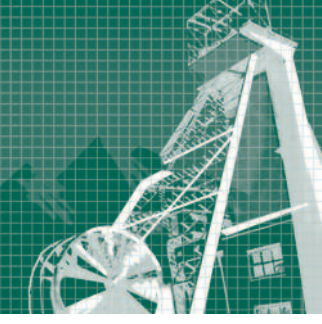




АСУ ТП шахтной обогатительной установки

Евгений Шкурат, Олег Калинин

В статье описана разработка и успешная реализация проекта автоматизированной системы управления технологическим процессом на обогатительной установке шахты. Автоматизация процесса обогащения энергетического угля реализована на базе распределённой сети, включающей в себя управляющий промышленный компьютер и несколько локальных IBM PC совместимых программируемых контроллеров фирмы Advantech. В качестве программной среды разработки и воплощения проекта выбраны UltraLogik и GENESIS32.

ВВЕДЕНИЕ

В августе 2003 г. окончательно вышла из строя автоматическая система управления технологическим процессом на обогатительной установке (ОУ) шахты «Комсомолец Донбасса». Запущенная в эксплуатацию более 20 лет назад, передовая на то время станция «Оператор» безнадежно устарела. Руководством ОУ была поставлена задача за короткое время провести поиск АСУ ТП, которая удовлетворяла бы следующим условиям:

- современная техническая база;
- монтаж и наладка своими силами;
- не требует специальных знаний от пользователя (диспетчера).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

Шахта «Комсомолец Донбасса» расположена в г. Кировское Донецкой области. Средняя суточная добыча уг-

ля составляет 8,5 тыс. тонн. Добывается уголь марки Т, используемый для энергетических нужд. ОУ предназначена для повышения качественных показателей (зольность, влажность, разделение на классы) добываемого сырья.

Горная масса, выдаваемая из шахты скипами, поступает в приёмные бункера дробильно-сортировочного отделения (ДСО). Уголь из приёмного бункера питателем КТ-14 подаётся на ленточный конвейер, затем на классификацию на грохот ГЦЛ. Между грохотом и конвейером расположен электромагнитный железоотделитель, предназначенный для улавливания металла из потока массы. В грохоте происходит разделение горной массы на классы 0-150 мм и более 150 мм. Горная масса класса 0-150 мм поступает на катучий конвейер и распределяется им по шестнадцати бункерам ёмкостью

140 тонн каждый. Горная масса класса более 150 мм поступает на тихоходный ленточный конвейер, где происходит ручная выборка породы и других посторонних предметов. Порода по ленточному конвейеру поступает в породный бункер ёмкостью 25 т, откуда пластинчатым питателем ПЛ-12 отгружается в автомашины и вывозится на породный отвал. Уголь класса до 150 мм поступает на дробление в дробилку ДДЗ-6. Дроблённый концентрат поступает в отдельный бункер.

Горная масса из бункеров питателями КЛ-8 посредством ленточных конвейеров передаётся в главный корпус на подготовительную сухую классификацию. На грохотах ГИСТ-72 происходит её разделение на классы 0-13 мм (0-6 мм) и 13-100 мм (6-100 мм).

Отсев класса 0-13 мм (0-6 мм) транспортируется потребителю, а горная масса класса 13-100 мм (6-100 мм) — в мокрую часть на дешламацию грохотом ГИСТ-72 и на обогащение в тяжёлых средах (магнетитовая суспензия) в сепараторах СКВ-20, где происходит разделение угля и породы. Шлам поступает в багер-зумпф, откуда багер элеватором через центрифугу идёт в присадку к концентрату. Далее группой конвейеров продукты обогащения подаются в погрузочные бункера — 6 бункеров по 3600 тонн каждый, а порода на отвал.

Таким образом, объект автоматизации представляет собой поточно-транспортную систему с параллельными и разделяемыми ветвями.



Шахта «Комсомолец Донбасса»

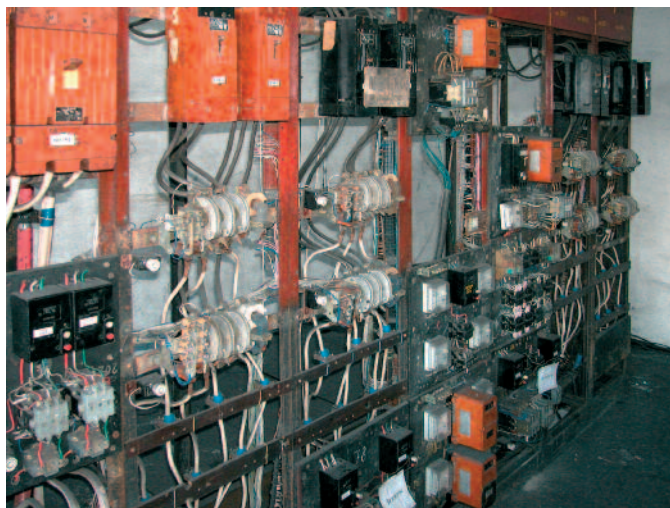


Рис. 1. Распределительный пункт (РП)



Диспетчерская обогатительной установки

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ АСУ ТП

В процессе обогащения задействовано более 120 единиц оборудования. Управление электроприводами осуществляется из 8 распределительных пунктов (РП). Схемы блокировочных зависимостей технологического оборудования, как правило, не реализуются в обособленном РП (рис. 1). Для включения оборудования в работу необходимо выполнение сложного условия оценки состояния работы других механизмов и режимов работы. Выходом из данной ситуации являлся алгоритм индивидуальной логики работы каждого устройства. Результат данного подхода — уникальность (сложность и запутанность) схем управления и опутывание РП «паутиной» информационных и управляющих сигналов. Тестирование подобных схемных решений и поиск ошибок в них занимали на порядок больше времени, чем на ликвидацию неисправности.

Коммутационной аппаратурой являются общепромышленные контакторы и пускатели 2-6 величин. Рабочее напряжение электромагнитных катушек 220-380 В. Для рабочей среды характерны повышенная вибрация, увеличенная запылённость, прямая зависимость от температуры окружающего воздуха.

Задачи, поставленные перед разработчиками проекта:

- унификация всех схем управления;
- включение индуктивной нагрузки с величиной тока до 5 А и напряжения до 380 В;
- разработка и монтаж системы на действующем оборудовании;
- вносимые изменения не влияют на работу ОУ в целом;

- внедрение аварийного (ремонтного) режима работы;
- минимизация кабельного хозяйства;
- возможность поэтапной отладки.

Поиск решения

Требований к выбору партнёров (поставщиков) было не так много, и основные из них:

- возможность обучения сотрудников ОУ в учебных центрах поставщиков;
- высокий технический уровень инженеров фирмы-партнёра;
- предоставление консультационных услуг на всех этапах проекта;
- гарантирование качества поставляемой продукции.

Фирма «Логикон» удовлетворяла всем нашим требованиям. Пройдя обучение работе с аппаратными и программными средствами в учебном центре «Логикона» (г. Киев), сотрудники ОУ окончательно сформировали своё видение будущей системы.

АППАРАТНАЯ ЧАСТЬ

На рис. 2 представлена структурная схема и топология расположения существующей сети. Система разделена на два потока (направления) данных. Преимущества данного подхода:

- удобство монтажа-отладки;
- отказоустойчивость;
- снижение затрат на поиск неисправности.

При построении данной топологии были учтены как взаимное расположение отдельно стоящих зданий и существующие кабельные трассы, так и информационная нагрузка на канал (по возможности). Так, к первой линии связи относятся:

- РП1, РП2 — распределительные пункты в отдельно стоящем здании дроб-

ильно-сортировочного отделения (ДСО), имеющие по 2 контроллера;

- ЩУГ (щит управления грохотами) — здание основного корпуса — 2 контроллера;
- РП5 — здание основного корпуса — 2 контроллера.

Ко второй линии связи относятся:

- РП3 — здание основного корпуса — 2 контроллера;
- РП10 — перегрузочная станция № 2 — 1 контроллер;
- РП11 — пункт погрузки породы — 1 контроллер;
- РП14 — погрузочные бункера — 1 контроллер.

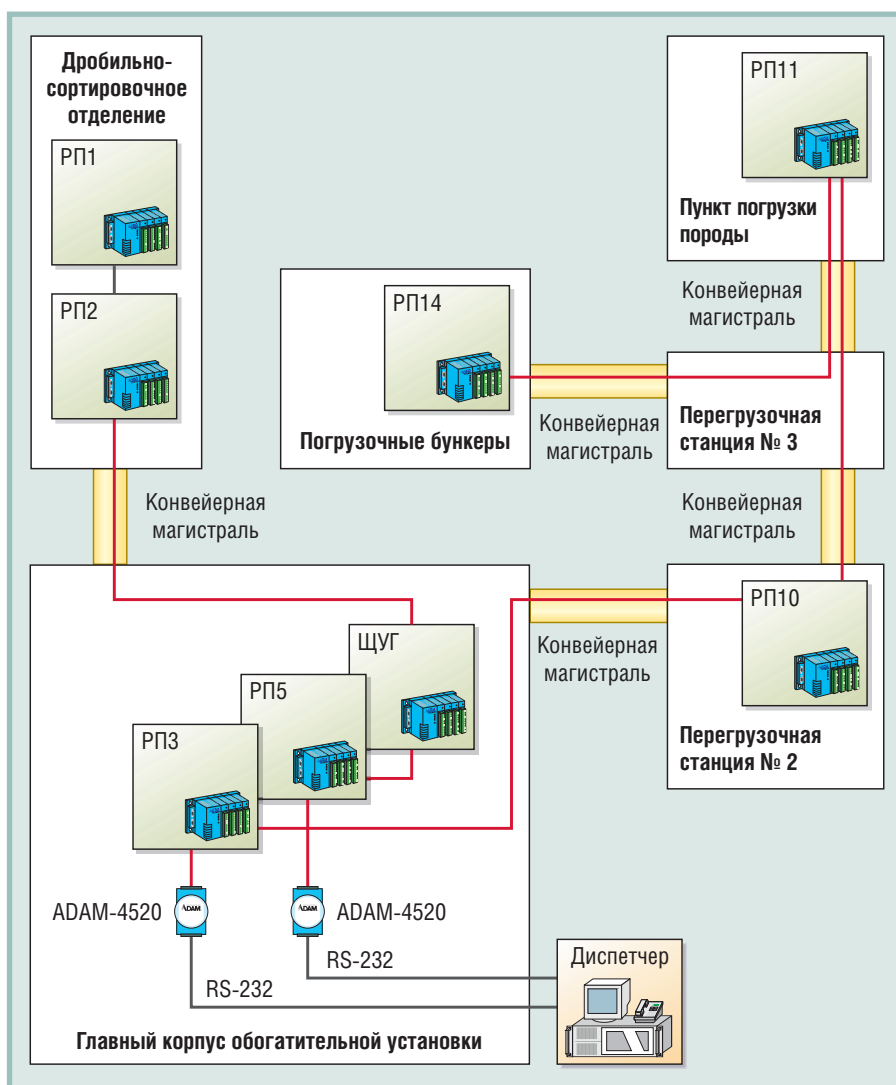
Корнем системы АСУ является ADAM-5510 — IBM PC совместимый программируемый контроллер. Доводы в пользу данного выбора:

- возможность обособленной работы и работы в сети;
- большой набор модулей ввода-вывода;
- достаточно большое количество (64) входных-выходных сигналов на один контроллер;
- стандартные средства программирования и отладки.

В каждом РП установлены один-два контроллера (рис. 3), в зависимости от насыщенности распределительного пункта обслуживаемыми аппаратами. При этом задействованы модули:

- ADAM-5017H — быстродействующий модуль аналогового ввода;
- ADAM-5050 — 16-канальный универсальный модуль дискретного ввода;
- ADAM-5055S — 8 входов, 8 выходов дискретных сигналов с гальванической развязкой;
- ADAM-3854 — 4-канальный модуль релейной коммутации.

Данный набор позволил локально отладить систему по каждому РП. Даже



Условные обозначения:

РП — распределительный пункт; ЩУГ — щит управления грохотами;
— RS-485.

Рис. 2. Структурная схема сети

не связанные в сеть контроллеры, не имея ведущей машины, при задании на дистанционную работу выполняли поставленную задачу, опираясь только на входные сигналы.

В качестве ведущей машины был выбран промышленный компьютер в корпусе IPC-610 фирмы Advantech. Обоснование выбора:

- надёжность работы в промышленных условиях;
- физическое ограничение в доступе неквалифицированного персонала.

Максимальное расстояние контроллеров от главной машины (рис. 4) составляет 650 м. Исходя из топологии расположения РП, объединение в сеть контроллеров произошло двумя ветвями. Применение специализированного кабеля фирмы Belden позволило без дополнительных технических решений реализовать обмен в сети PLCNet на скорости 57600 бит/с. Сопряжение

интерфейсов RS-232 и RS-485 происходит через модули ADAM-4522 и ADAM-4520. Интересной особенностью применения модуля ADAM-4522 является его работа на несогласованную нагрузку, что особенно удобно на этапе разработки. Применение герметичных шкафов Schroff позволило содержать оборудование в чистоте и поддерживать определённый микроклимат внутри.

Программная часть

Программирование контроллеров происходило в среде UltraLogik_1.02 с добавлением процедур на языке С. Данное сочетание позволило объединить простоту реализации оболочки сети PLCNet и конфигурирование стандартных модулей со всеми возможностями языка С по работе в среде DOS. Работа каждого механизма обслуживается тремя программами:

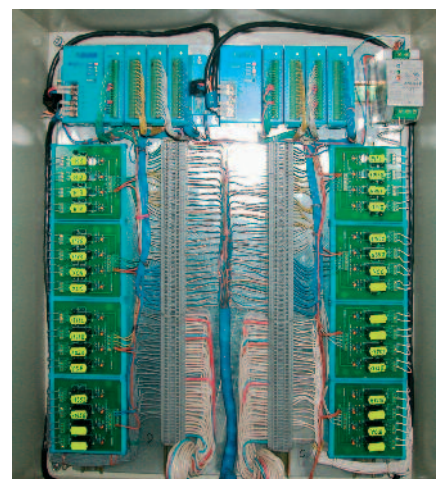


Рис. 3. Шкаф управления



Рис. 4. Главная машина

- программа запуска (анализ возможности, подготовка, непосредственно запуск механизма);
- программа контроля (анализ работы механизма по состоянию датчиков и кнопок, остановка в случае аварии);
- программа технологических зависимостей (передача команды на остановку в случае обнаружения аварийного состояния).

На рис. 5 представлен фрагмент программы контроля. Внешний модуль обеспечивает преобразование единичных входных сигналов в числовой код и хранение предыдущего состояния механизма.

Нам не удалось задействовать модуль 5017H стандартными средствами UltraLogik. При любых комбинациях входных сигналов читался только нулевой канал. В результате был написан модуль, использующий стандартные библиотеки Advantech для работы с подключаемыми модулями.

Для хранения технологических уставок удобным решением оказалась возможность записи в энергонезависимую память контроллера.

Для создания программного обеспечения сбора данных и оперативного диспетчерского управления верхнего

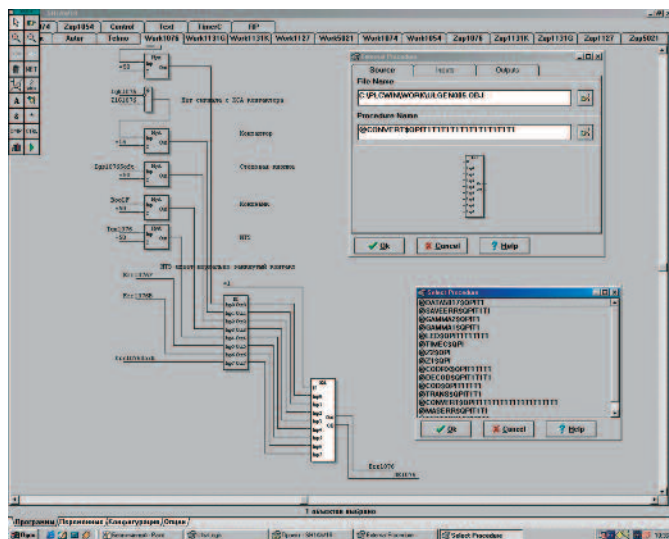


Рис. 5. Программирование в среде UltraLogik



Рис. 6. Приглашение к работе

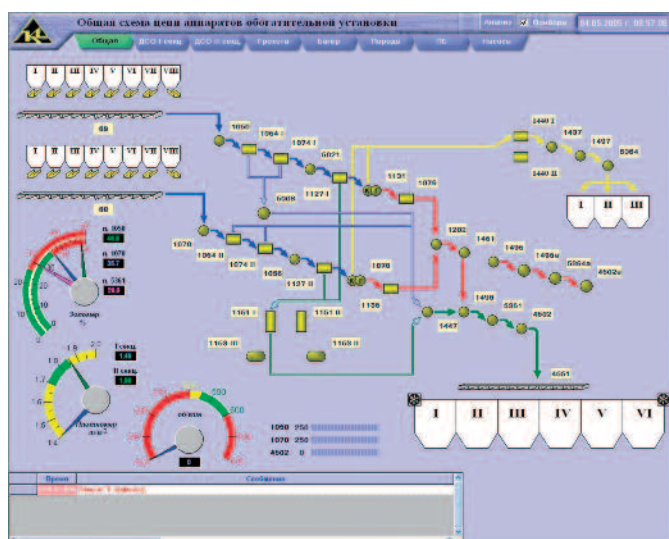


Рис. 7. Общая схема аппаратов обогатительной установки

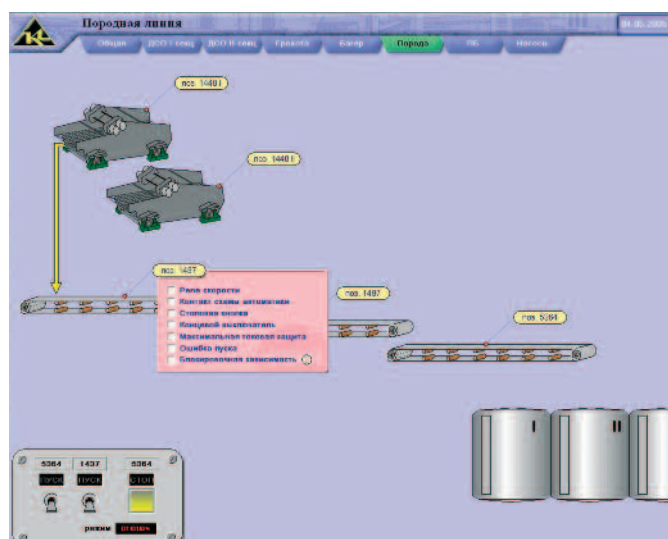


Рис. 8. Экранная форма породной линии

уровня системы промышленной автоматизации был выбран продукт GENESIS32 фирмы Iconics, который является комплексом 32-разрядных приложений для Windows, построенных в соответствии со спецификацией OPC. В состав GENESIS32 также входит среда разработки и исполнения сценарных процедур VBA, обеспечивающая возможность разработки части программного обеспечения средствами Microsoft Visual Basic for Applications. Все программные компоненты реализованы на базе многопоточной модели и поддерживают технологию ActiveX.

На рис. 6 показан экран приглашения к работе.

- Управление. Предоставляется возможность управлять механизмами и контролировать их работу.
- Графики. Наглядное представление технологических параметров за заданный период.

- Настройки. Задание режимов работы, времени работы освещения, сброс ошибок и т.д.
- Журналы. Архив записей аварийных сообщений за истекшие сутки.

Примеры других экранных форм, иллюстрирующие возможности работы системы, показаны на рис. 7-10.

На рис. 8 показана работа пользователя с экранной формой породной линии. При щелчке мышью на табличке с позицией оборудования активируется подменю заданного механизма. В случае аварийного состояния датчика синюю строку заменяет мигающая красная надпись. Восклицательным знаком в круге помечена предыдущая ошибка. Если сделать отметку возле датчика, можно отключить его программным способом.

На экранной форме угольной линии (рис. 9) красной линией показан график изменения значений тока двигателя. Зелёная линия отображает нали-

чие/отсутствие угля на ленте, фиолетовая показывает суммарную нагрузку от одновременно работающих питателей.

ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Разработка системы АСУ началась в январе 2004 г. группой из трёх человек:

- руководитель проекта;
- программист;
- слесарь КИПа.

Основное время (наиболее трудоёмкий процесс) ушло на адаптацию действующего оборудования к схемам компьютерного управления. На время написания статьи достигнуты следующие результаты.

1. Уменьшение времени запуска привело к снижению потребления электроэнергии и к появлению резерва времени на ремонт оборудования.
2. Ликвидация последствий технологических аварий упростилась, поскольку

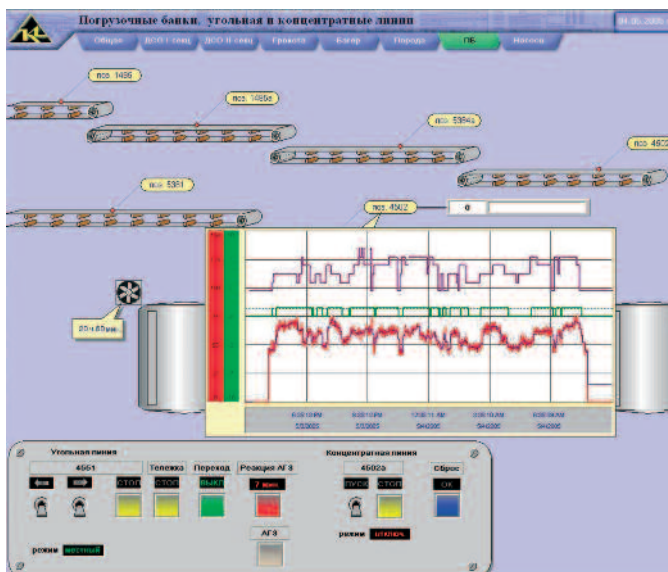


Рис. 9. Экранная форма угольной линии



Рис. 10. Архив аварийных сообщений

ку время простоя сводится к ликвидации причины аварии, а не её последствий — переливов, пересыпов...

3. Статистический анализ технических (время работы-простоя механизмов, токовые и температурные нагрузки) и технологических параметров позволяет прогнозировать отказ механизма и производить «разбор полётов» после аварии.

4. Автоматическое нахождение неисправности в цепях управления с возможностью моментального исключения аварийного участка. Работа каждого механизма контролируется 5-7 датчиками, исправность которых отображается на экране диспетчера. При выходе датчика из строя и невозможности его ремонта в рабочую смену он отключается программным

способом и не влияет на дальнейшую работу схемы.

5. Высокая информационная насыщенность и оперативность управления: возможность прямого индивидуального управления механизмами и визуализация результатов воздействия.
6. Повышение производственной дисциплины диспетчеров. Автоматическое формирование журнала событий. Возможность полного анализа действий за истёкший период и сравнительный анализ.
7. Гибкая структура: возможность легко изменять алгоритмы управления, наращивание и модернизация системы.
8. Автономность: система сохраняет свои основные функции при отсутствии центрального компьютера или потере контакта с оператором.

Направления дальнейшего развития

1. Переход на герметичный «сухой» контакт. Использование такового непосредственно на контакторе создаёт определённые проблемы.
2. Контроль уровня материала в бункерах.
3. Использование частотных преобразователей для управления дозирующими питателями.
4. Установка весовых датчиков в качестве источников сигналов обратных связей для частотных преобразователей. ●

Авторы — сотрудники ОАО «Шахта „Комсомолец Донбасса“», телефон: (+38050) 927-0684 и Донецкого отделения НПП «Логикон», телефон/факс: (+38062) 345-6650