи:

- централизованное управление (в автоматическом и ручном режимах) от автоматизированного рабочего места (АРМ) диспетчера комплексом конвейеров и технологических систем с отображением основных параметров на мониторе;
- оперативное изменение диспетчером маршрутов транспортировки угля;
- управление пуском электродвигателей конвейеров;
- управление звуковой и световой сигнализацией (предупреждение перед пуском (остановкой) конвейера);
- контроль датчиков экстренной и аварийной остановки конвейеров;
- контроль скорости ленточного полотна;
- контроль температуры подшипников двигателей;
- управление перегруженным радиальным конвейером;
- автоматическая регистрация входа персонала в шахту и снятие регистрации при выходе из шахты с возможностью взаимодействия с системой автоматизации табельного учета персонала;
- непрерывный контроль местоположения персонала;
- оперативное формирование и отображение на дисплее АРМ диспетчера информации о маршруте следования персонала;
- оперативная выработка и исполнение управляющих решений, направленных на обеспечение спасения персонала, застигнутого аварией;
- удобное эргономичное отображение в диспетчерских пунктах информации о текущей дислокации персонала;
- подача световой и звуковой сигнализации в аварийных и предаварийных ситуациях персоналу шахты, застигнутому аварией (групповое и персональное оповещение);
- своевременное формирование и предоставление персоналу горных спасателей документов о дислокации персонала шахты, застигнутого аварией;
- оснащение команды горных спасателей мобильными средствами поиска людей, застигнутых аварией в условиях задымленности и, вероятно, заваленных породой, с сохранением времени обнаружения с возможностью последующего сохранения информации в базе данных;
- ведение журнала событий с сохранением информации за смену, сутки, месяц, год.

АСКУ ЛК функционально можно разделить на две части: подземную (нижний уровень), обеспечивающую контроль, управление и сбор информации от различных технологических объектов шахты, и наземную (верхний уровень), выполняющую функции центрального вычислительного комплекса и рабочего места оператора (диспет-

чер). Вследствие большой протяженности и разветвленности объекта контроля и управления нижний уровень АСКУ ЛК реализован по принципам распределенной системы автоматики и открытой модульной структуры и представляет собой набор специализированных микропроцессорных устройств для сбора данных и управления исполнительными механизмами, размещаемыми вдоль конвейеров. Состав и количество функциональных устройств зависят от конкретного объекта контроля и управления горной выработки. Данный способ организации системы позволяет избежать многих недостатков (например, ограничение по количеству подключаемых конвейеров, датчиков и по расстоянию обслуживания, невозможность модифицировать состав оборудования и т. п.), присущих системам, построенным на основе релейных или электронных схем с жесткой логикой, а также применять данную систему для автоматизации практически всего оборудования шахты включая подземные распределительные устройства, вентиляционное оборудование, устройства контроля загазованности и т. д.

СНиОП также построена по двухуровневому иерархическому принципу с разделением как по функциям, так и по местоположению на верхний (наземный) и нижний (подземный) уровни. Подсистема верхнего уровня обеспечивает диспетчерский контроль и ведение баз данных, а подсистема нижнего уровня осуществляет сбор и передачу на верхний уровень данных о местоположении персонала шахты и транслирование сигналов оповещения об аварии.

Несмотря на то что СНиОП создавалась на несколько лет позднее АСКУ ЛК и выполняет другие функции, вследствие применения единых технических решений и универсального программного обеспечения обе системы имеют общую подсистему верхнего уровня и используют единую сеть передачи данных нижнего уровня. Кроме того, АСКУ ЛК и СНиОП должны удовлетворять следующим требованиям:

- высокая надежность при работе в шахтах, опасных по метану и угольной пыли;
- гибкость при настройке и конфигурировании на объекте;
- открытость для развития и подключения других систем и оборудования;
- обеспечение высокой эффективности работы диспетчеров и простоты в обслуживании.

2. Состав оборудования нижнего уровня. Центральным звеном подземной части оборудования АСКУ ЛК является "интеллектуальный" блок – устройство цифрового автономного универсального контроллера (УЦАУК), предназначенное для контроля и управления одним или несколькими ленточными конвейерами с возможностью приема (передачи) информации на АРМ диспетчера или другому контроллеру.

УЦАУК имеет следующие технические характеристики:

- 16 дискретных входов, способных работать с выходами типа "сухой контакт";
- 15 аналоговых входов с диапазонами измерений постоянного тока $0 \div 20$ мА и $4 \div 20$ мА;
- 16 релейных выходов (до 60 В, 0,5 А);
- 4 входа от датчиков заштыбовки (диапазон измерения сопротивлений равен $60 \div 600$ кОм);
- 2 частотных входа с диапазоном измерения частоты $0 \div 50$ Гц.

УЦАУК способно работать как в сети центрального диспетчерского пункта в режиме дистанционного управления от АРМ диспетчера, так и автономно в режиме местного управления, так как снабжено клавиатурой, ЖК-дисплеем и светодиодной индикацией.

В случае если конвейер имеет достаточно большую длину и соответственно большое количество датчиков и исполнительных механизмов, совместно с УЦАУК могут применяться модули удаленного ввода-вывода, предназначенные для сбора и обработки информации от удаленных датчиков или групп датчиков, управления удаленными исполнительными механизмами, обмена данными по сети с управляющим контроллером и расширения управляющего контроллера по количеству сигналов ввода-вывода. Разработано четыре различных модуля удаленного ввода-вывода:

- устройство сопряжения с датчиками (УСД), имеющее 12 дискретных входов, работающих с выходами типа "сухой контакт";
- устройство сопряжения с исполнительными механизмами (УСИМ), формирующее 12 дискретных управляющих сигналов на исполнительные механизмы;
- устройство сопряжения с тахогенератором (УСТГ), измеряющее две скорости ленточного полотна;

– устройство датчика заштыбовки (УДЗ), осуществляющее контроль уровня заполнения пересыпного бункера или контроль уровня воды и имеющее один выход типа "сухой контакт".

Все модули удаленного ввода-вывода (за исключением УДЗ) имеют последовательный интерфейс связи RS-485. В отличие от стандартной реализации сети многоточечной конфигурации, при которой все устройства подключаются к одной витой паре, в рассматриваемом случае каждый модуль выполняет функцию ретранслятора сигнала. Это позволяет повысить скорость обмена данными между устройствами, а также снять ограничения на количество подключаемых модулей и длину сети, что особенно важно вследствие большой протяженности и разветвленности объекта контроля и управления. Например, длина одного лишь ствольного ленточного конвейера может достигать нескольких километров, в то время как стандарт RS-485 налагает ограничение на максимальную длину линии связи в пределах одного сегмента сети в 1200 м. Каждому устройству присвоен постоянный адрес обращения, обмен данными происходит по протоколу ModBus RTU. УЦАУК формирует посылки в линию связи, состоящие из адреса устройства и необходимой для него информации (команды управления или команды запроса). Приняв данные, устройство формирует и передает ответное сообщение.

Основой подсистемы нижнего уровня СНиОП являются стационарные радиоконтроллеры, устанавливаемые в узловых точках шахты, и радиочастотные модули радиомаяков (радиометок), встроенные в светильники шахтеров, устанавливаемые на касках. Радиоконтроллер (РК) состоит из блока приемопередатчика и приемопередающей антенны и предназначен для построения систем передачи данных по радиоканалу. Ядром блока приемопередатчика является 8-битный AVR-микроконтроллер ATmega128 фирмы "Atmel", программным обеспечением которого определяется алгоритм работы РК. Внешним радиочастотным устройством для микроконтроллера является однокристалльный трансивер AT86RF211, обеспечивающий скорость передачи данных по радиоканалу до 64 кбит/с. Применяемые антенны зигзагообразного типа позволяют реализовать хорошие характеристики при небольших габаритах, достаточно просты в изготовлении и настройке, обладают хорошей повторяемостью параметров при их производстве. Для связи с АРМ диспетчера РК имеет два порта последовательного интерфейса RS-485.

Радиометка (РМ), собранная на основе 8-битного AVR-микроконтроллера ATmega48 и однокристалльного трансивера AT86RF211 фирмы "Atmel", встраивается в сигнализатор метана СМС-7 (светильник головной взрывобезопасный) производства ПО "Электроточприбор" (Омск). Питание поступает от аккумуляторной батареи светильника через электронное предохранительное устройство головного светильника, чем обеспечивается искробезопасность модуля РМ. РМ выдает звуковой и световой сигналы аварийного оповещения либо адресного вызова. Сигналы с модуля РМ имеют приоритет перед внутренними сигналами сигнализатора (обрыв датчика, превышение установленного порога уровня содержания метана). Каждая РМ имеет уникальный идентификационный номер, записанный в память микроконтроллера. Поскольку головные светильники являются индивидуальным оборудованием, каждый номер, за исключением резервных, однозначно соответствует фамилии и должности работника шахты.

Приемопередатчики РК и РМ используют радиоканал с центральной частотой 868 МГц и частотной модуляцией несущей (девиация 50 кГц). Дальность действия радиочастотных каналов "метка – радиоконтроллер" составляет 350 м в режиме оповещения и 20 м в режиме наблюдения. РК устанавливаются в шахтах таким образом, чтобы в режиме оповещения зона радиопокрытия охватывала все пространство горных выработок, в которых могут находиться люди.

В режиме наблюдения в зоне действия каждого РК образуется беспроводная информационная "микросеть", в которой все "абоненты" (РМ) общаются с "сервером" (РК) по одному радиоканалу в полудуплексном режиме. В таких случаях обычно используют технологии множественного доступа либо с контролем несущей и обнаружением коллизий (CSMA-CD – Carrier-Sense Multiple Access with Collision Detection), либо с разделением по времени (TDMA – Time Division Multiple Access). В первом случае, если во время передачи пакета информации РМ обнаруживает сигнал, передаваемый другой РМ, она останавливает передачу и ждет в течение случайного промежутка времени, прежде чем вновь начать передачу данных (такая технология нашла широкое применение в сетях типа Ethernet). Во втором случае все РМ используют разные временные слоты (интервалы) для передачи данных, т. е. каждой РМ предоставляется полный доступ к интервалу частоты в течение короткого периода времени (такая тех-

нология используется в сетях мобильной телефонной связи). На первый взгляд TDMA кажется более предпочтительной, так как гарантирует доставку пакетов данных от всех РМ, находящихся в зоне действия данного РК, за определенный промежуток времени, в то время как CSMA-CD при большом количестве абонентов гарантировать этого не может. В рассматриваемом случае на практике более эффективным оказалось применение технологии CSMA-CD, так как одновременно в зоне действия одного РК количество РМ не превышает двадцати, несмотря на то что общее количество РМ на предприятии может достигать нескольких тысяч.

В режиме оповещения также используется радиоканал с центральной частотой 868 МГц, различие заключается в том, что все РК непрерывно с заданной периодичностью посылают в эфир сигнал о возникновении аварийной ситуации, а все РМ работают исключительно в качестве приемников (симплексный режим).

В качестве мобильного средства поиска людей, застигнутых аварией, в том числе оказавшихся под завалами, используется переносная версия РК с узконаправленной антенной и жидкокристаллическим экраном. Испытания показали, что РМ уверенно обнаруживается в сыром угле на глубинах до 4 м.

Для объединения технологического оборудования в единую сеть передачи данных используется многопортовый сетевой коммутатор (МСК), основной функцией которого является преобразование пакетов данных из интерфейса RS-485 в Ethernet 10/100 и наоборот. МСК имеет 8 независимых интерфейсов RS-485 и три дублированных оптических канала связи Ethernet 10/100, которые удовлетворяют требованиям стандарта IEEE 802.3 Industrial Ethernet и обеспечивают связь по многомодовому оптоволоконному кабелю без активного усилителя на расстоянии до 2000 м со скоростью передачи данных до 100 Мб/с. Использование для передачи данных оптоволоконного кабеля позволяет получить высокую помехозащищенность линии от электромагнитных помех. Кроме того, каждый канал имеет дублирующую (резервную) линию связи, проложенную другим путем. Целостность линий связи автоматически проверяется МСК. В случае обрыва линии по резервному каналу передается сообщение о неисправности сети, а работа сети продолжается в обычном режиме по резервной линии.

В состав оборудования также входит источник бесперебойного питания шахтный (ИБПШ), предназначенный для бесперебойного энергоснабжения электротехнических устройств, расположенных в подземных выработках шахт, опасных по метану и угольной пыли. ИБПШ преобразует напряжения 36 и 127 В из двух имеющихся в шахтах сетей переменного тока с частотой 50 Гц в постоянное искробезопасное напряжение 14 В. Сети 36 В и 127 В дублируют друг друга – работа возможна при наличии напряжения в двух сетях одновременно или в одной из них. Для обеспечения бесперебойного питания при пропадании напряжения в обеих сетях в состав блока входит необслуживаемый герметизированный свинцово-кислотный аккумулятор, автоматически подключающийся к выходу. Для контроля работы ИБПШ предусмотрен битовый интерфейс: два выхода типа "сухой контакт", обеспечивающие мониторинг состояния аккумуляторной батареи, и один вход для дистанционного выключения блока питания.

Устройства обеих систем имеют следующие виды защиты: от неправильного подключения полярности источника питания, от перенапряжения по входу, от короткого замыкания по выходу, от перегрузки по току нагрузки, от перенапряжения по выходу, от выбросов напряжения при индуктивной нагрузке, от короткого замыкания клемм порта RS-485. Также, поскольку 85 % отказов в системах автоматизации приходится на долю линий связи датчиков и исполнительных устройств [5], во всех устройствах предусмотрена аппаратная диагностика короткого замыкания или обрыва в линии подключения датчиков.

Все оборудование нижнего уровня выполнено во взрывобезопасном и ударопрочном исполнении и полностью соответствует требованиям документов по безопасности, надзорной и разрешительной деятельности в угольной промышленности [6, 7]. Входные (выходные) цепи каналов связи имеют вид взрывозащиты "искробезопасная электрическая цепь ia". Искробезопасность обеспечивается гальванической развязкой электрических цепей и цепей питания электронных схем, а также применением схем, обеспечивающих ограничение мощности возможной искры за счет ограничения тока короткого замыкания. АСКУ ЛК и СНИОП сертифицированы в Межотраслевом органе сертификации "Сертиум" (Москва) и имеют разрешение Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору на применение в рудниках и угольных шахтах, в том числе опасных по газу и пыли.

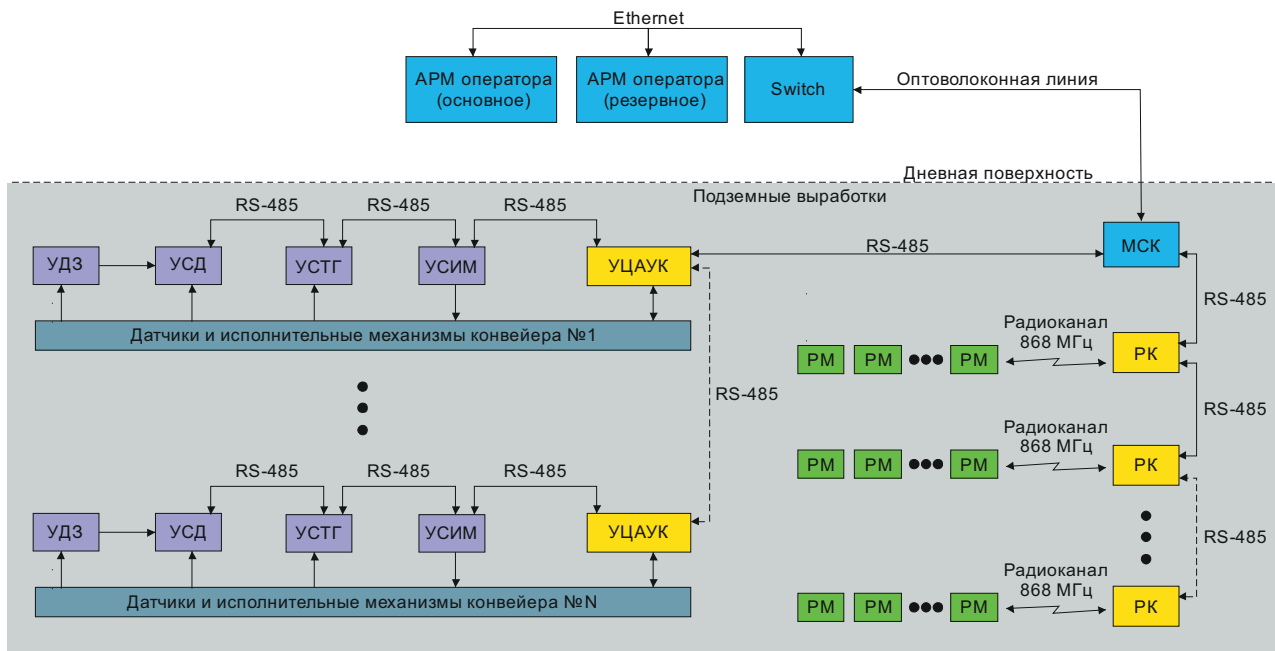


Рис. 1. Структурная схема АСКУ ЛК и СНиОП

3. Состав оборудования верхнего уровня. Подсистема верхнего уровня состоит из нескольких автоматизированных рабочих мест оператора, объединенных в локальную вычислительную сеть (ЛВС) через сетевой разветвитель (Switch или Hub), который должен иметь оптические входы для подключения к МСК. АРМ диспетчера представляет собой программное обеспечение интерфейса оператора и базы данных, работающее под управлением сетевой многозадачной операционной системы реального времени (ОСРВ) QNX 4.25 на персональном компьютере (ПК). ОС QNX отличается наиболее высоким уровнем надежности [8], а также наименьшим среди всех ОСРВ временем переключения между задачами [9]. В качестве сетевого протокола ЛВС используется протокол Ethernet Qnet ОС QNX, который не только обеспечивает быстрый и надежный сетевой обмен данными, но и реализует полнофункциональный удаленный доступ на любой ПК или контроллер ЛВС. Обмен данными с устройствами нижнего уровня по оптоволоконной линии через МСК осуществляется на основе транспортного протокола UDP стека протоколов TCP/IP. На рис. 1 приведена схема АСКУ ЛК и СНиОП.

4. Программное обеспечение. Программное обеспечение (ПО) включает ПО наземного вычислительного комплекса и ПО оборудования нижнего уровня. ПО оборудования нижнего уровня управляет работой микропроцессорных устройств и записывается в память микроконтроллеров этого оборудования на стадии изготовления. Программное обеспечение верхнего уровня функционирует на рабочих станциях (АРМ диспетчеров) и в иерархическом плане подразделяется на два подуровня: уровень АРМ и уровень драйверов. ПО уровня драйверов включает программу драйвера и вспомогательные буферные программы обмена данными. ПО уровня АРМ состоит из программы интерфейса оператора, программы базы данных и аналогичных ПО уровня драйверов вспомогательных буферных программ обмена данными.

Все особенности алгоритмов обмена данными с устройствами подсистемы нижнего уровня учитываются только в драйверах. Драйверы преобразовывают считанную информацию в определенную стандартную форму для передачи в ПО подсистемы верхнего уровня. Количество данных, характеризующих текущее состояние контролируемого драйвером технологического оборудования, определяется только текстовым конфигурационным файлом, который считывается драйвером при его запуске. Таким образом, программа драйвера определяется только типом устройства подсистемы нижнего уровня и не зависит от состава контролируемого технологического оборудования. Основное назначение буферных программ – предотвращение блокирования драйверов по операциям обмена

данными с подсистемой верхнего уровня, что обеспечивает работу драйверов в режиме жесткого реального времени. Дополнительно буферные программы обеспечивают распараллеливание потоков данных о состоянии технологического оборудования на все подключенные АРМ оператора.

Вспомогательные буферные программы уровня АРМ выполняют те же функции, что и буферные программы уровня драйверов, а именно предотвращение блокирования программ интерфейса оператора и базы данных по операциям обмена данными для обеспечения работы в режиме жесткого реального времени. Вторая функция вспомогательных буферных программ – распараллеливание сообщений о действиях персонала для записи в базы данных всех АРМ оператора, входящих в состав ЛВС, что обеспечивает идентичность содержимого всех баз данных.

В ПО АСКУ ЛК и СНИОП исполь-

зуются две системы кодирования данных состояния и сигналов управления объектами технологического оборудования: кодирование в ПО подсистемы нижнего уровня и кодирование в ПО подсистемы верхнего уровня. Кодирование сигналов в ПО подсистемы нижнего уровня отличается большей компактностью, что позволяет существенно улучшить сетевой трафик. Кодирование сигналов в ПО подсистемы верхнего уровня является менее компактным, однако предполагает распределение совокупности сигналов состояния оборудования по некоторым объектам, каждый из которых обладает специфическими функциями обработки данных. Указанная система кодирования сигналов позволяет использовать объектно-ориентированное программирование и тем самым повысить надежность ПО, а также уменьшить временные затраты на обработку поступающих данных. Общая структура ПО АСКУ ЛК показана на рис. 2.

Программное обеспечение АСКУ ЛК было спроектировано как территориально распределенная корпоративная вычислительная IP-сеть на основе стека протоколов TCP/IP. Обмен данными между узлами корпоративной сети организует подсистема телекоммуникаций, в состав которой на каждом узле корпоративной сети входят две программы: server и client. Программное обеспечение каждого узла корпоративной сети организовано как локальная вычислительная сеть, называемая также технологической сетью. В состав технологической сети входят АРМ операторов (рабочие места) подсистемы верхнего уровня и контроллеры подсистемы нижнего уровня.

Программа интерфейса оператора (PH_ОТТ на рис. 2) – единственная программа ПО подсистемы верхнего уровня, которая подлежит модификации и настройке при разработке конкретного проекта АСУ ТП. Основными функциями программы являются: 1) отображение на экране монитора состояния объектов технологического оборудования с помощью выбранной системы графических знаков; 2) удаленное управление объектами технологического оборудования через подачу команд управления оператором; 3) автоматическое управление объектами технологического оборудования по заранее заданным алгоритмам; 4) контроль входа персонала в систему и выхода из нее.

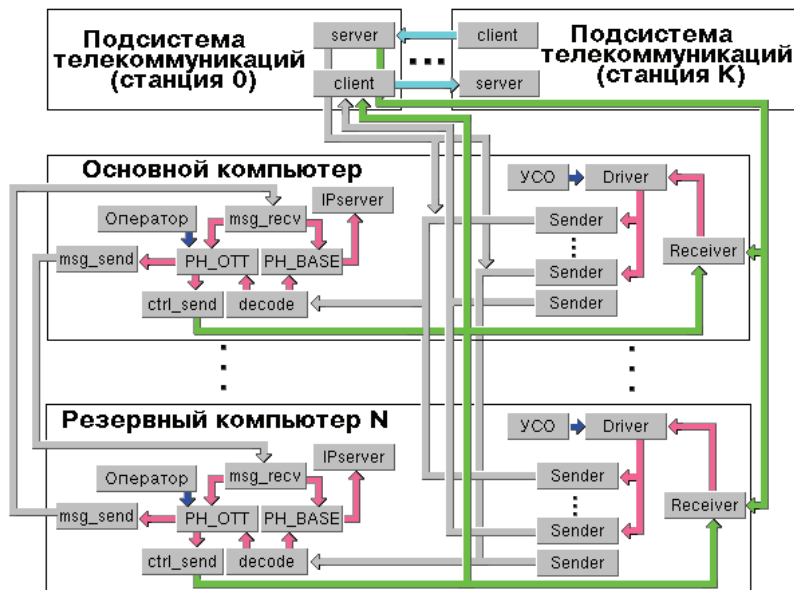


Рис. 2. Структура ПО верхнего уровня АСКУ ЛК и СНИОП:

стрелки голубого цвета – направления обмена данными между программами подсистемы телекоммуникаций; стрелки розового цвета – межадачный обмен данными через кольцевые буферы в разделяемой оперативной памяти; стрелки серого цвета – межадачный обмен на основе системного механизма SEND – RECEIVE; стрелки зеленого цвета – пути передачи сигналов управления технологическими объектами; стрелки синего цвета – входы от оператора и устройств сопряжения с объектами

Для построения графической части программы интерфейса оператора используется системный построитель приложений "Application builder photon 1.14", входящий в состав графической оболочки "Photon" операционной системы QNX. Остальная исходная информация, необходимая для запуска и исполнения программы интерфейса оператора, задается текстовыми конфигурационными файлами ПО подсистемы верхнего уровня.

База данных представляет собой набор файлов, состоящих из записей событий в хронологическом порядке, т. е. упорядоченных по времени их поступления. Каждый файл содержит записи событий, произошедших за одни сутки. Файл записи за текущие сутки называется оперативным, остальные файлы называются архивными. Общее число хранимых архивных файлов задается динамически в панели настройки базы данных. В конце каждых суток система управления базой данных производит контроль количества хранящихся архивных файлов и при необходимости удаляет устаревшие по времени архивные файлы. Программа управления базой данных (PH_BASE на рис. 2) предоставляет весь необходимый спектр услуг, в том числе множественный доступ через структуру доступа в разделяемой памяти. Исходная информация для запуска и исполнения программы базы данных, а также списки и форматы различных сводок состояния и работы объектов технологического оборудования определяются соответствующими текстовыми конфигурационными файлами.

5. Описание работы АСКУ ЛК и СНиОП. АСКУ ЛК и СНиОП работают в непрерывном режиме. Включение (выключение) устройств нижнего уровня осуществляется включением (выключением) искробезопасных источников питания (ИБПШ). После подачи питания УЦАУК, МСК, РК и устройства удаленного ввода-вывода входят в рабочий режим автоматически.

В зависимости от выбранного режима работы (местный или дистанционный) управление системой ленточных конвейеров осуществляется либо из диспетчерской, либо от одного из УЦАУК, которое программно назначено головным.

Для исключения заштыбовки конвейеры запускаются не одновременно, а последовательно, запуск подающего конвейера происходит после установки рабочей скорости принимающего конвейера, УЦАУК которого вырабатывает разрешающий сигнал на включение очередного конвейера. Во время работы системы УЦАУК непрерывно опрашивают устройства удаленного ввода-вывода и передают полученную от них информацию о состоянии датчиков на АРМ оператора, где она отображается на мнемосхеме и записывается в базу данных.

В случае срабатывания одного из аварийных датчиков (кабель-тросовый выключатель, датчик заштыбовки, датчик схода ленты и т. д.) АСКУ ЛК в зависимости от типа внештатной ситуации автоматически останавливает либо всю конвейерную систему шахты, либо ее часть и подает сигнал тревоги. Информация о характере неисправности и ее местоположении отображается на экране АРМ оператора и записывается в базу данных.

СНиОП имеет два режима работы: наблюдения и оповещения. В режиме наблюдения РК с некоторой периодичностью формируют сигналы опроса РМ. Уловив такой сигнал, РМ, находящаяся в зоне действия РК, формирует ответ в виде своего идентификационного номера, который затем сохраняется в оперативной памяти РК. Таким образом опрашиваются все РМ, находящиеся в зоне досягаемости конкретного РК. Далее по запросу с управляющего терминала диспетчера РК отправляет ему свой идентификационный номер и идентификационные номера всех РМ, которые находились в его зоне действия с момента предыдущего запроса. Управляющий терминал анализирует эти данные и делает однозначное заключение о местоположении каждой находящейся в шахте РМ. Эта информация с указанием времени события заносится в базу данных и отображается на мониторе диспетчера. Точность определения местоположения шахтера зависит от расстояния между РК и в общем случае равна расстоянию между двумя соседними РК (250–700 м). Периодичность опроса РК управляющим терминалом определяется максимальной скоростью прохождения шахтерами зоны действия РК (в режиме наблюдения) и обычно составляет 3÷4 с.

В случае аварийной ситуации система переходит в режим оповещения. Критерием такого перехода может быть сигнал по сети передачи данных с терминала диспетчера системы либо пропадание связи РК с поверхностью, которое интерпретируется РК как обрыв линии связи. В этом случае РК посылает аварийный сигнал, который улавливается РМ. По этому сигналу РМ осуществляют оповещение об аварийной ситуации в шахте путем подачи через индивидуальный фонарь шахтера звуковых и световых сигналов.

Сбор данных о контролируемых параметрах происходит непрерывно. Передача их в наземный вычислительный комплекс осуществляется циклически. В промежуток между циклами отправки информация накапливается в оперативной памяти ПК.

Выводы. Поскольку АСКУ ЛК изначально проектировалась как открытая модульная система, впоследствии это позволило не только легко переконфигурировать саму АСКУ ЛК, но и интегрировать ее со СНИОП, избежав при этом ненужного дублирования многих узлов, каналов связи и даже целых подсистем. В итоге для конечного пользователя и АСКУ ЛК, и СНИОП выглядят как единый аппаратно-программный комплекс, обслуживаемый одним оператором и способный решать широкий спектр задач.

Таким образом, в результате внедрения АСКУ ЛК и СНИОП персонал шахты получает следующие уникальные возможности, которых не было при эксплуатации систем предыдущего поколения:

- определение конкретного типа и местоположения неисправности, что уменьшает время на поиск и устранение этой неисправности;
- измерение температуры двигателя с конфигурированием допустимых диапазонов для выдачи сигнала тревоги;
- конфигурирование системы под конкретный объект управления, в том числе путем подключения нового оборудования сторонних производителей;
- управление всей системой конвейеров с дневной поверхности (из диспетчерской);
- автоматизация системы табельного учета персонала;
- определение местоположения каждого работника в любой момент времени;
- своевременное оповещение персонала о возникающих аварийных и чрезвычайных ситуациях;
- сокращение времени на получение исходных данных для формирования плана ликвидации аварии и его выполнения, что, в свою очередь, приводит к повышению эффективности спасения персонала шахты, застигнутого аварией.

В настоящее время АСКУ ЛК и СНИОП входят в систему комплексной автоматизации шахтного оборудования, разработанную специалистами Конструкторско-технологического института вычислительной техники СО РАН, и успешно функционируют на шахте "Сибиргинская" ОАО "Южный Кузбасс" (Мыски Кемеровской обл.). За время эксплуатации (в течение трех лет) сбоев и зависаний в системах не отмечалось.

Применение открытых модульных структур, универсального ПО, а также комплексного подхода при проектировании позволило существенно удешевить и ускорить разработку и внедрение данных систем, а взаимная интеграция АСКУ ЛК и СНИОП значительно упрощает их эксплуатацию и обслуживание.

Список литературы

1. КИЛИМНИК В. Г., ЯКУБСОН Г. Г., РАДИОНОВСКИЙ В. Л., ЕФИМОВА Н. В. Подземная добыча угля в Российской Федерации. Современное состояние и тенденции развития // Горн. промышленность. 2007. № 6. С. 16-19.
2. КИЛИМНИК В. Г., ЯКУБСОН Г. Г., ЕФИМОВА Н. В. Подземная добыча угля в России. Состояние и достигнутые показатели // Горн. промышленность. 2008. № 5. С. 22-24.
3. БЛАГОДАРНЫЙ А. И., ГУСЕВ О. З., ЖУРАВЛЕВ С. С. и др. Автоматизированная система контроля и управления ленточными конвейерами на угольных шахтах // Горн. промышленность. 2008. № 6. С. 38-44.
4. БЛАГОДАРНЫЙ А. И., ГУСЕВ О. З., ЖУРАВЛЕВ С. С. и др. Автоматизированная система наблюдения, оповещения и поиска персонала при авариях в шахтах // Горн. промышленность. 2009. № 1. С. 34-38.
5. ДЕНИСЕНКО В. Аппаратное резервирование в промышленной автоматизации // Современные технологии автоматизации. 2008. № 2. С. 90-99.
6. ПБ 05-618-03. Правила безопасности в угольных шахтах: Утв. постановлением Госгортехнадзора России от 05.06.03 № 50. М.: НТЦ "Промышленная безопасность", 2007. Сер. 05, вып. 11.
7. ПБ 03-553-03. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и рассыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом: Утв. постановлением Госгортехнадзора России от 13.05.03 № 30. М.: НТЦ "Промышленная безопасность", 2007. Сер. 03, вып. 33.

8. ЗОЛОТАРЕВ С., ФРЕЙДМАН А. АСУ ТП на базе операционных систем QNX и Windows NT для нефтегазовых предприятий // ИТ-решения в нефтегазовой отрасли. 2007. № 2. С. 38-43.
9. БЛАГОДАРНЫЙ А., ЗЕНЗИН А., МИХАЛЬЦОВ Э. и др. Программируемая информационно-управляющая система – инструмент создания АСУ ТП магистральных нефтепроводов // ИТ-решения в нефтегазовой отрасли. 2007. № 2. С. 51-57.

Анатолий Иванович Благодарный – ст. науч. сотр.

Конструкторско-технологического ин-та вычисл. техники СО РАН;

Олег Зиновьевич Гусев – мл. науч. сотр. Конструкторско-технологического

ин-та вычисл. техники СО РАН; e-mail: gusev@kti.nsc.ru

Лидия Сергеевна Каратышева – науч. сотр. Конструкторско-технологического

ин-та вычисл. техники СО РАН; e-mail: kls@kti.nsc.ru

Виктор Васильевич Колодей – ст. науч. сотр. Конструкторско-технологического

ин-та вычисл. техники СО РАН; e-mail: vv@kti.nsc.ru

Эдуард Григорьевич Михальцов – канд. техн. наук, зав. лабораторией Конструкторско-технологического

ин-та вычисл. техники СО РАН; e-mail: mich@kti.nsc.ru

Геннадий Петрович Чейдо – канд. техн. наук, зав. лабораторией Конструкторско-технологического

ин-та вычисл. техники СО РАН; e-mail: cheido@kti.nsc.ru

Рудольф Альбертович Шакиров – зав. сектором Конструкторско-технологического ин-та

вычисл. техники СО РАН; e-mail: rush@kti.nsc.ru

Станислав Рудольфович Шакиров – канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. Конструкторско-

технологического ин-та вычисл. техники СО РАН; тел. (383) 330-17-57; e-mail: srsha@bk.ru