

Трансфер современных технологий, обеспечивающих повышение безопасности труда в горнодобывающей промышленности, и проведение действий, связанных с защитой окружающей среды, как сфера деятельности ЦТТ ЭМАГ

В статье представлен обзор современных систем и оборудования в области геофизики, автоматизации и промышленной метрологии, разработанных в Институте инновационной техники ЭМАГ, трансфер которых выполняется Центром Трансфера Технологии ЭМАГ. Представляются выбранные решения, внедряемые в горнодобывающей промышленности в целях повышения безопасности персонала, комфорта труда и лучшего, более экономичного и экологически безопасного использования полезных ископаемых.

1. ВВЕДЕНИЕ

ООО Центр Трансфера Технологии ЭМАГ является компанией, основанной в 2010 году, и причиной ее создания был Закон от 30 апреля 2010 года о научно-исследовательских институтах, который преобразовал с 1 октября 2010 уже существующие исследовательские организации в научно-исследовательские институты с ограниченными производственными возможностями.

Сферами деятельности ЦТТ ЭМАГ является геофизика, автоматика, электроника, гидравлика и переработка полезных ископаемых в области комплексных услуг, т.е. производства и комплектации систем и оборудования, являющихся предметом предложения фирмы, и технического надзора за их внедрением и эксплуатацией, а также в сфере гарантийного и послегарантийного обслуживания.

В настоящей статье представляются отдельные системы и оборудование, предлагаемые ЦТТ ЭМАГ в наиболее важном диапазоне, используя с этой целью материалы, которые разработали сотрудники Института инновационной техники ЭМАГ: к.т.н. Збигнев Исаков, к.т.н. Артур Коз-

ловский, к.т.н. Марек Крыца и магистр Ирена Кучяра.

Всех заинтересованных более подробной информацией приглашаем на наш вебсайт <http://www.cttemag.pl>.

2. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Производство геофизических систем фирмой ЦТТ ЭМАГ выполняется по лицензии Института инновационной техники ЭМАГ. Институт ЭМАГ выполняет надзор за коммерциализацией систем и является автором изменений и модернизации как в программном обеспечении, так и аппаратной части систем.

К разработанным системам, предназначенным для мониторинга и оценки сейсмической опасности, можно отнести системы:

- предназначенные для оценки сейсмической опасности в районе всей шахты, в частности сейсмическую систему ARAMIS M/E, оснащенную цифровой передачей сейсмических сигналов с программным обеспечением, которое обеспе-

- чивает оценку риска в соответствии с принципами комплексного метода оценки риска горных ударов в горных предприятиях, добывающих каменный уголь (инструкции № 20 и № 22, разработанные Главным институтом горного дела),
- предназначенные для районов, которые особо подвержены горным ударам (лавы), в частности сейсмоакустическая система ARES-5/E, оснащённая скоростными электродинамическими датчиками вместе с программным обеспечением OCENA_WIN,
 - предназначенные для контроля опасности для инфраструктуры горных предприятий (стволы, флотационные бункеры), в частности:
 - система для регистрации ускорения колебаний стволовой крепи, вызванных горными толчками (ARP 2000 W),
 - система регистрации ускорения колебаний валов гидравлических бункеров (ARP 2000 H),
 - предназначенные для мониторинга опасностей для поверхности, вызванных ведением горных работ, в частности система для регистрации ускорения колебаний поверхности и её деформации, вызванных горными ударами (ARP 2000 P/E).

2.1. ARAMIS M/E – сейсмическая система с цифровой передачей сейсмометрических сигналов DTSS

Сейсмическая система ARAMIS M/E с цифровой передачей сигналов DTSS обеспечивает:

- локализацию сотрясений (программное обеспечение ARAMIS_WIN), произошедших в районе шахты вместе с определением их энергии, и оценку риска горных ударов методами сейсмологии (пакет специализированного программного обеспечения).
- непрерывный сбор сейсмических сигналов в регистрирующем сервере.

Благодаря искробезопасной цифровой передаче данных DTSS осуществляется центральное питание подземных передатчиков с поверхности и цифровая передача обработанных сигналов измерений на поверхность.

Благодаря высокой динамике регистрации 110 дБ и полосе регистрируемых частот в диапазоне 0-150 Гц, а также устойчивости к помехам цифровой передачи, система обеспечивает надлежащую регистрацию как слабых сейсмических явлений от 10^2 J, так и высокоэнергетических явлений без насыщения, а также идентификацию характеристических фаз сейсмического процесса. В зависимости от размеров объекта система использует в качестве измерительных датчиков сейсмометры или, как вариант, низкочастотные геофоны (GVц, GVd и GHа).

Стандартная система гарантирует регистрацию одного компонента сейсмического сигнала в каждом канале. Как вариант можно регистрировать одно, двух или трёхкомпонентные скорости колебаний X, Y, Z. На рис. 1а показана структура системы ARAMIS M/E.

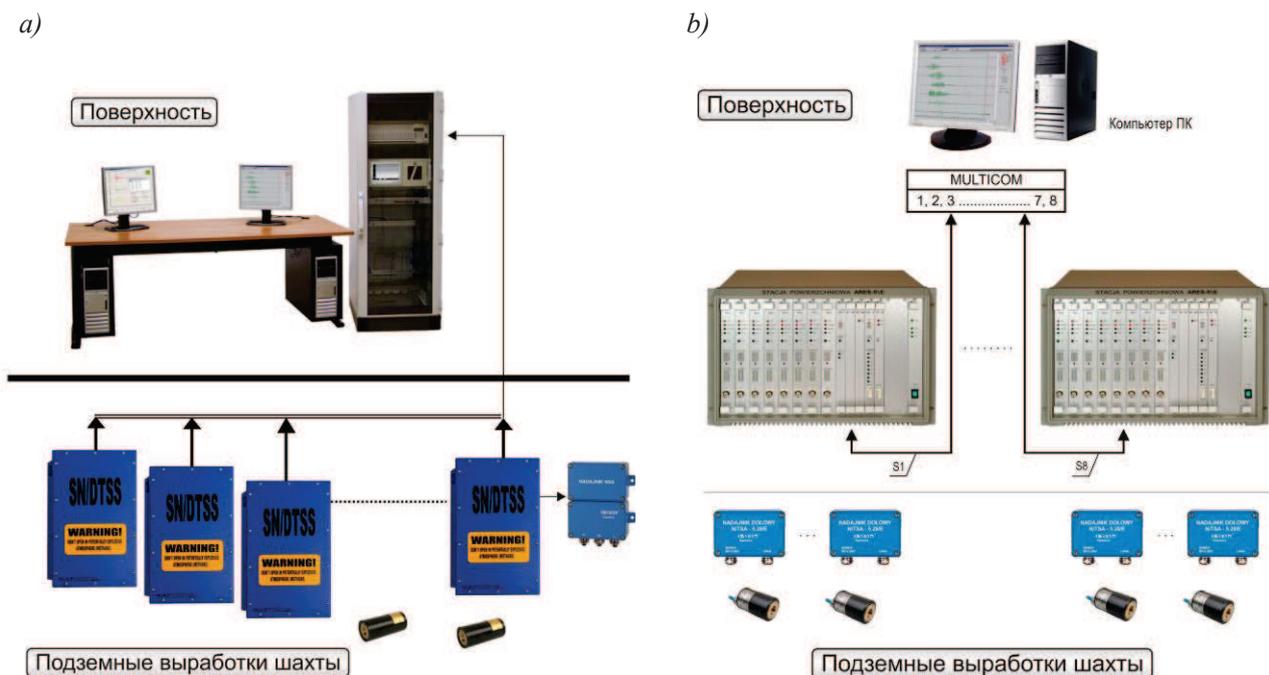


Рис. 1. Структура системы: а) ARAMIS M/E; б) ARES-5/E (собственная разработка)

В состав аппаратной конфигурации системы ARAMIS M/E в поверхностной части системы входят:

- сервер обработки сигналов системы ARAMIS M/E,
- регистрационный сервер системы ARAMIS_REJ,
- система передачи сейсмических сигналов DTSS – состоящая из поверхностной станции передачи SP/DTSS, содержащей цифровые приёмники OCGA и модуль управления передачей ST/DTSS со спутниковыми часами GPS.

Поверхностная станция с помощью подземных передающих станций SN/DTSS содействует с сейсмометрами SPI-70 (как вариант, низкочастотными геофонами) и сейсмическими передатчиками NSGA.

Система ARAMIS M/E обеспечивает осуществление многих пользовательских функций, в том числе:

- сбора записей с регистратора в непрерывном (автоматическим) режиме с предварительной обработкой (определением характерных фаз сигнала, локализацией очага и расчётом энергии) и презентацией сейсмограмм,
- архивации полученных записей в упорядоченных каталогах и презентацию сейсмограмм для архивизированных записей,
- презентацию результата локализации на схематической карте шахты (при локализации в операторском режиме),
- ввода и модификации описания расположения датчиков,
- взаимодействия с другим программами (например, типа ARP).

Расчётные алгоритмы используются для:

- локализации очага толчка методами: стандартным (на основе волны P), окружностей, S-P,
- определения энергии явления методами: интегральным, приближенным по длительности сигнала,
- спектрального анализа и цифровой фильтрации выбранных сейсмических записей.

Кроме этого благодаря дополнительному пакету программного обеспечения можно выполнять:

- реест бурений шпуров,
- автоматическую оценку риска горных ударов по сейсмологическому методу и методу бурения шпуров или, как вариант, по сейсмоакустическому методу (если работает также система ARES), а также по суммарному и комплексному методу.

Система имеет удобный для пользователя программный интерфейс, который позволяет печатать разнообразные отчеты, включая ежедневные отчеты о риске горных ударов в выработках

и сводные отчеты о числе и энергии толчков в выработке. Пользователь также может ввести информацию о структуре шахты (название пластов, районов, выработок, координаты выработок, скорости проходки за смену и т.д.), а также о используемых параметрах оценки (например, критическое значение (объем) буровой мелочи для оценки методом бурения шпуров).

2.2. ARES-5/E – сейсмоакустическая система для оценки риска горных ударов

Система ARES-5/E (рис. 1b) предназначена для выполнения оценки риска горных ударов согласно принципам сейсмоакустического метода оценки состояния риска горных ударов. Система основана на данных с сейсмоакустического наблюдения в особо опасных районах.

В системе ARES-5/E происходит преобразование с помощью геофоновых измерительных зондов SP-5.28/E (устанавливаемых на анкерах в боковых стенках подготовительных штреков) скорости механических колебаний горного массива в электрический сигнал, а затем передача этих сигналов на поверхность в шахтную геофизическую станцию. В поверхностной части системы происходит цифровая обработка сигналов и анализ обработанных данных.

Аппаратную часть системы ARES-5/E можно разделить на две главные части: поверхностную, расположенную главным образом в шахтной геофизической станции, и объектовую, её оборудование размещается в подземных выработках шахты.

В поверхностной части системы работает:

- поверхностные станции (максимально 8) – каждая обслуживает 8 измерительных каналов,
- обрабатывающий сервер системы ARES-5/E с программным обеспечением для анализа явлений в сейсмоакустическом диапазоне (*SystemAres*) и выполнения оценки состояния риска горных ударов (*Ares_Ocena*).

Каждая поверхностная станция работает с расположенными в объектовой части измерительными зондами типа SP-5.28/E (с электродинамическими датчиками типа GS-14-L9) и передатчиками типа N/TSA-5.28/E.

Система ARES-5/E имеет программное обеспечение *SystemARES* для анализа явлений в сейсмоакустическом диапазоне и *Ares_Ocena* для выполнения оценки риска горных ударов. Это дает возможность реализации пользователем следующих функций:

- усиления и фильтрации сейсмоакустических сигналов (передатчики N/TSA-5/E),

- аналоговой передачи усиленных сейсмоакустических сигналов на поверхность (телекоммуникационная кабельная сеть и приемные системы поверхностной станции ОА-5 / Е),
- определения параметров сейсмоакустических сигналов,
- обнаружения и многоканальной регистрации крупных сейсмоакустических явлений с синхронизацией времени с помощью GPS,
- упрощенной локализации крупных сейсмоакустических явлений,
- определения распределения энергии сейсмоакустических явлений и активности их возникновения,
- анализа зарегистрированных данных на основе статистических методов с использованием функции риска,
- обработки, визуализации и архивирования зарегистрированных данных в соответствии с действующей инструкцией в области сейсмоакустического метода оценки состояния риска.

2.3. Система ARP 2000 P/E для регистрации и анализа низкочастотных колебаний грунта и построек

Система ARP 2000 P/E является цифровой телеметрической системой для регистрации и анализа ускорений низкочастотных колебаний грунта и построек в районах, опасных по горным и другим ударам (тектоническим, коммуникационным

и т.д.). Она состоит из двух основных частей: стационарной и объектовой.

Стационарная часть располагается в центре по контролю опасности поверхности и состоит из компьютера или компьютеров ПК для цифрового двунаправленного сообщения по радиосвязи (передача GSM-GPRS) с объектовыми измерительными концентраторами, а также программного обеспечения для архивирования, визуализации и предварительной обработки зарегистрированных данных.

Объектовая часть состоит из локальных измерительных концентраторов LKP-ARP, трехкомпонентных акселерометрических датчиков CZP3X и/или ECP3X, а также, как вариант, передающих станций SN/ARP со скоростными датчиками (сейсмометры SPI-70 или низкочастотные трехкомпонентные зонды-геофоны).

Аппаратная структура системы представлена на рис. 2.

Система ARP 2000 P/E характеризуется рассеянной структурой, которая облегчает осуществление контроля больших районов и поэтапное увеличение возможностей системы. Система предназначена для синхронной трехкомпонентной регистрации во многих местах колебаний грунта, вызванных ударами различного вида. Система обеспечивает дистанционный сбор данных с использованием сотовой связи и их центральную обработку в точке даже очень далекой от контролируемой зоны.



Рис. 2. Аппаратная структура системы ARP2000 P/E с четырьмя измерительными постами (собственная разработка)

Система выполняет детектирование колебаний шахтного, сейсмического или коммуникационного происхождения, синхронную по времени регистрацию сигналов от датчиков, находящихся в объектной части системы, размещённых на практически неограниченной площади, и их цифровую радиопередачу в центр обработки. Используются два стандарта связи: GSM - передача данных с коммутацией - и GPRS - блоковая передача данных. Дополнительно для целей диагностики и тестирования возможно сообщение с концентратором в режиме "оффлайн" непосредственно через последовательную шину переносного компьютера типа ноутбук (последовательная передача - RS232).

Программное обеспечение системы ARP 2000 в зависимости от версии ARP 2000 P/E или ARP 2000 H/E отличается методами интерпретации результатов. Тем не менее, для стволовых приложений (ARP 2000 SZ/E) в связи с другим способом передачи данных между концентратором и компьютером архивирования разработано отдельное коммуникационное программное обеспечение как для локального измерительного концентратора, так и для вышестоящего компьютера. Программное обеспечение центра позволяет регистрировать, архивировать и предварительно обрабатывать зарегистрированные данные. Дополнительно данное программное обеспечение предоставляет возможность анализировать собранные измерительные данные и выполнять оценку вредности воздействия колебаний согласно сейсмической шкале. В процессе оценки воздействия толчков на поверхность используются польские стандарты, правила и инструкции, разработанные или утверждённые Госгортехнадзором, и предназначенные для использования в местах, подверженных воздействию горнодобывающей деятельности. В системе ARP 2000 используются алгоритмы, обеспечивающие оценку состояния риска для поверхности согласно шкале MSK, GSI-GZW-A и GSI-GZW-V. Как вариант, существует возможность трансфера данных к внешнему специализированному программному обеспечению.

2.4. Направления развития геофизических систем

Многолетняя деятельность института ЭМАГ в сфере разработки и внедрения систем и оборудования, предназначенных для оценки воздействия толчков как в выработках шахт, так и на поверхности земли позволила внедрить около 100 систем разных поколений, в том числе также за рубежом: в России, Украине и Китае.

В течение всего времени данная деятельность велась в тесном сотрудничестве с главными научными центрами и ведущими в данной области шахтами и медными рудниками. Это привело к унификации контрольно-измерительной аппаратуры, используемой в шахтных геофизических станциях. Тем не менее, для удовлетворения требований пользователей Институт ЭМАГ проводит работы по развитию с целью:

- разработки новых датчиков и зондов для регистрации колебаний горного массива и оптимальных с точки зрения метрологических параметров способов их монтажа в горном массиве, в том числе в глубоких отверстиях в кровле,
- разработки новых методов кондиционирования, обработки сейсмических сигналов с соответствующей динамикой, обнаружения явлений, их регистрации, архивирования, визуализации и анализа для обнаружения естественных угроз таких, как: горные удары или риски, связанные с горными ударами, и сопровождающий их метан,
- разработки новых методов оценки вредного влияния горных толчков на инфраструктуру шахты и постройки на поверхности,
- исследования процесса образования трещин в кровельных породах с точки зрения оценки риска горных ударов,
- разработки новых методов контроля и анализа изменений напряженности в районе перед фронтом лавы с использованием для просвечивания горного массива сейсмической волны,
- разработки новых методов оценки риска динамических явлений в кровле, в том числе локализации и группировки очагов микросейсмических явлений и совершенствования меры риска в форме рассчитываемой функции риска возникновения толчка,
- подбора аналитических, геомеханических и геофизических методов для оценки и мониторинга изменений состояния риска горных ударов с точки зрения возможности непрерывного мониторинга работы комплекса.

Это предоставит возможность внедрить в производство и эксплуатацию следующие поколения систем мониторинга и прогнозирования рисков, связанных с нарушением равновесия горного массива, для шахт.

3. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИКИ

К самым важным системам и оборудованию, разрабатываемых группой автоматиков, относятся:

- системы управления и контроля машин и оборудования для высокопроизводительных очистных и проходческих комплексов, т.е.:
 - Система MAKS-DBC – предназначенная для беспроводного управления добычных машин (очистной комбайн) нового поколения с дистанционным мониторингом работы машины,
 - Системы SUK-2, SUK-1 – предназначенные для управления проходческого комбайна из кабины машиниста комбайна,
 - Система SKD-1 – инновационная система для управления и диагностики проходческого комбайна,
 - Система SKD-2М с системой MINOS (мониторинг контура забоя) – для беспроводного управления и диагностики с инновационным решением, обеспечивающим навигацию машины в направлении оси проходимой выработки,
 - Система KID-220 – для управления и диагностики проходческого комбайна.
- системы автоматического регулирования и управления, а также мониторинга и визуализации глубинных насосных станций,
- системы управления и мониторинга шахтных ленточных конвейеров,
- системы мониторинга работы подземных машин и оборудования: KAD-CAN – измерение силы резания угля, TAMУ – управление потоком воздуха в шахтных штреках, MOPS – мониторинг статического сопротивления в выбранных стойках секции механизированной крепи,
- современные телекоммуникационные решения для беспроводной передачи данных: RSO-26, RSO-27 (пульта для управления комбайном), RSO-CH – пульт с рукоятками управления комбайна,
- системы управления автоматики в промышленности,
- другие модули: PIMP – для переноса данных (искробезопасные флеш-накопители), SET-5RS, SEM-1 – сепаратор магистрали данных,
- измерительное оборудование для систем автоматики:
 - датчики давления RCC-1, PCC-X/Y, RCC-2, PCC-3, PAC,
 - датчик приближения ICz-1,
 - датчик расстояния и скорости CVD-100, CVD-1000,
 - датчик давления воды CPW-1,
 - датчик положения хвоста насоса COP-2,
 - датчик угла Inclinos,
 - датчик уровня масла CPO 1/L, PPP-1.

3.1. Беспроводные системы управления комбайнов

Наиболее расширенным решением является разработка дистанционного управления и беспроводных метанометров с измерением он-лайн. Это позволяет повысить степень автоматизации проходки и прогнозирования параметров работы машины, соответствующих актуальным условиям резания. Предоставляет возможность также повысить уровень использования технического потенциала машины, ограничить износ машины в результате неправильной эксплуатации, сократить энергопотребление в процессе добычи и повысить уровень безопасности в забое штрека, что оказывает положительное влияние на эффективность проходки выработок.

SKD-2М является беспроводной системой управления и диагностики с инновационным решением, которое обеспечивает навигацию машины в направлении оси проходимой выработки. Концепция системы SKD-2М основана на рассеянной структуре взаимосвязанных функциональных блоков (модулей), осуществляющих отдельные функции управления и диагностики. Запроектированная система является т.н. открытой системой, как с точки зрения оборудования, так и программного обеспечения. Высокая вычислительная мощность системы позволяет использовать алгоритмы обработки данных для управления и диагностики с высокой числовой сложностью.

Данная система предназначена для использования в шахтных проходческих комбайнах, работающих в выработках с уровнем "а", "b" и "с" опасности взрыва метана. Её основными функциями являются:

- местное управление машины с помощью Операторского пульта PAK-1,
- Беспроводное управление машины с помощью Пульта радиоуправления RSO-CH,
- мониторинг параметров работы отдельных узлов машины с помощью ряда датчиков,
- мониторинг положения режущей головки относительно комбайна или штрека,
- мониторинг продольного и поперечного наклона комбайна относительно горизонта,
- мониторинг положения комбайна относительно оси проходимого штрека,
- диагностика отдельных узлов комбайна,
- визуализация состояния работы машины на жидкокристаллическом дисплее,
- сигнализация приближения режущей головки к границе поперечного сечения штрека,

- обнаружение аварий и информирование пользователя об их возникновении,
- внутренняя связь через быстрый и надежный интерфейс CAN 2.0, как вариант RS-485 с протоколом Modbus RTU,
- визуализация состояния работы комбайна на поверхности.

Принятая в SKD-2М конструкция рассеянной системы позволяет легким и экономичным образом выполнить конфигурацию системы и установить её в проходческом комбайне любого типа среднего и лёгкого класса. В кабине машиниста на ЖК-дисплее можно выбрать экран "отработка", на котором отображается отработанное сечение выработки и текущее положение режущей головки по отношению к данному сечению с добавлением следов отработанного массива. Приближение режущей головки к границе рассчитанного контура сигнализируется изменением цвета графики сечения и приводит к остановке движения стрелы в направлении, которое может привести к превышению границы сечения, что обеспечивает точную и безопасную отработку. Преимущества этой системы заключаются в минимизации пустот в горной выработке, торкретировании почти постоянной толщины при проходке туннелей, но прежде всего в дистанционном управлении процессом отработки.

Самыми главными элементами SKD-2М (рис. 3) являются:

- Панель управления и контроля ПАК-1 (рис. 3а) выступает в качестве центрального командоконтроллера проходческого комбайна, основной задачей которого является непосредственное управление работой машины. Программное обеспечение модулей панели обслуживает кнопки управления: приводом режущей головки, пылеуловителя, орошения, гидравлики, датчика и управления конвейера и движения.

Контролирует индикацию системной шины CAN и беспроводной передачи Bluetooth. Устройство сигнализирует возникновение аварии звуковым сигналом.

- Пульт радиоуправления типа RSO-CH (рис. 3б) – предназначен для радиоуправления проходческим комбайном. Устройство через беспроводную связь сообщается с панелью управления и контроля ПАК-1 в диапазоне 2,4 ГГц. Пульт оснащен манипуляторами, управляющими движением комбайна и стрелы, а также восемью переключателями функции. Пульт оборудован ЖК-дисплеем, задачей которого является визуализация параметров и состояния работы машины, а также отображение аварийно-информационных сообщений.
- Модуль визуализации MLCD -1 (рис. 3с) – оснащён цветным ЖК-дисплеем диагональю 5,7 дюймов, который обеспечивает визуализацию параметров работы комбайна и его узлов. С помощью клавиатуры можно устанавливать параметры системы управления. Информация о каждом параметре передается двунаправленным способом через интерфейс связи CAN.

Интеграция оборудования системы управления с системой Мониторинга режущей головки комбайна MINOS-2 значительно расширила функциональные свойства SKD-2М, что совершенствует выполнение правильного вруба в массив для выбранной крепи путем генерирования информации о приближении режущей головки к границе вычисленного сечения, а также об отклонении от вертикали, горизонтали и оси выработки.

Система MINOS-2 состоит из следующих элементов:

- датчиков: углового положения СК-1 стрелы на оси у (вертикальной) и на оси х (горизонтальной), нивелирования СН-1, положения комбайна СРК-2,
- модуля обработки МР-2,

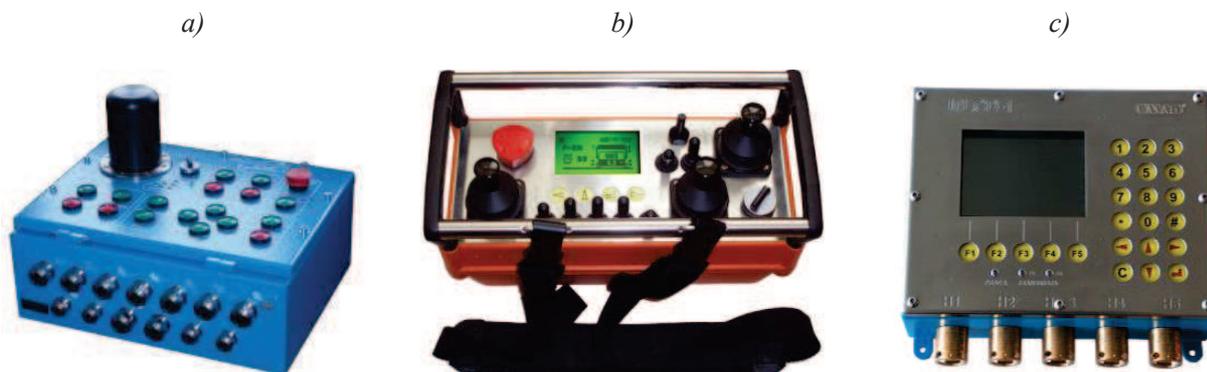


Рис. 3. Элементы SKD-2М: а) Панель управления и контроля ПАК-1; б) Пульт радиоуправления типа RSO-CH; в) Искробезопасный модуль дисплея MLCD-1 (собственная разработка)

– измерительных датчиков и преобразователей,
– подземной и поверхностной визуализации.

В свою очередь путём интеграции системы управления и диагностики SKD-2M с системой передачи μ ZIST образовались две линии связи между комбайном, местным удалённым диспет-

черским центром управления и поверхностным диспетчерским постом. Инновацией по сравнению с существующими решениями (рис. 4) является использование промежуточной стадии между центральным командоконтроллером машины и поверхностным диспетчерским постом.

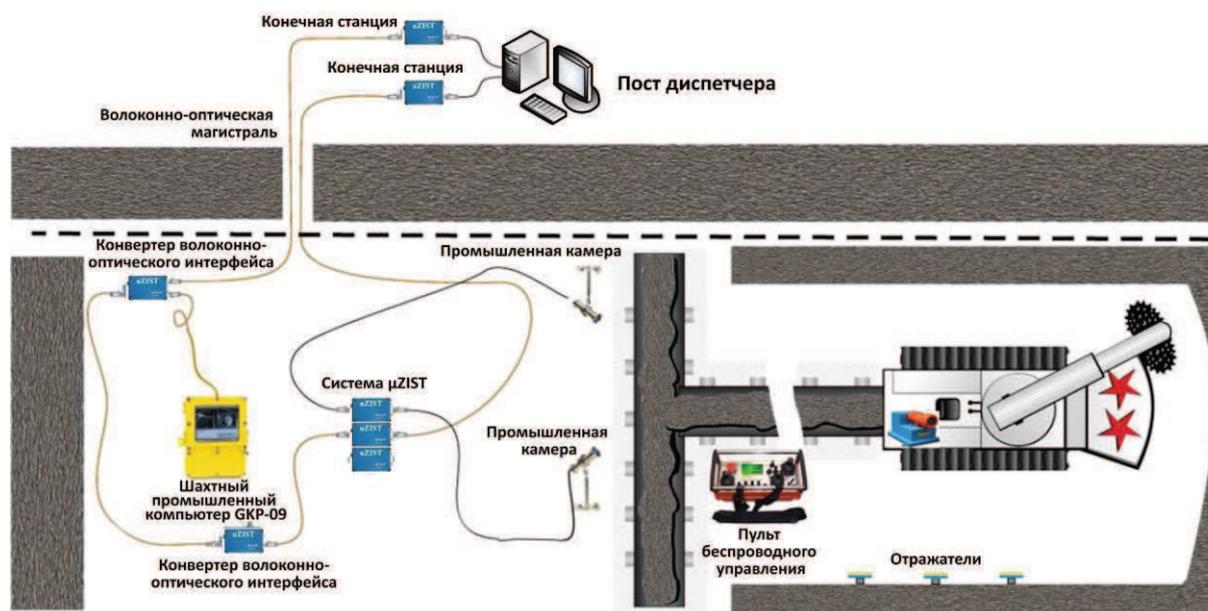


Рис. 4. Пример приложения интеграции системы управления SKD-2M с системой передачи μ ZIS (собственная разработка)

Местный шахтный промышленный компьютер обеспечивает предварительную обработку большого количества измерительных данных не только от самой системы управления комбайна, но также от оборудования контроля шахтной атмосферы в забое. Ресурсы шахтного промышленного компьютера позволяют использовать промышленные камеры видеонаблюдения и выполнять предварительную обработку и презентацию данных для нужд машинистов комбайна, персонала сервисного обслуживания, надзора и забойщиков.

Стоит отметить, что вышеупомянутые устройства и решения внедряются как в Польше, так и за рубежом. Например, новыми версиями системы управления и диагностики MAKS оснащено большинство очистных комбайнов, работающих в польской горнодобывающей промышленности, в общей сложности 30 шахт в Польше (и 15 за рубежом). В свою очередь система SKD-1 и система MPT-1 были внедрены на шахте АО ЛВ Богданка. Многочисленные внедрения имели место также в случае системы управления и мониторинга работы глубоких насосных станций (Н.С. Гродзец, Н.С. Сосновец, Н.С. Париж, Н.С. Катовице, Н.С. Нивка-Можеув, наряду с постом в Главной диспетчерской

Центрального предприятия по водоотливу шахт). Зарубежные внедрения касались системы SUK-2 – Россия и системы KID-220 – Беларусь.

4. УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ В ГИДРАСИСТЕМАХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МАШИН, РАБОТАЮЩИХ В ОСОБО ТРУДНЫХ УСЛОВИЯХ

Многолетняя деятельность Института ЭМАГ в области разработки и внедрения систем и устройств предоставила возможность разработать целый ряд искробезопасных датчиков, измерительных преобразователей, а также электрогидравлических и электропневматических устройств. К группе бинарных датчиков можно отнести такие элементы, как PCC-3, RCC-2, CPW-1, CPO-2/L/T и более технологически усовершенствованные аналоговые датчики типа PPP-1 и PAC-1. Создано также целый ряд распределителей, а также электрогидравлических – ZES-40, SEMI-2, ZEW-1 и электропневматических клапанов – REPI, ZEP-1, SEMI-2.

В последние годы одним из наиболее распространенных решений является пороговый датчик давления РСС-3. Это гидравлическое устройство, предназначенное для сигнализации превышения или снижения заранее заданного значения давления рабочей среды в гидравлических схемах, питаемых маслом или водоразбавляемой эмульсией. Его широкий диапазон настраиваемого порога срабатывания подтверждает его универсальный характер. Дополнительно в схеме выходов датчика можно использовать комплекты светодиодов, резисторы в конфигурациях соответствующих командоконтроллерам диагностических систем, используемых пользователями, что исключает необходимость использования промежуточных коробок и их дополнительной сертификации. По этой причине датчики используются в следующих устройствах: наземных и подвесных дорогах, очистных и проходческих комбайнах, гидравлических и дизель-гидравлических агрегатах, механизированных крепях, буровых установках. В числе наших клиентов такие компании горнодобывающей промышленности, как: ООО БЕККЕР ВАРКОП, АО ФАМУР, АО РЕМАГ, АО ПИОМА, АО КОПЕКС, а также многие другие пользователи, которые также нашли им применение.

4.1. Устройства управления в гидросистемах шахтных машин

Основным электрогидравлическим распределителем, предлагаемым ЦТТ ЭМАГ, является блочный электрогидравлический распределитель RBz 1÷6 (рис. 5а), созданный на базе исполнительных распределителей RH10, производимых фирмой ФУХ ГЕОРЫТ, а также Блоков управления ZES-40 (ИТИ ЭМАГ). Распределители RBz 1÷6 успешно используются в системах управления и контроля МАКС и МАКС DBC, являющихся оснащением многих очистных комбайнов произво-

димых в АО Фабрика Машин Фамур, в системах управления и диагностики проходческих комбайнов SUK-1 и SUK-2, в системе натяжения цепи забойных конвейеров NaP а также в других системах электрогидравлического управления шахтных машин.

Блок управления ZES-40 (рис. 5б) состоит из искробезопасного электромагнита и пилотирующего клапана, гидравлический выходной сигнал которого используется для переключения исполнительного распределителя. Такое решение позволяет управлять работой элементов силовой гидравлики, действующих при номинальном давлении питания более 30 МПа и рабочих потоках, превышающих 150 л/мин с помощью искробезопасных электромагнитов мощностью всего 1,2 Вт (100 мА при напряжении 12 В. Такое низкое энергопотребление блока управления было достигнуто благодаря:

- максимализации силы электромагнита за счет оптимизации магнитной цепи электромагнита с точки зрения получения наибольшей индуктивности (материал с очень хорошими магнитными параметрами, большое сечение магнитопровода, очень небольшой воздушный зазор),
- конструкции пилотирующего распределителя с очень небольшим рабочим ходом (около 0,1 мм) и небольшим сечением клапанов, требующим небольшой силы переключения и позволяющего ограничить до минимума воздушный зазор электромагнита.

Разработка и внедрение Пропорционального распределителя RPro-1 (рис. 5с) обеспечили динамическое развитие систем гидравлического управления. Сочетание классических гидравлических элементов с электронными системами управления лежит в основе электрогидравлической пропорциональной техники. Во многих случаях использование пропорциональной техники в гидравлических системах является условием точной

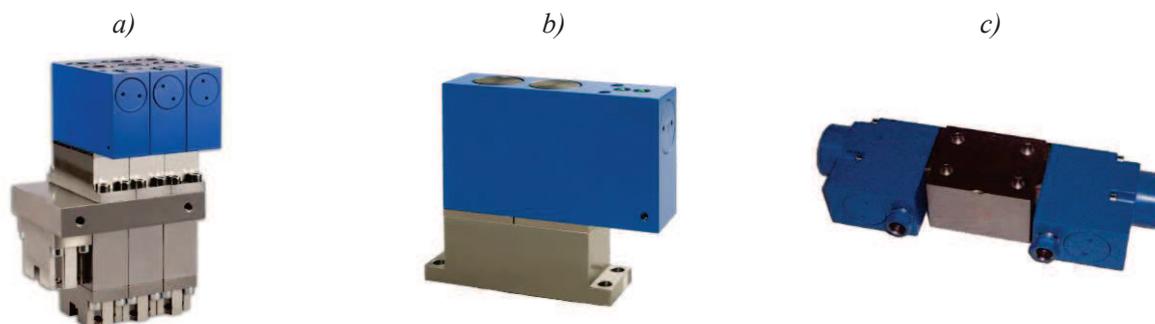


Рис. 5. Элементы управления: а) Блочный распределитель RBz-1÷6; б) Блок управления ZES-40; в) Пропорциональный распределитель RPro-1 (собственная разработка)

и гибкой работы машин и оборудования. Благодаря контролируемым переключениям можно избежать появления пиковых значений давления. Эффектом этого является более длительный срок службы механических и гидравлических элементов.

С целью управления устройств, питаемых сжатым воздухом, разработано одиночный командоконтроллер SEMI-2/P, который является интегральной частью искробезопасных электропневматических распределителей с очень высокими потоками рабочей среды. В данных распределителях используется золотниковый пневматический распределитель производства ИТИ ЭМАГ. На основе данного исполнительного распределителя были разработаны электропневматические

распределители REPI-*/*-*. Распределители REPI применяются для управления работой околоствольных устройств.

4.2. Устройства диагностики в гидросистемах систем управления шахтных машин

Для контроля состояния исполнительных элементов шахтных машин предназначены, разработанные в ЭМАГ, датчики:

– давления: пороговый, бинарный датчик давления РСС-3 (рис. 6а) и аналоговый датчик давления РАС-1 (рис. 6б),



Рис. 6. Датчики давления:

а) Бинарный датчик давления РСС-3; б) Аналоговый датчик давления РАС-1 (собственная разработка)

– уровня рабочей среды: Датчик уровня масла СРО-2/Л/Т (рис. 7а) – с сигнализацией снижения уровня рабочей среды ниже определённого минимума – и Поплавковый преобразователь

уровня РРР-1 (рис. 7б) – обеспечивающий аналоговое измерение уровня и температуры рабочей среды в закрытых ёмкостях, установленных в рабочих машинах,



Рис. 7. Датчики уровня рабочей среды: а) Датчик уровня масла СРО-2/Л/Т; б) Поплавковый преобразователь уровня РРР-1 (собственная разработка)

– параметров движения: Датчик расстояния и скорости СVD-1000 (рис. 8а) – предназначен для измерения скорости и пройденного расстояния перемещающимися машинами или оборудованием – и Датчик угла ИРК-120 – для измерения позиции исполнительного органа,

а также Искробезопасный преобразователь приближения с контактным выходом типа ICZ-1 (рис. 8б) – предназначенный для обнаружения наличия металлических объектов в зоне действия преобразователя.



Рис. 8. Датчики параметров движения: а) Датчик расстояния и скорости CVD-1000; б) Искробезопасный преобразователь приближения ICZ-1 (собственная разработка)

4.3. Электронные устройства, предназначенные для систем электрогидравлического управления шахтных машин

В Институте ЭМАГ разработано функционально комплектную группу устройств, предназначенных для создания модульных систем управления и мониторинга работы шахтных машин, работающих в особо трудных условиях.

В её состав входит Блок управления гидравлики и контроля механизмов BSHkm (рис. 9а) – разработанный для системы MAKS-DBC – предназначенный для управления силовой гидравлики и контроля параметров работы машин и устройств, используемых в добычном процессе. Данный блок приспособлен к монтажу на корпусе добычной машины в зоне, защищённой от механических воздействий.



Рис. 9. Элементы модульных устройств: а) Блок управления гидравлики и контроля механизмов BSHkm; б) Экспандер электроклапанов EE-1; с) Местный концентратор KLoc-1; д) Пульт управления PUS-10 (собственная разработка)

С помощью блока BSHkm можно управлять работой пяти искробезопасных электрогидравлических распределителей, кроме этого имеет он измерительные входы, обеспечивающие сбор данных с 12 датчиков, которые контролируют состояние управляемой машины.

Для применений, в которых требуется только управление электроклапанами, разработано экспандер электроклапанов EE-1 (рис. 9б), который в зависимости от версии исполнения позволяет управлять четырьмя или восемью электрогидравлическими распределителями. Экспандер является универсальным устройством с питанием 12 В и в зависимости от потребностей может оснащаться интерфейсом CAN или RS485.

Наиболее универсальным прибором, предназначенным для использования в электрогидравлических системах управления является 4-канальный программируемый модуль входа/выхода, который называется Местным концентратором KLoc-1 (рис. 9с). Каждый канал концентратора может работать в качестве измерительного входа (напряжение или ток) или

двойного выхода для переключения клапанов электрогидравлического распределителя. Концентратор может работать с датчиками с выходом напряжением 0 -5 В или током 0,2-1 мА, 4-20 мА.

Для целей ручного управления в модульных системах управления и мониторинга работы забойных машин разработано Пульт управления PUS-10 (рис. 9д), обеспечивающий включение/выключение функции управления в соответствии с состоянием кнопок и аварийную остановку оборудования после нажатия кнопки безопасности.

5. ЭНЕРГОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАШИН И ПРИВОДОВ

Одной из наиболее развивающихся услуг является модернизация существующих приводных систем, которые в зависимости от специфики этих систем включают в себя:

- выполнение преобразователей для регулировки скорости вращения приводов с асинхронными двигателями с фазным ротором в системе тиристорного каскада, включаемых в цепь ротора двигателя и имеющих каждый раз параметры, зависящие от параметров данных роторов,
- разработку систем для регулировки скорости вращения приводов большой мощности с асинхронными клеточными двигателями, с преобразователями частоты низкого (690 В) и среднего напряжения (6 кВ),
- выполнение и испытание преобразователей для приводов постоянного тока (главным образом подъёмных машин с двигателями постоянного тока).

5.1. Каскадные приводные системы

Объём выполняемых модернизаций приводов зависит от типа двигателя, используемого в приводе. В случае модернизации приводов с синхронными двигателями, охватывает она преобразование синхронных двигателей в индукционные двигатели с фазным ротором и установку тиристорного преобразователя, создающего с двигателями подсинхронный каскад. В случае шахтных вентиляторных станций главного проветривания возможно (экономичное) решение с одним общим тиристорным преобразователем для двух приводов, обеспечивающим их попеременную работу с регулируемой скоростью вращения.

Преобразование синхронного двигателя в индукционный двигатель с фазовым ротором заключается в замене ротора синхронного двигателя обмотанным, асинхронным ротором. Модернизация привода охватывает также систему управления целого привода (включая систему запуска). Данная система, оснащённая микропроцессорными командоконтроллерами, реализует следующие функции:

- управления включением и выключением привода,
- работы в каскадной системе или с короткозамкнутым ротором (в обходной цепи),
- контроля состояния вспомогательных устройств преобразовательной системы и всего привода перед переключением на работу и блокировка включения,
- контроля исправности отдельных компонентов во время работы и отключения в случае их неисправности.

Управление приводом осуществляется с операторского пульта, размещённого в блоке управления, в котором кроме этого находятся остальные элементы управления, сигнализации и контроля.

Использование в системе управления микропроцессорных командоконтроллеров предоставляет широкие возможности в области мониторинга как готовности привода к работе, так и самой работы. В результате подготовки привода к работе на дисплее командоконтроллера высвечивается сообщение о готовности к включению, а в случае отсутствия готовности высвечиваемое сообщение информирует о недостающих сигналах и перечисляет данные сигналы в виде просматриваемого списка. Срабатывание защит, вызывающих аварийное отключение привода, приводит к появлению сообщения с указанием причин выключения. Данная информация хранится в «истории аварий» и можно её просматривать по желанию в любое время.

Большими приводами, модернизированными в выше указанном объёме, в двух шахтах АО Ястжембской Угольной Компании являются приводы вентиляторов главного проветривания с мощностью 2500 кВт и привод компрессора, модернизированный с целью создания возможности регулировать его производительность путем изменения скорости вращения $Q \cong 16\ 000\ \text{м}^3/\text{ч}$ до $8000 \div 10000\ \text{м}^3/\text{ч}$. Для регулирования скорости вращения двигателя компрессора с мощностью 1800 кВт, напряжением 6 кВ использовано систему тиристорного каскада.

5.2. Системы регулирования производительности вентиляторов с преобразователями частоты

Другим способом повышения эффективности системы вентиляции является использование преобразователей частоты для регулирования скорости вращения вентиляторов главного проветривания. Реализованная в одной из шахт АО Катовицкий Угольный Холдинг система с частотными преобразователями, питающими индукционные, клеточные двигатели мощностью 500 кВт, на напряжение 690 В, со скоростью вращения 369 об/мин, обеспечивает изменение скорости привода в широком, практически в неполностью используемом диапазоне в случае вентиляторов. Это высокопроизводительная, энергоэффективная приводная система, заменяющая традиционные способы регулировки производительности вентилятора. Для того, чтобы повысить надёжность работы, обязательную для вентиляторов главного проветривания, предусмотрено обходную цепь, обеспечивающую питание двигателя непосредственно от преобразовательного трансформатора, с обходом частотного преобразователя, без регулирования скорости вращения.

Модернизация целых вентиляторных станции главного проветривания, связанная с модернизацией приводов вентиляторов, предоставляет возможность охватить их системой мониторинга и визуализации, а также обеспечить контроль параметров воздуха. Это является дополнительным фактором для повышения безопасности людей, которые работают в особо опасных условиях горного предприятия.

5.3. Системы регулирования скорости и управления приводов постоянного тока

В последние годы в Институте ЭМАГ разработано тиристорный преобразователь с номинальным током 4000 А и максимальным выпрямленным напряжением 750 В, с возможностью параллельного соединения. Использование микропроцессорных систем в системе управления и регулирования позволило получить высокую динамику и плавность работы преобразовательного привода подъёмной машины, а также обеспечило возможность визуализации работы и мониторинга аварийных состояний, что значительно улучшило и повысило эффективность обслуживания машины.

Тиристорный преобразователь типа TR-4 предназначен для питания приводных систем высокой мощности, в том числе подъёмных машин в горной промышленности. Как уже упоминалось, он подходит для параллельной работы.

Главным преобразователем управляют микропроцессорные командоконтроллеры, расположенные в отдельном шкафу, которые кроме управления тиристоров выполняют также функции регуляторов тока и скорости, а также функции защит преобразователя.

Для выполнения регулировочных функций используется микропроцессорный командоконтроллер, который реализует следующие функции:

- регулятора тока типа PI,
- регулятора скорости типа P или PI,
- контроля скорости изменения заданной скорости,
- контроля работы преобразователя (защита, отслеживающая ток),
- контроля исправной работы командоконтроллера,
- установки скорости после установленной рампы,
- управления преобразователя возбуждения (при реверсивном движении).

Второй командоконтроллер реализует функции защит, в том числе:

- контроля состояния датчиков температуры и микросоединителей предохранителей,

- контроля токов в каждом тиристорном мостике с учетом максимального тока, однородности расхождения токов и однородности нагрузки фаз,
- визуализации аварийных состояний преобразователя на операторском пульте.

Возникновение какого-либо аварийного состояния сигнализируется на операторском пульте с помощью соответствующего сообщения.

Одной из самых интересных реализаций этого типа было выполнение преобразователей и запуск привода постоянного тока мощностью 2250 кВт, на напряжение 650 В для балансировочной машины роторов турбогенераторов для фирмы Альстом Паувер в г. Вроцлав. Это привод, от которого требуется высокая точность регулирования скорости вращения, и характеризуется он очень широким диапазоном изменений момента инерции работающей машины.

5.4. Системы энергоэлектронного управления для локомотивов

Широкие возможности дает модернизация управления локомотивов, используемых в подземных выработках шахт.

Предлагается в частности комплексная система энергоэлектронного управления для проводных локомотивов LGT-22 производства ACEA. Их современная система питания и управления характеризуется независимым управлением двумя приводными двигателями с возможностью обнаружения скольжения ведущих колес. Кроме того, система управления обеспечивает езду двух локомотивов в тандеме и дистанционное управление (езду без машиниста) при погрузке и разгрузке горной массы.

Следующими инновационными решениями являются:

- энергоэлектронное управление приводом локомотива – взрывонепроницаемый контактный спидометр типа OPT-2, который применяется как в локомотивах Ldag-05, так и в локомотивах LeaBM-12, оснащённых системой управления производства фирмы АПАТОР или с оборудованием TUSO/M, TURO A,
- индикатор уровня зарядки батареи аккумуляторов, со светодиодным дисплеем, устойчивым к сотрясениям, заменяющий используемый до этого времени стрелочный прибор,
- контактный спидометр и индикатор уровня зарядки типа UML (рис. 10), который имеет также счетчик времени работы, счетчик пробега в километрах и может обеспечивать архивирование данных (функция тахометра) при содействии с новой системой управления TUSO/M.



Рис. 10. Спидометр UML (собственная разработка)

5.5. Компенсация реактивной мощности

Возможность подбора мощности для нужд электроэнергетической системы обеспечивают предлагаемые ЦТТ ЭМАГ блоки компенсации типа ZCO (рис. 11а) и ZK (рис. 11б).

Номинальная мощность блока компенсации может подбираться для нужд электроэнергетической системы в значениях до 1200 КВАг, при 2 компенсационных стадиях, в режиме автоматической работы (управление регулятором коэффициента реактивной мощности), с соединительными аппаратами в виде контакторов Rollarc 400.

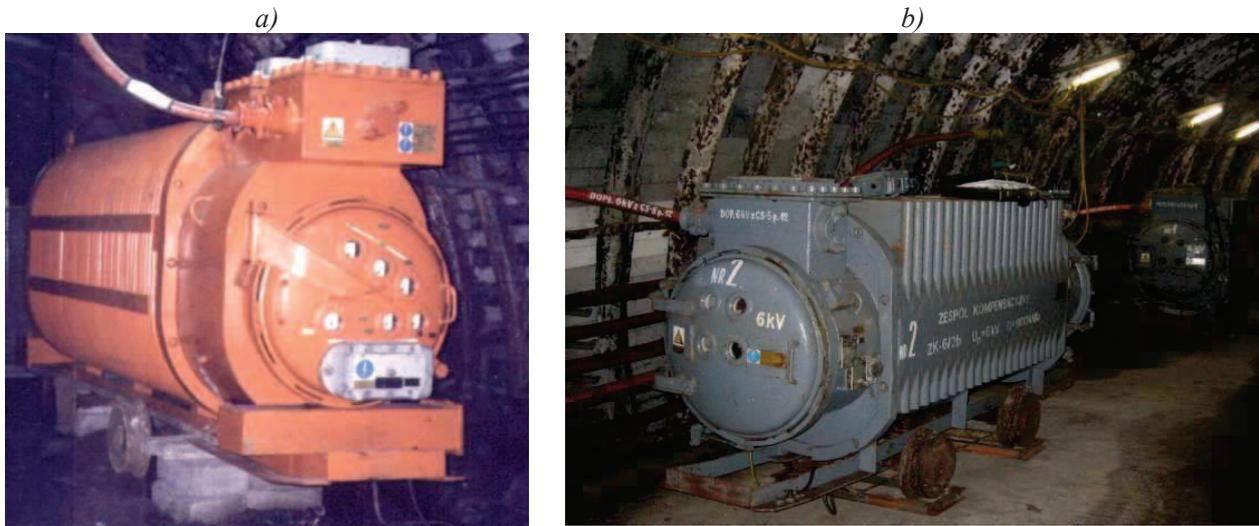


Рис. 11. Вид блоков компенсации на рабочих местах: а) тип ZCO; б) тип ZK (собственная разработка)

5.6. Защиты

Большое значение для безопасности труда имеют защиты от утечки (рис. 12). Одной из предлагаемых является центральная защита от утечки

типа RRgFx /M (рис. 12а), которая предназначена для защиты от опасных последствий повреждения изоляции на землю в сетях типа IT с номинальным напряжением до 1140 В.



Рис. 12. Защиты от утечки: а) центральная типа RRgFx/M; б) блокирующая типа RRgB (собственная разработка)

Функциональные свойства обеспечивают:

- содействие с ростовым и остаточным независимым расцепителем,
- дополнительный выбор режима работы блокировки срабатывания – активная или неактивная блокировка,
- память срабатывания (блокировки) - не менее 48 часов,
- возможность подключения защиты к сети в любом месте,
- сигнализацию: состояния изоляции, емкости фазы, вида повреждения, срабатывания.

Защитой другого типа является блокирующая защита от утечки RRGV (рис. 12b), предназначенная для защиты от опасных последствий подключения к рабочему напряжению линии - выводу трехфазной электроэнергетической сети с изолированной нейтральной точкой с номинальным напряжением до 1140 В, 50 Гц, указывающей повреждение изоляции на землю. Предохранительное действие этой защиты заключается в блокировке возможности подключения контролируемого сегмента сети к напряжению в случае возникновения в любом его пункте повреждения изоляции на землю. Защита предусмотрена для установки в камерах электрооборудования трансформаторных подстанций и контакторных блоков в обычном или взрывобезопасном исполнении. Контактная выходная цепь защиты приспособлена для работы с цепями управления контакторных соединителей.

6. УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ И МАССЫ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Проводимые на протяжении многих лет в Институте ЭМАГ исследования по разработке методов измерения и технологических решений для контроля качественных параметров и массы полезных ископаемых в обогатительных фабриках, предоставили возможность создания комплексного предложения, удовлетворяющего почти все потребности потенциальных пользователей. Работы по модернизации в свою очередь позволили усовершенствовать многие решения, сохранить их на самом высоком технологическом уровне и адаптировать к конкретным требованиям заказчика.

В технологических процессах обогатительных фабрик используются сложные системы управ-

ления, которые объединяют работу машин и оборудования с многими измерительными приборами (в основном неэлектрических параметров). Данные, полученные от датчиков, обрабатываются в соответствующих микропроцессорных командоконтроллерах с использованием соответствующего для данного процесса алгоритма.

Современные программируемые системы управления обеспечивают точный анализ и диагностику текущего состояния производственного оборудования. Повышение точности внутреннего надзора за надлежащим функционированием машин связано, безусловно, со значительным увеличением числа сигналов и данных, связанных с ожидаемыми, возможными или возникшими событиями. Прикладное программное обеспечение также включает в себя возможность сигнализации помех (в том числе аварийных ситуаций) в работе технологической линии с графическим и текстовым представлением, а также передачи команд отдельным командоконтроллерам, выполняющим определенные функции управления.

Предложение ЦТТ ЭМАГ охватывает следующие решения, разработанные в Институте ЭМАГ, связанные с измерениями параметров качества полезных ископаемых: плотномеры, золомеры (абсорбционные, рассеянные, измеряющие естественное гамма-излучение, оптические), микроволновые влагомеры (абсорбционные, рассеянные и резонансные), измерители содержания калия в калийных солях, анализаторы элементного состава, использующие метод рентгеновской флуоресценции, системы промышленной автоматики, содействующие с измерителями качества полезных ископаемых, системы электрогидравлического управления шахтных машин.

6.1. Измерения с использованием искусственных изотопов

Изотопы используются в системах, характеризующихся трудными условиями измерений, когда доступ к анализируемой среде затруднителен. В качестве примера можно привести изотопный плотномер, предназначенный для измерения плотности, концентрации, процентного содержания двухсоставных смесей, транспортируемых гидравлическим или пневматическим способом по трубопроводу. Потенциальными пользователями являются предприятия по переработке полезных ископаемых, переработке промышленных отходов, переработке и утилизации отходов, производству строительных материалов. Устройство обеспечивает осуществление непрерывного бесконтактного измерения, не ограничивая течения.

Абсорбционные и рассеянные золомеры, используемые в зависимости от технологических условий, предназначены для измерения содержания золы в угле, транспортируемым ленточным конвейером. В зависимости от исполнения используется метод, основанный на явлении поглощения низко и среднеэнергетического гамма-излучения или на явлении обратного рассеивания гамма-излучения (back-scattering). В случае содействия золомера с влагомером можно рассчитать теплотворную способность.

Изотоп в качестве источника ионизирующего излучения используется в анализаторе PYLOX. Ионизирующее излучение, исходящее от источника, выбивает электроны из отдельных атомов, образуя ионы. Так возбужденные атомы испускают вторичное излучение с энергиями, свойственными данному элементу. Анализ энергетического спектра возбужденного излучения предоставляет информацию о типе и количестве данного элемента. Устройство используется для определения параметров смесей, таких как: зола, негорючие частицы угольной пыли, а также содержания меди, серы и других элементов.

6.2. Измерения, базирующие на естественном гамма-излучении

Анализаторы, использующие измерение естественного гамма-излучения, используются в золомерах, предназначенных для непрерывного

измерения (RODOS), лабораторного измерения (GAMMA NATURA 2), а также в переносных золомерах. Универсальность метода связана с отсутствием искусственных изотопов и связанных с ними разрешений на применение, выдаваемых Национальным агентством по атомной энергии. Содействие золомера с микроволновым влагомером позволяет рассчитывать тепловую способность. Золомер, предназначенный для измерений на ленточном конвейере конвейере, работает совместно с конвейерными весами. Это связано с тем, что уровень естественного излучения зависит не только от содержания золы, но также и от количества материала в измерительной зоне. Такие золомеры изготавливаются также в версии, предназначенной для использования в зонах опасных по взрыву угольной пыли и метана, а также в безопасной зоне. Большая измерительная площадь обеспечивает хорошее усреднение измеряемого материала и частично компенсирует низкий уровень излучения. Получение стабильных показаний требует более длительного времени измерения.

Разработанный в ЭМАГ измерительный метод, позволяющий определять содержание KCl в калийных солях, транспортируемых ленточным конвейером, используется в измерителе SILVOS. Проведенные эксплуатационные испытания показали правильность вычислительных алгоритмов и стабильность работы в условиях высоких температур и агрессивных сред (рис. 13).



Рис. 13. Система SOLVOS для измерения содержания калия во время эксплуатационных испытаний (собственная разработка)

Установлено, что, обеспечивая постоянную геометрию измерений, можно достигнуть погрешность измерения менее 0,7% KCl. Условия измерений можно обеспечить путем выбора соответствующего места установки оборудования, установки системы, формирующей поток материала перед измерительной зоной, или установки устройства,

обнаруживающего и компенсирующего воздействие поперечного перемещения материала по отношению к оси измерительной зоны.

Оптической золомер MPOF2 представляет собой устройство (рис. 14а), предназначенное для непрерывного измерения содержания золы во флотационных отходах каменного угля.



Рис. 14. Золомер MPOF2: а) Общий вид – основные элементы: 1 - измерительная головка, 2 - модуль визуализации, б) вид установленной измерительной головки (собственная разработка)

Измерения могут выполняться непосредственно на сливах отходов во флотационных машинах или во флотореагентах (желобах) отходов при условии соответствия метрологическим требованиям. Представляемые результаты обеспечивают текущую оценку правильности проходящего процесса флотации и могут использоваться для его регулирования, а также представлять информацию о необходимости корректировки флотационных машин. Текущий контроль хвостов флотации является очень важным с экономической и экологической точки зрения. Правильный процесс флотации влияет на качество конечного продукта. Конечными продуктами процесса являются не только концентрат, но также камень и чистая вода.

Корпус измерительной головки постоянно погружен на половину высоты в протекающих флотационных отходах (рис. 14б). Выполнен он из пластиковой конструкции, армированного стекловолокном полиамида, что делает его устойчивым к коррозии и существующим химическим соединениям (особенно нефтепроизводным), а также механическим повреждениям. В целях соблюдения заявленной погрешности измерений $1\sigma \leq 3,5\%$ Аа необходимо выполнить минимальные метрологические требования:

- погружение измерительной головки во флотационных отходах на глубину ≥ 20 см,
- обеспечивать ламинарный поток шлама под головкой (без пузырьков воздуха),
- уплотнение флотационных отходов ≥ 15 г/л,
- грануляция твердой фазы $\leq 0,7$ мм.

Если грануляция уплотнения флотационных отходов составит менее 15 г/л, то проба станет слишком «прозрачной», что отрицательно повлияет на точность измерения.

Описанные выше группы устройств могут работать либо как отдельные измерители для монито-

ринга технологических процессов, либо также могут подключаться к системам автоматического регулирования. Такие решения обеспечивают реализацию нестандартных измерений с высокой точностью, а также передачу и визуализацию текущих результатов в выбранное место, например, станцию надзора или станцию контроля. Результаты записываются в базах данных и представляются в виде таблиц и графиков.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диапазон успешно выполненных до этого времени внедрений и перспективы дальнейшей продажи систем широки. Привлекательность и инновационность разработанного предложения связана с правильно реализованным этапом исследования и развития, эффективно проведенной маркетинговой кампанией, хорошей коммерческой подготовкой, многоязычной версией систем и ее полной документацией для потенциальных пользователей в стране и за рубежом.

Разработанные и внедренные системы обеспечивают повышение безопасности труда и способствуют защите окружающей среды.

Проводимые Институтом инновационной техники ЭМАГ работы по разработке систем и устройств нового поколения приводят к тому, что предложение ЦТТ ЭМАГ является современным и отвечает требованиям, предъявляемым пользователями систем и оборудования в предприятиях подземной и рудничной горной промышленности.

В статье использовано материалы и документацию, разработанную в Институте инновационной техники ЭМАГ.