

- обработку информации о состоянии элементов, узлов, окружающей среды, горного массива и других составляющих шахтной технологической цепи, моделирование и прогноз с целью поиска рациональных управленческих решений;
- оснащение шахт создаваемыми техническими средствами диагностики, автоматизации, сбора и обработки информации.

Создание и совершенствование технических средств контроля, прогноза и управления угольными предприятиями существенно повысит безопасность и эффективность работы шахт.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЫЕМОЧНЫХ КОМБАЙНОВ**

Силаев В.И., докт. техн. наук.,

Синенко В.В., канд. техн. наук.,

Курносов Г.В.,

(ОАО «Автоматгормаш им. В.А. Антипова»), г. Донецк,  
Украина

На шахтах происходят противоречивые процессы. В последние годы поступает хотя и в ограниченных количествах высокопроизводительное оборудование, которое наряду с другими мерами способно внести перелом в работу отрасли. Но эффективность его использования во многих случаях снижается из-за недостаточной квалификации персонала, в том числе вследствие оттока кадров.

Выемка угля производится в основном очистными комбайнами – многооперационными машинами. В настоящее время практически все отечественные узкозахватные выемочные комбайны оснащаются системами автоматизации и технической диагностики, не уступающими аналогам ведущих зарубежных фирм. Это – сложная аппаратура, состоящая из нескольких взаимосвязанных подсистем, каждая из которых может функционировать автономно.

Подсистема управления энергосбережением обеспечивает включение и отключение контакторов в силовых цепях машин и

механизмов, в т.ч. программное управление запуском и остановкой электродвигателей при многодвигательном приводе с необходимыми по нормативам защитами и блокировками, контролем состояния электрических цепей (РКС), пускателей, места отключения питания из лавы.

Подсистема управления режимом работы предназначена для регулирования нагрузки электропривода, управления скоростью подачи, ограничения тягового усилия и динамической нагруженности машины, защиты от перегрузок, управления стояночными тормозами (при их наличии), выдачи информации для управления предохранительной лебедкой. Используется информация о скорости подачи (ДС  $V_r$ ), нагрузке привода ( $I$ ,  $U_n$ ), включении сервопривода тормоза (РП).

Подсистема программного управления режущими органами необходима для полной выемки угля на всю мощность пласта без присечки боковых пород или при необходимости оставления предохранительной пачки угля заданной толщины, формирования рельефа выработанного пространства. К настоящему времени еще находится на стадии НИР.

Подсистема контроля состояния оборудования и окружающей среды обеспечивает сбор, обработку и предоставление на индикаторы, контрольные приборы и буквенно-цифровые дисплеи информации о различных параметрах, положении подвижных частей, характере и месте отказов, а также выдает прогноз состояния на ближайшую перспективу. При отключении питания оборудования информация об отказах сохраняется и может быть вызвана оператором на дисплей.

Перед пуском и началом движения комбайна, конвейера и вынесенной системы подачи подается предупредительный сигнал заданной продолжительности и интенсивности. Рабочие, находящиеся в различных точках лавы нуждаются в оперативной связи между собой и с персоналом на штреке. Эти функции выполняет подсистема сигнализации и связи. В ней используется информация РКС,  $U_n$ , о месте отключения комбайна и конвейера из лавы, повреждениях в канале связи и отдельных блоков.

Комбайн оснащується требуемыми нормативными документами, средствами безопасности, используемыми для управления, контроля, защит и блокировок (ЗиБ). Это средства управления орошением, стояночными тормозами и предохранительной лебедкой, контроля наличия метана в зоне выемки угля (ТМРК), давления в системе орошения (РД), сопротивления цепи заземления, состояния горного массива в условиях выбросоопасности. Для защиты и блокировок используются реле КОРД, датчик нагрузки ДКН, электромагнитные клапаны.

Как видно из рис.1 аппаратура выдает информацию в систему АСУ ТП шахты, а также, для управления другими механизмами и аппаратами на участке (АТЭМ, УЭС, СБ, КППВ, СУВ).

Система обеспечивает дистанционное управление с безопасного расстояния, максимально допустимую, в конкретных условиях эксплуатации, нагрузку привода, защиту его от перегрузок, представление информации о состоянии отдельных элементов, узлов, блоков, электрических цепей, адрес и характер неисправностей. Тем самым получается эффект в виде прироста скорости подачи, стабилизации нагрузки, сокращения простоев, повышения безопасности работы машиниста комбайна.

При разработке аппаратуры основные трудности возникли в создании подсистемы управления режимом работы машиниста, т.к. это существенно нелинейный нестационарный динамический объект с запаздыванием. Кроме того, имеются жесткие ограничения на массо-габаритные и энергетические (по условиям искробезопасности) параметры; приходится считаться и с недостаточной квалификацией обслуживающего персонала.

Принципиально новым решением в отечественной аппаратуре в отличие от зарубежных электромеханических систем было полностью электрогидравлическое или электрическое управление режимом работы с приоритетом канала скорости подачи. Именно это решение обеспечивало возможность дистанционного управления. Но так как комбайн является человеко – машинной системой, а условия его функционирования постоянно меняются, то машинист вынужден часто изменять режимы работы, что может быть произведено только

изменением скорости. Кроме того канал скорости обеспечивает синхронизацию функционирования забойного оборудования.

Сложную проблему обеспечения искробезопасности пришлось решать в процессе создания подсистемы сигнализации и связи, которая обеспечивает подачу предупредительного сигнала перед пуском и началом движения комбайна и конвейера и громкоговорящую связь между рабочими в лаве и на штреке.

Высокая энергоемкость, длинные (до 400м) линии связи, большое количество распределенных реактивных нагрузок приводит к значительным перенапряжениям при различных повреждениях. Были разработаны принципиально новые (запатентованные во многих странах) искробезопасные источники большой мощности и предложен ряд оригинальных схемных решений. Это обеспечило искробезопасность подсистемы, но параметры имели минимальные запасы.

В настоящее время разрабатывается ряд новых комбайнов. Они отличаются повышенной энерговооруженностью, долговечностью, использованием частотно-регулируемого привода подачи. Эти особенности, а также, эксплуатация в высоконагруженных забоях обуславливают новые или ужесточают существующие требования к аппаратуре автоматизации.

Их использование с новыми скребковыми конвейерами позволит увеличить длину лавы до 350 м. Следовательно, на 100–150 м возрастет длина линий связи и на 30% реактивных нагрузок, т.е. требуется коренная корректировка подсистемы сигнализации и связи, с применением принципиально новых решений.

С целью дальнейшего сокращения простоев, необходимо расширять диагностические функции, повышать глубину диагностирования, а также, устойчивость аппаратуры к разного рода отказам ее узлов и цепей за счет резервирования и самоконтроля, а вывод более полной информации на индикаторы и дисплей позволит сократить простой машины за счет ускорения поиска неисправностей. Это позволит перейти от системы планово-предупредительных ремонтов к обслуживанию машины по ее фактическому состоянию, что также сократит потери времени, а следовательно, и утраченную выгоду.

Алгоритмы функционирования должны учитывать максимально возможное количество нештатных и запрещенных состояний машины и аппаратуры, не допускать работу при несанкционированных действиях персонала, которые могут привести к аварии.

Но комбайн технологически связан со всем оборудованием забоев, от работы которого зависит его производительность. Наибольшая эффективность достигается когда он работает в составе механизированного комплекса. Сегодня на нескольких шахтах нагрузка на лаву достигает 4 тыс. тонн в сутки. Но и это не устраивает шахтеров и далеко от мировых показателей.

Дальнейшая интенсификация работ в забоях ставит обязательным условием полную автоматизацию механизированных комплексов, т.к. в этих условиях основным сдерживающим фактором становится человек. Он попросту не может работать с теми высокими скоростями, которые будут заложены в перспективное оборудование, и с высокими психологическими нагрузками.

В автоматизированном комплексе к комбайну предъявляется ряд специфических требований.

Его бортовая аппаратура автоматизации становится подсистемой интегрированной системы управления комплексом, которая обеспечивает синхронизацию управления функционированием всего оборудования, контроль состояния оборудования и среды, информационный обмен, накопление и представление информации.

От комбайна в зависимости от его положения в лаве подаются команды на передвижку секций крепи. При этом должно обеспечиваться достаточно жесткая синхронизация процессов выемки угля и крепления забоя. Секции передвигаются вслед за проходом комбайна, не допускается их большое отставание от машины и обнажение и возможное обрушение кровли. Если все же по каким-то причинам скорость крепления замедляется, то либо меняется порядок передвижки, либо подается команда на соответствующее снижение скорости комбайна.

В обычном забое комбайн может маневрировать практически на любом участке, то в автоматизированном комплексе его реверс

исключен, т.к. это грозит столкновение с передвинувшимися секциями крепи, а, следовательно, повреждением оборудования.

Когда в обычной лаве находится человек, он выполняет часть функций по контролю за состоянием оборудования и окружающей среды. В автоматизированном комплексе все эти функции переходят к аппаратуре автоматизации. Естественно, она должна иметь более развитую, более надежную и достоверную информационную подсистему, особенно в части контроля параметров безопасности.

В этом случае также возрастают требования к надежности и долговечности оборудования. В этом направлении в последние годы Донгипроуглемашем сделан существенный рывок за счет использования новых технологий, материалов, методов расчетов и конструирования.

Но эту проблему можно частично решить как уже сказано за счет развитого диагностирования и профилактического обслуживания. Еще один из радикальных путей – снижение динамической нагруженности.

В этом направлении существенную роль мог бы сыграть регулируемый привод резания с управлением режимом работы по принципу максимального варианта (в формулировке комиссии Терпигорева М.М.) или параметрической стабилизации – поддержание постоянства соотношения скоростей резания и подачи. В этом случае за счет снижения скорости резания, особенно при выемке крепких углей, существенно уменьшается кинетическая энергия привода, а следовательно, и динамические нагрузки в трансмиссии, кроме того, обеспечивается высокая сортность угля, за счет исключения его переизмельчения, снижается удельная энергоемкость выемки.

В этом случае подсистема управления режимом работы претерпевает радикальные изменения. К ее функциям добавляются измерение скорости резания и динамической нагруженности, управления скоростью резания, поиск оптимального соотношения скоростей резания и подачи, при котором обеспечивается минимум динамической нагруженности или максимально возможная толщина снимаемой стружки угля при скорости подачи не ниже заданной

величини. То есть, канал нагрузки преобразуется в оптимизатор на базе адаптивного экстремального регулятора.

Ранее неоднократно предпринимались попытки создания таких машин, однако технические возможности были ограничены, а использование двигателей постоянного тока не давало должного эффекта из-за больших габаритов, больших маховых масс ротора и высокой стоимости. Наиболее оптимально решить эту задачу позволяет автоматизированный частотно-регулируемый привод подачи и резания.

Конечно, такой привод имеет более высокую по сравнению с нерегулируемым стоимость, требует квалифицированного обслуживания, необходима принципиально иная аппаратура, обеспечивающая оптимальное соотношение скоростей резания и подачи. Поэтому рациональная область применения таких комбайнов ограничивается забоями, в которых скорость подачи изменяется в широких пределах из-за высокой крепости углей, наличия крепких прослоек или твердых включений, вынужденной присечки боковых пород.

Системы автоматизации современных и перспективных выемочных комбайнов весьма сложные и дорогостоящие. Но только при их использовании обеспечивается получение расчетных параметров по производительности и долговечности машин.