

Transfer nowoczesnych technologii umożliwiających poprawę bezpieczeństwa pracy w górnictwie oraz prowadzenie działań związanych z ochroną środowiska jako domena działalności CTT EMAG

Artykuł stanowi przegląd nowoczesnych systemów i urządzeń z zakresu geofizyki, automatyki i miernictwa przemysłowego, opracowanych w Instytucie Technik Innowacyjnych EMAG, których transferem zajmuje się Centrum Transferu Technologii EMAG. Zaprezentowano w nim wybrane rozwiązania, wdrażane do górnictwa w celu podniesienia bezpieczeństwa załóg, komfortu ich pracy i lepszej oraz bardziej ekonomicznej i oszczędnej dla środowiska eksploatacji kopalni.

1. WPROWADZENIE

Centrum Transferu Technologii EMAG Sp. z o.o. jest firmą powstałą w 2010 r. w wyniku wejścia w życie ustawy z dnia 30 kwietnia 2010 r. o instytutach badawczych, która istniejące do tej pory jednostki badawczo-rozwojowe przekształciła z dniem 1 października 2010 r. w instytuty badawcze o ograniczonych możliwościach produkcyjnych i wytwórczych.

Obszarami działalności CTT EMAG są geofizyka, automatyka, elektronika, hydraulika oraz przeróbka kopalni.

Zakres (kompleksowych) usług firmy obejmuje produkcję i kompletację systemów i urządzeń będących przedmiotem jej oferty oraz nadzór techniczny nad ich wdrażaniem i eksploatacją, a także serwis gwarancyjny i pogwarancyjny.

W niniejszym artykule przedstawiono wybrane systemy i urządzenia, oferowane przez CTT EMAG, wykorzystując do tego celu materiały, które opracowali pracownicy Instytutu Technik Innowacyjnych EMAG: dr inż. Zbigniew Isakow, dr inż. Artur Kozłowski, dr inż. Marek Kryca i mgr Irena J. Kuciara.

Wszystkich zainteresowanych bardziej szczegółowymi danymi zapraszamy na stronę internetową <http://www.cttemag.pl>.

2. SYSTEMY GEOFIZYCZNE

Produkcja systemów geofizycznych przez CTT EMAG realizowana jest na licencji Instytutu Technik Innowacyjnych EMAG. Instytut EMAG pełni nadzór merytoryczny nad komercjalizacją systemów, a także jest autorem zmian i modernizacji zarówno w oprogramowaniu, jak i w ich części sprzętowej.

Do nowoczesnych rozwiązań opracowanych przez firmę CTT EMAG, które mają na celu monitorowanie i ocenę zagrożenia sejsmicznego, zaliczyć można systemy:

– przeznaczone do oceny zagrożenia sejsmicznego w obszarze całej kopalni, w tym system sejsmiczny ARAMIS M/E, wyposażony w cyfrową transmisję sygnałów sejsmometrycznych wraz z oprogramowaniem pozwalającym m.in. na ocenę stanu zagrożenia zgodnie z zasadami kompleksowej metody oceny zagrożenia tąpnięciami w zakładach górni-

czych wydobywających węgiel kamienny (instrukcje nr 20 i nr 22 opracowane przez Główny Instytut Górnictwa),

- przeznaczone dla rejonów szczególnie zagrożonych (ściana), w tym system sejsmoakustyczny ARES-5/E, wyposażony w prędkościowe czujniki elektrodynamiczne wraz z oprogramowaniem OCENA_WIN,
- przeznaczone do kontroli zagrożeń infrastruktury zakładów górniczych (szyby, zbiorniki poflotacyjne), w tym:
 - system do rejestracji przyspieszeń drgań obudowy szybowej wywołanych przez wstrząsy górnicze (ARP 2000 SZ),
 - system do rejestracji przyspieszeń drgań wałów zbiorników hydrotechnicznych (ARP 2000 H),
- przeznaczone do monitorowania zagrożeń powierzchni wywołanych eksploatacją górnictwem, w tym system do rejestracji przyspieszeń drgań powierzchni oraz jej deformacji wywołanych wstrząsami górnictwem (system ARP 2000 P/E).

2.1. ARAMIS M/E – system sejsmiczny z cyfrową transmisją sygnałów sejsmometrycznych DTSS

System sejsmiczny ARAMIS M/E z cyfrową transmisją sygnałów DTSS umożliwia:

- lokalizację wstrząsów (oprogramowanie ARAMIS_WIN) zaistniałych w rejonie kopalni wraz z określaniem ich energii oraz ocenę zagrożenia tąpnięciami metodami sejsmologii (pakiet oprogramowania specjalistycznego),

– ciągłą akwizycję sygnałów sejsmicznych w serwerze rejestrującym.

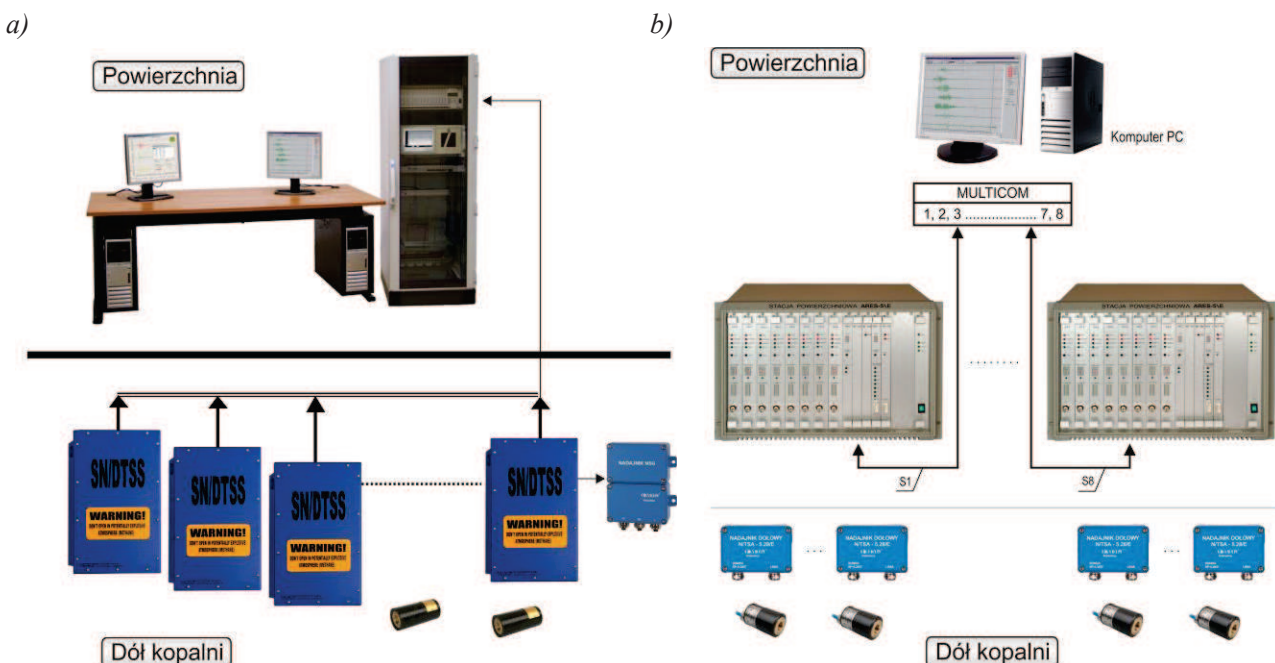
Dzięki iskrobezpiecznej cyfrowej transmisji danych DTSS możliwe jest centralne zasilanie nadajników dołowych z powierzchni oraz transmisja cyfrowa przetworzonych sygnałów pomiarowych na powierzchnię.

Dzięki dużej dynamice rejestracji (110 dB) i paśmie rejestrowanych częstotliwości w zakresie 0-150 Hz oraz odpornej na zakłócenia transmisji cyfrowej system zapewnia prawidłową rejestrację zarówno słabych zjawisk sejsmicznych (od 10^2 J), jak i zjawisk o dużej energii bez nasycenia, a także identyfikację charakterystycznych faz przebiegów sejsmicznych. W zależności od rozległości obiektu system wykorzystuje jako czujniki pomiarowe sejsmometry lub opcjonalnie geofony niskoczęstotliwościowe (GVu, GVd oraz GHa).

Standardowo system pozwala na rejestrację jednej składowej sygnału sejsmicznego w każdym kanale. Opcjonalnie możliwa jest rejestracja jednej, dwóch lub trzech składowych prędkości drgań X, Y, Z. Rys. 1a przedstawia strukturę systemu ARAMIS M/E.

W skład konfiguracji sprzętowej systemu ARAMIS M/E w jego części powierzchniowej wchodzi:

- serwer przetwarzający system ARAMIS M/E,
- serwer rejestrujący system ARAMIS_REJ,
- system transmisji sygnałów sejsmometrycznych DTSS – zbudowany ze stacji powierzchniowej transmisji SP/DTSS zawierającej odbiorniki cyfrowe OCGA oraz moduł sterowania transmisją ST/DTSS z zegarem satelitarnym GPS.



Rys. 1. Struktura systemu: a) Aramis M/E; b) Ares-5/E (opracowanie własne)

Stacja powierzchniowa współpracuje za pośrednictwem dołowych stacji nadawczych SN/DTSS z sejsmometrami SPI-70 (opcjonalnie geofonami niskoczęstotliwościowymi) i nadajnikami sejsmicznymi NSGA.

System ARAMIS M/E zapewnia wiele funkcji użytkowych, m.in.:

- pobieranie zapisów z rejestratora w trybie ciągłym (automatycznym) z wstępnym przetwarzaniem (oznaczaniem charakterystycznych faz sygnału, lokalizacją ogniska i wyliczaniem energii) i prezentacją sejsmogramów,
- archiwizację pobranych zapisów w uporządkowanych katalogach oraz prezentację sejsmogramów dla zarchiwizowanych zapisów,
- prezentację wyniku lokalizacji na schematycznej mapie kopalni (przy lokalizacji w trybie operatorskim),
- wprowadzanie i modyfikację opisu oczujnikowania,
- współpracę z innymi programami (np. typoszeregu ARP).

Stosowane są algorytmy obliczeniowe do:

- lokalizacji ogniska wstrząsu metodami: standardową (na podstawie fali P), okręgów, S-P,
- wyznaczania energii zjawiska metodami: całkową, przybliżoną z długości czasu trwania sygnału,
- analizy widmowej i filtracji cyfrowej wybranych zapisów sejsmicznych.

Ponadto dzięki dodatkowemu pakietowi oprogramowania możliwe jest prowadzenie:

- ewidencji wierceń małośrednicowych,
- automatycznej oceny zagrożenia tąpnięciami według metody sejsmologicznej i wierceń małośrednicowych lub opcjonalnie sejsmoakustycznej (jeśli pracuje też system ARES) oraz według metody sumarycznej i kompleksowej.

System posiada przyjazny użytkownikowi interfejs programowy pozwalający na drukowanie szerokiej gamy raportów, w tym raportu dziennego o zagrożeniu tąpnięciami w wyrobisku oraz raportów sumarycznych o liczbie i energii wstrząsów w wyrobisku. Użytkownik ma też możliwość wprowadzania informacji dotyczących struktury kopalni (nazwy pokładów, rejonów, wyrobisk, współrzędne wyrobisk, postępu zmianowy itp.) oraz wykorzystywanych parametrów oceny – np. krytyczna wartość (objętości) zwiercin dla oceny według wierceń małośrednicowych.

2.2. ARES-5/E – sejsmoakustyczny system do oceny zagrożeń tąpnięciami

System ARES-5/E (rys. 1b) przeznaczony jest do przeprowadzania oceny zagrożenia tąpnięciami zgod-

nie z zasadami sejsmoakustycznej metody oceny stanu zagrożenia tąpnięciami. System bazuje na danych z obserwacji sejsmoakustycznej w rejonach szczególnie zagrożonych. W systemie ARES-5/E następuje przetwarzanie przy pomocy geofonowych sond pomiarowych SP-5.28/E (mocowanych na kotwach w ociosie chodników przygotowawczych) prędkości drgań mechanicznych górotworu na postać sygnałów elektrycznych, a następnie przesyłanie tych sygnałów na powierzchnię do kopalnianej stacji geofizyki. W powierzchniowej części systemu następuje cyfrowa obróbka sygnałów oraz analiza przetworzonych danych.

W konfiguracji sprzętowej systemu ARES-5/E wyróżnić można dwie główne części: powierzchniową (lokową przeważnie w Kopalnianej Stacji Geofizyki) oraz obiektową (jej elementy sprzętowe rozmieszczone są na dole kopalni).

W części powierzchniowej systemu pracują:

- stacje powierzchniowe (maksymalnie 8) – każda obsługuje 8 kanałów pomiarowych,
 - serwer przetwarzający systemu ARES-5/E z oprogramowaniem do analizy zjawisk w paśmie sejsmoakustycznym (*SystemAres*) oraz dokonywania oceny stanu zagrożenia tąpnięciami (*Ares_Ocena*).
- Każda ze stacji powierzchniowych współpracuje ze zlokalizowanymi w części obiektowej sondami pomiarowymi typu SP-5.28/E (z elektrodynamicznymi czujnikami typu GS-14-L9) oraz nadajnikami typu N/TSA-5.28/E.

System ARES-5/E posiada oprogramowanie *SystemARES* do analizy zjawisk w paśmie sejsmoakustycznym oraz *Ares_Ocena* do przeprowadzania oceny zagrożenia tąpnięciami. Dzięki temu możliwa jest realizacja następujących funkcji użytkowych:

- wzmacnianie i filtracja sygnałów sejsmoakustycznych (nadajniki N/TSA-5/E),
- analogowa transmisja wzmocnionych sygnałów sejsmoakustycznych na powierzchnię (telekomunikacyjna sieć kablowa oraz układy odbiorcze stacji powierzchniowej OA-5/E),
- określanie parametrów sygnałów sejsmoakustycznych,
- wykrywanie i rejestracja wielokanałowa większych zjawisk sejsmoakustycznych z synchronizacją czasu zegarem GPS,
- lokalizacja uproszczona większych zjawisk sejsmoakustycznych,
- określanie rozkładów energii umownej zjawisk sejsmoakustycznych oraz aktywności ich występowania,
- analiza rejestrowanych danych w oparciu o metody statystyczne przy użyciu funkcji ryzyka,

– przetwarzanie, wizualizacja i archiwizacja zarejestrowanych danych zgodnie z obowiązującą instrukcją w zakresie sejsmoakustycznej metody oceny stanu zagrożeń.

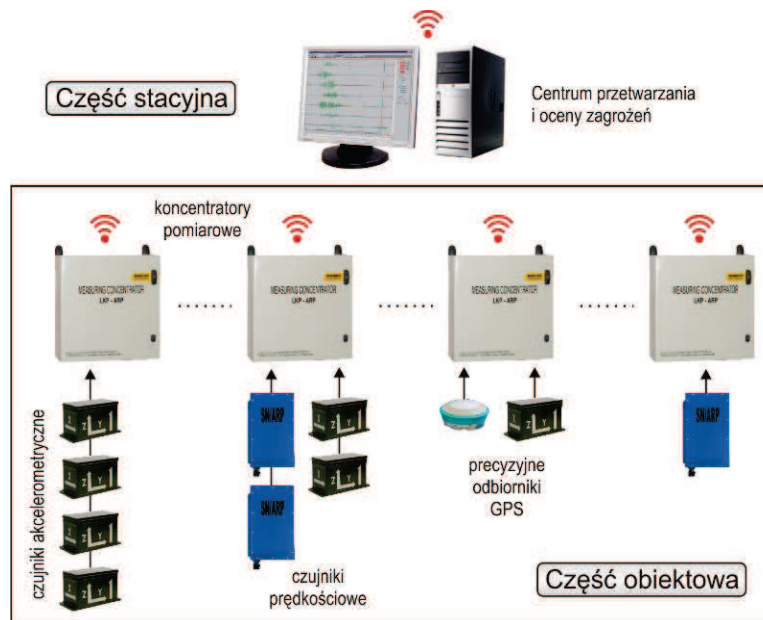
2.3. System ARP 2000P/E służący do rejestracji i analizy drgań niskoczęstotliwościowych gruntu i budowli

System ARP 2000 P/E jest cyfrowym systemem telemetrycznym do rejestracji i analizy przyspieszeń drgań niskoczęstotliwościowych gruntu i budowli na obszarach zagrożonych wstrząsami górnictwymi i innymi (tektonicznymi, komunikacyjnymi itp.). Składa się z dwóch zasadniczych części: stacyjnej i obiektowej.

Część stacyjna znajduje się w centrum kontroli zagrożeń powierzchni i stanowi ją komputer lub komputery PC do cyfrowej dwukierunkowej komunikacji drogą radiową (transmisja GSM-GPRS) z obiektowymi koncentratorami pomiarowymi oraz oprogramowanie do archiwizacji, wizualizacji i wstępnego przetwarzania rejestrowanych danych.

Część obiektową tworzą lokalne koncentratory pomiarowe LKP-ARP i trójskładowe czujniki akcelerometryczne CZP3X i/lub ECP3X oraz opcjonalnie stacje nadawcze SN/ARP z czujnikami prędkościowymi (sejsmometry SPI-70 lub niskoczęstotliwościowe trójskładowe sondy geofonowe).

Struktura sprzętowa systemu została przedstawiona na poglądowym rys. 2.



Rys. 2. Struktura sprzętowa systemu ARP2000 P/E z czterema stanowiskami pomiarowymi (opracowanie własne)

System ARP 2000 P/E cechuje się rozproszoną strukturą ułatwiającą kontrolę dużych obszarów i etapowe zwiększanie jego możliwości. Przeznaczony jest do trójskładowej synchronicznej rejestracji w wielu miejscach drgań gruntu wywołanych wstrząsami różnego rodzaju. System pozwala na zdalne zbieranie danych z wykorzystaniem telefonii komórkowej oraz centralne ich przetwarzanie w punkcie nawet bardzo odległym od kontrolowanego obszaru.

System wykonuje detekcję drgań pochodzenia górnictwowych, sejsmicznego lub komunikacyjnego, synchroniczną w czasie rejestrację sygnałów z czujników znajdujących się w jego części obiektowej rozmieszczonych na praktycznie nieograniczonym obszarze oraz ich cyfrową transmisję drogą radiową do centrum przetwarzającego. Wykorzystywane są dwa standardy komunikacyjne: GSM (komutowana transmisja danych) i GPRS (blokowa transmisja danych).

Dodatkowo dla celów testowych i diagnostycznych możliwa jest komunikacja z koncentratorem w trybie „off-line” bezpośrednio za pośrednictwem łącza szeregowego komputera przenośnego typu laptop (transmisja szeregową – RS232).

Oprogramowanie systemu ARP 2000 w zależności od wersji ARP 2000 P/E lub ARP 2000 H/E różni się metodami interpretacji wyników. Natomiast dla aplikacji szybowych (ARP 2000 SZ/E) ze względu na inny sposób transmisji danych pomiędzy koncentratorem a komputerem archiwizującym opracowano odrębne oprogramowanie komunikacyjne zarówno dla lokalnego koncentratora pomiarowego, jak i komputera nadrzędnego. Oprogramowanie centrum pozwala na rejestrację, archiwizację oraz wstępne przetwarzanie zarejestrowanych danych. Dodatkowo

oprogramowanie to umożliwia analizę zebranych danych pomiarowych i przeprowadzenie oceny szkodliwości oddziaływań drgań według skal sejsmicznych. W procesie oceny wpływu wstrząsów na powierzchnię wykorzystywane są polskie normy oraz przepisy i instrukcje opracowane bądź zatwierdzone przez Wyższy Urząd Górniczy, przeznaczone do stosowania na terenach podlegających wpływom eksploatacji górniczej. W systemie ARP 2000 zaimplementowane zostały algorytmy umożliwiające ocenę stanu zagrożenia powierzchni według skali MSK, GSI-GZW-A oraz GSI-GZW-V. Opcjonalnie istnieje możliwość transferu danych do zewnętrznego oprogramowania specjalistycznego.

2.4. Kierunki rozwoju systemów geofizycznych

Wieloletnia działalność Instytutu EMAG w zakresie opracowywania i wdrażania systemów i urządzeń przeznaczonych do oceny oddziaływania wstrząsów zarówno w wyrobiskach górniczych, jak i na powierzchni ziemi pozwoliła wdrożyć około 100 systemów różnych generacji, w tym także poza granicami kraju: w Rosji, na Ukrainie i w Chińskiej Republice Ludowej.

Od zawsze działalność ta była prowadzona w ścisłym współdziałaniu z głównymi ośrodkami naukowymi oraz wiodącymi w tej dziedzinie kopalniami i zakładami górniczymi rud miedzi. Doprowadziło to do ujednoczenia aparatury kontrolno-pomiarowej stosowanej w kopalnianych stacjach geofizycznych. Instytut Technik Innowacyjnych EMAG nie poprzestaje jednak na dotychczasowych osiągnięciach i, wychodząc na przeciw wymaganiom użytkowników, prowadzi prace rozwojowe mające na celu:

- opracowanie nowych czujników i sond do rejestracji drgań górotworu oraz optymalnych ze względu na parametry metrologiczne sposobów ich mocowania w górotworze, w tym w długich otworach stropowych,
- opracowanie nowych metod kondycjonowania, przetwarzania sygnałów sejsmicznych z odpowiednią dynamiką, wykrywania zjawisk, ich rejestracji, archiwizacji, wizualizacji oraz analizy w celu wykrywania zagrożeń naturalnych, takich jak tąpnięcia, lub zagrożeń skojarzonych (tąpnięcia i towarzyszący im metan),
- opracowanie nowych metod oceny szkodliwego oddziaływania wstrząsów górniczych na infrastrukturę kopalni i zabudowy powierzchni,
- rozpoznanie procesu pęknięcia skał stropowych w aspekcie oceny zagrożenia tąpnięciami,
- opracowanie nowych metod kontroli i analizy zmian naprężeń w rejonie przed frontem ściany

z wykorzystaniem do prześwietlania górotworu fali sejsmicznej,

- opracowanie nowych metod oceny zagrożenia zjawiskami dynamicznymi w stropie, w tym lokalizacji i grupowania ognisk zjawisk mikrosejsmicznych oraz doskonalenia miary zagrożenia w formie obliczanej funkcji ryzyka wystąpienia wstrząsu,
- dobór analitycznych, geomechanicznych i geofizycznych metod oceny i monitorowania zmian stanu zagrożenia tąpnięciami w aspekcie możliwości prowadzenia ciągłego monitoringu pracy kompleksu.

Podejmowane działania badawcze pozwolą wyprodukować kolejne generacje systemów do monitorowania i prognozowania zagrożeń związanych z naruszeniem równowagi górotworu i zastosować je w kopalniach.

3. SYSTEMY STEROWANIA I AUTOMATYKI PRZEMYSŁOWEJ

Do najważniejszych systemów i urządzeń opracowywanych przez zespół automatyków należą:

- systemy sterowania i kontroli maszyn oraz urządzeń dla wysokowydajnych kompleksów ścianowych i przodkowych, tj.:
- system MAKS-DBC – przeznaczony do bezprzewodowego sterowania maszyn wydobywczych (kombajn ścianowy) nowej generacji ze zdalnym monitorowaniem pracy maszyny,
- systemy SUK-2, SUK-1 – przeznaczone do sterowania kombajnu chodnikowego z kabiny kombajnisty,
- system SKD-1 – innowacyjny system do sterowania i diagnostyki kombajnu chodnikowego,
- system SKD-2M z systemem MINOS (monitorowanie obrysu przodka) – do bezprzewodowego sterowania i diagnostyki z innowacyjnym rozwiązaniem, umożliwiającym kierunkową nawigację maszyny w osi drażonego wyrobiska korytarzowego,
- system KID-220 – do sterowania i diagnostyki kombajnem chodnikowym,
- układy automatycznej regulacji i sterowania oraz monitorowania i wizualizacji pompowni głębinowych,
- systemy sterowania i monitorowania taśmociągów górniczych,
- układy monitorowania pracy maszyn i urządzeń dołowych: KAD-CAN (pomiar siły skrawania węgla), TAMY (sterowanie przepływem powietrza w chodnikach górniczych), MOPS (monitorowanie statycznej podporności w wy-

- branych stojakach sekcji obudowy zmechanizowanej),
- nowoczesne rozwiązania telekomunikacyjne do bezprzewodowej transmisji danych: RSO-26, RSO-27 (piloty do sterowania kombajnem), RSO-CH (pilot z drążkami sterowniczymi kombajnu),
 - systemy sterowania automatyki w przemyśle,
 - inne moduły: PIMP (do przenoszenia danych – iskrobezpieczny pendrive), SET-5RS, SEM-1 (separator magistrali danych),
 - urządzenia pomiarowe do systemów automatyki:
 - czujniki ciśnienia RCC-1, PCC-X/Y, RCC-2, PCC-3, PAC,
 - czujnik zbliżeniowy ICz-1,
 - czujniki drogi i prędkości CVD-100, CVD-1000,
 - czujnik ciśnienia wody CPW-1,
 - czujnik położenia ogona pompy COP-2,
 - czujnik kąta Inclinos,
 - czujnik poziomu oleju CPO 1/L, PPP-1.

3.1. Bezprzewodowe systemy sterowania kombajnów

Najbardziej rozbudowanym rozwiązaniem jest opracowanie zdalnego sterowania i bezprzewodowych metanomierzy z pomiarem on-line. Pozwala to na zwiększenie stopnia automatyzacji drążenia i predykcji parametrów pracy maszyny, odpowiadających chwilowym warunkom urabiania. Pozwala także na podniesienie stopnia wykorzystania potencjału technicznego maszyny, ograniczenie zużycia maszyny wynikającego z niewłaściwej eksploatacji, zmniejszenie energochłonności procesu urabiania oraz podniesienie poziomu bezpieczeństwa w przodku chodnikowym, co korzystnie wpływa na efektywność drążenia wyrobisk korytarzowych.

SKD-2M jest systemem bezprzewodowego sterowania i diagnostyki z innowacyjnym rozwiązaniem, umożliwiającym kierunkową nawigację maszyny w osi drążonego wyrobiska korytarzowego. Koncepcja systemu SKD-2M opiera się na rozproszonej strukturze wzajemnie połączonych ze sobą bloków funkcjonalnych (modułów), realizujących poszczególne funkcje sterowniczo-diagnostyczne. Zaprojektowany system jest tzw. systemem otwartym, zarówno pod względem sprzętowym, jak i programowym. Duża moc obliczeniowa systemu pozwala na zastosowanie algorytmów przetwarzania danych dla celów sterowania i diagnostyki o znacznej złożoności numerycznej.

System ten jest przeznaczony do stosowania w górniczych kombajnach chodnikowych, pracujących w wyrobiskach ze stopniem „a”, „b” i „c” niebezpieczeństwa wybuchu metanu. Podstawowe jego funkcje to:

- lokalne sterowanie maszyny z poziomu pulpitu operatorskiego PAK-1,
- bezprzewodowe sterowanie maszyny z poziomu pulpitu radiowego sterowania RSO-CH,
- monitoring parametrów pracy poszczególnych podzespołów maszyny poprzez szereg czujników,
- monitoring położenia głowicy urabiającej względem kombajnu lub chodnika,
- monitoring pochylenia wzdłużnego i poprzecznego kombajnu względem poziomu,
- monitoring pozycji kombajnu względem osi drążonego chodnika,
- diagnostyka poszczególnych zespołów kombajnu,
- wizualizacja stanu pracy maszyny na wyświetlaczu LCD,
- sygnalizacja dochodzenia głowicy urabiającej do granicy przekroju poprzecznego chodnika,
- wykrywanie awarii i informowanie użytkownika o ich wystąpieniu,
- komunikacja wewnętrzna poprzez szybki i niezawodny interfejs CAN 2.0, opcjonalnie RS-485 z protokołem Modbus RTU,
- wizualizacja stanu pracy kombajnu na powierzchni.

Przyjęta w SKD-2M konstrukcja systemu rozproszonego pozwala w łatwy i ekonomiczny sposób skonfigurować system i zaimplementować go w dowolnym typie kombajnu chodnikowego klasy średniej i lekkiej. W kabinie operatora, na wyświetlaczu LCD, można wybrać planszę „urabianie”, na której wyświetlany jest wskazany profil wyrobiska oraz bieżące położenie głowicy urabiającej względem tego profilu z dodanym śladem urobionej calizny. Zbliżanie się głowicy urabiającej do granicy obliczonego obrysu jest sygnalizowane zmianą koloru grafiki przekroju oraz powoduje zatrzymanie ruchu wysięgnika w kierunku mogącym spowodować przekroczenie granicy przekroju, co pozwala na precyzyjne i bezpieczne urabianie. Korzyści płynące z tego systemu to minimalizacja pustek w wyrobisku górniczym, torkretowanie o niemal stałej grubości przy drążeniu tuneli, ale przede wszystkim – zdalne sterowanie procesem urabiania.

Najistotniejsze elementy SKD-2M (rys. 3) to:

- panel kontrolno-sterujący PAK-1 (rys. 3a), pełniący funkcję centralnego sterownika kombajnu chodnikowego, którego głównym zadaniem jest bezpośrednie sterowanie pracą maszyny. Oprogramowanie modułów panelu obsługuje przyciski sterowania: napędu głowicy urabiającej, odpylacza, zraszania, hydrauliki, podajnika oraz sterowania przenośnika i jazdy. Kontroluje indykację magistrali systemowej CAN oraz transmisji bezprzewodowej Bluetooth. Urządzenie sygnalizuje wystąpienie awarii za pomocą sygnału dźwiękowego;



Rys. 3. Elementy SKD-2M:
 a) panel kontrolno-sterujący PAK-1; b) pulpit radiowego sterowania typu RSO-CH;
 c) iskrobezpieczny moduł wyświetlacza MLCD-1 (opracowanie własne)

- pulpit radiowego sterowania typu RSO-CH (rys. 3b), przeznaczony do radiowego sterowania kombajnem chodnikowym. Urządzenie komunikuje się bezprzewodowo z panelem kontrolno-sterującym PAK-1 w paśmie 2,4 GHz. Pulpit wyposażony jest w manipulatory sterujące jazdą i ruchem wysięgnika, a także w osiem przełączników funkcyjnych. Zaopatrzone w go wyświetlacz LCD, którego zadaniem jest wizualizacja parametrów i stanu pracy maszyny, a także wyświetlanie komunikatów informacyjno-alarmowych;
- moduł wizualizacji MLCD-1 (rys. 3c), wyposażony w kolorowy wyświetlacz LCD o przekątnej 5,7 cala, który umożliwia wizualizację parametrów pracy kombajnu i jego podzespołów. Za pomocą klawiatury możliwa jest parametryzacja systemu sterowania. Informacja o poszczególnych parametrach przesyłana jest dwukierunkowo poprzez interfejs komunikacyjny CAN.

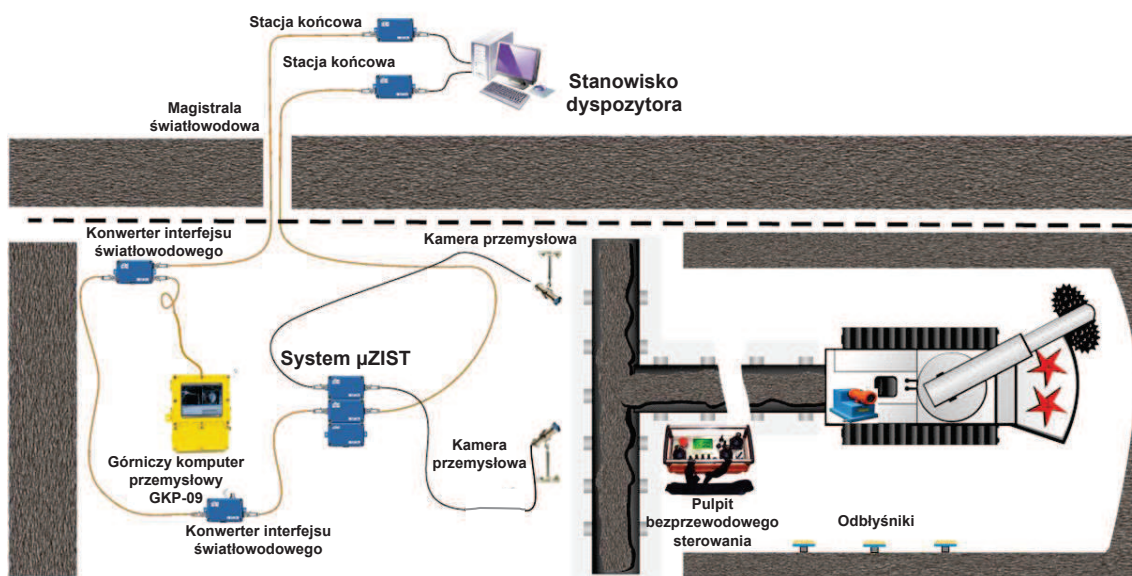
Integracja sprzętowa systemu sterowania z systemem monitorowania głowicy urabiającej kombajnu MINOS-2 znacząco rozszerzyła własności funkcjonalne SKD-2M. Usprawnia to w istotny sposób wy-

konanie poprawnego wyłomu w caliznie pod wybraną obudowę, poprzez generowanie informacji o zbliżaniu się głowicy urabiającej do granicy obliczonego przekroju, jak również o odchyleniach od pionu, poziomiu i osi wyrobiska.

W skład systemu MINOS-2 wchodzi następujące elementy:

- czujniki: położenia kąтового CK-1 wysięgnika na osi y (pionowej) oraz na osi x (poziomej), niwelacji CN-1, położenia kombajnu CPK-2,
- moduł przetwarzania MP-2,
- czujniki i przetworniki pomiarowe,
- dołowa i powierzchniowa wizualizacja.

Z kolei poprzez integrację systemu sterowania i diagnostyki SKD-2M z systemem transmisji μ ZIST powstały dwa tory komunikacyjne pomiędzy kombajnem, lokalnym oddalonym centrum sterowniczo-dyspozytorskim a powierzchniowym stanowiskiem dyspozytorskim. Innowacją w stosunku do obecnych rozwiązań (rys. 4) jest zastosowanie pośredniego stopnia pomiędzy sterownikiem centralnym maszyny a powierzchniowym stanowiskiem dyspozytorskim.



Rys. 4. Przykładowa aplikacja integracji systemu sterowania SKD-2M z systemem transmisji μ ZIST (opr. własne)

Lokalny górniczy komputer przemysłowy pozwala na wstępne przetwarzanie dużej liczby danych pomiarowych nie tylko z samego systemu sterowania kombajnu, ale również z urządzeń kontroli atmosfery kopalnianej w przodku. Zasoby dołowego komputera przemysłowego umożliwiają stosowanie kamer przemysłowych oraz wstępną obróbkę i prezentację danych dla potrzeb operatorów kombajnu, serwisantów, dozoru i brygady przodkowej.

Warto nadmienić, że wymienione wyżej urządzenia i rozwiązania są wdrażane zarówno w Polsce, jak i za granicą. Na przykład w kolejne wersje systemu sterowania i diagnostyki MAKS wyposażona jest większość kombajnów ścianowych pracujących w polskim górnictwie, w sumie 30 kopalń w Polsce (i 15 za granicą). Z kolei systemy SKD-1 i MPT-1 wdrożone były w kopalni LW Bogdanka SA. Liczne wdrożenia miały też miejsce w przypadku systemu sterowania i monitorowania pracy pompowni głębinowych (P.G. Grodziec, P.G. Sosnowiec, P.G. Paryż, P.G. Katowice, P.G. Niwka-Modrzejów wraz ze stanowiskiem w dyspozytorni głównej w Centralnym Zakładzie Odwadniania Kopalń). Zagraniczne wdrożenia miały miejsce w przypadku systemu SUK-2 (Rosja) i KID-220 (Białoruś).

4. URZĄDZENIA STEROWANIA I DIAGNOSTYKI W UKŁADACH HYDRAULICZNYCH SYSTEMÓW STEROWANIA MASZYN PRACUJĄCYCH W SZCZEGÓLNIIE TRUDNYCH WARUNKACH

Wieloletnia działalność Instytutu EMAG w zakresie opracowywania oraz wdrażania systemów i urządzeń umożliwiła opracowanie całego typoszeregu iskrobezpiecznych czujników, przetworników pomiarowych oraz urządzeń elektrohydraulicznych i elektropneumatycznych. Do grupy czujników dwustanowych można zaliczyć takie produkty, jak PCC-3, RCC-2, CPW-1, CPO-2/L/T oraz bardziej zaawansowane technologicznie czujniki analogowe typu PPP-1 i PAC-1. Powstała także cała gama rozdzielaczy i zaworów elektrohydraulicznych (ZES-40,

SEMI-2, ZEW-1) oraz elektropneumatycznych (REPI, ZEP-1, SEMI-2).

W ostatnim okresie jednym z najczęściej wdrażanych rozwiązań jest progowy czujnik ciśnienia PCC-3. Jest to urządzenie hydrauliczne przeznaczone do sygnalizacji przekroczenia lub spadku ustalonej wartości ciśnienia medium w obwodach hydraulicznych zasilanych olejem lub emulsją olejowo-wodną. Jego szeroki zakres ustalonego progu przełączania stanowi o jego uniwersalności. Dodatkowo w układzie wyjściowym czujnika jest możliwe zastosowanie zestawów diod, rezystorów w konfiguracjach dostosowanych do sterowników systemów diagnostycznych wykorzystywanych przez odbiorców, co eliminuje stosowanie skrzynek pośrednich i ich dodatkowego certyfikowania. Z tego powodu czujniki znalazły zastosowanie w następujących urządzeniach: kolejkach spągowych, kolejkach podwieszanych, kombajnach ścianowych, kombajnach chodnikowych, agregatach hydraulicznych, agregatach spalinowo-hydraulicznych, obudowach zmechanizowanych, wiertnicach. Wśród naszych odbiorców są między innymi takie firmy branży górniczej, jak: BECKER WARKOP Sp. z o.o., FAMUR SA, REMAG SA, PIOMA SA, KOPEX SA oraz wielu innych odbiorców, którzy również znaleźli dla nich zastosowanie.

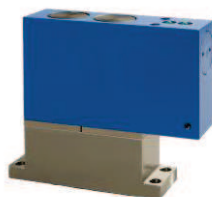
4.1. Urządzenia sterowania w układach hydraulicznych maszyn górniczych

Podstawowym rozdzielaczem elektrohydraulicznym oferowanym przez CTT EMAG jest blokowy rozdzielacz elektrohydrauliczny RBz 1÷6 (rys. 5a) zbudowany w oparciu o rozdzielacze wykonawcze RH10 produkowane przez FUH GEORYT oraz o zespoły sterujące ZES-40 (ITI EMAG). Rozdzielacze RBz 1÷6 są z powodzeniem stosowane w systemach sterowania i kontroli MAKS oraz MAKS DBC, stanowiących wyposażenie wielu kombajnów ścianowych produkowanych przez Fabrykę Maszyn Famur SA, w systemach sterowania i diagnostyki kombajnów chodnikowych SUK-1 i SUK-2, w układzie nadążnego napinania łańcucha przenośników ścianowych NaP oraz w innych układach elektrohydraulicznego sterowania maszyn górniczych.

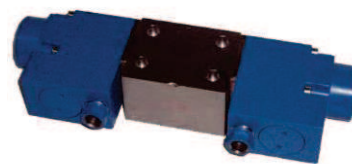
a)



b)



c)



Rys. 5. Elementy sterowania: a) rozdzielacz blokowy RBz-1 ÷6; b) zespół sterujący ZES-40; c) rozdzielacz proporcjonalny RPro-1 (opracowanie własne)

Zespół sterujący ZES-40 (rys. 5b) zbudowany jest z iskrobezpiecznego elektromagnesu i rozdzielacza pilotującego, którego hydrauliczny sygnał wyjściowy jest wykorzystywany do przełączenia rozdzielacza wykonawczego. Takie rozwiązanie pozwala na sterowanie pracą elementów hydrauliki siłowej, pracujących przy nominalnym ciśnieniu zasilania powyżej 30 MPa i przepływach roboczych przekraczających 150 l/min, za pomocą iskrobezpiecznych elektromagnesów o mocy zaledwie 1,2 W (100 mA przy napięciu 12 V). Tak niski pobór mocy zespołu sterującego osiągnięto dzięki:

- maksymalizacji siły elektromagnesu poprzez optymalizację jego obwodu magnetycznego pod kątem uzyskania jak największej indukcyjności (materiał o bardzo dobrych parametrach magnetycznych, duży przekrój magnetowodu, bardzo mała szczelina powietrzna),
- konstrukcji rozdzielacza pilotującego o bardzo małym skoku roboczym (około 0,1 mm) i niewielkim przekroju zaworów wymagającego niewielkiej siły przełączenia i pozwalającego na ograniczenie do minimum szczeliny powietrznej elektromagnesu.

Opracowanie i wdrożenie rozdzielacza proporcjonalnego RPro-1 (rys. 5c) zapewniło dynamiczny rozwój układów sterowania hydraulicznego. Połączenie klasycznych elementów hydraulicznych z elektronicznymi układami sterowania stanowi podstawę elektrohydraulicznej techniki proporcjonalnej. W wielu wypadkach zastosowanie techniki proporcjonalnej w układach hydraulicznych jest warunkiem precyzyjnej i elastycznej pracy maszyn i urządzeń.

Dzięki kontrolowanym przełączeniom unika się występowania szczytowych wartości ciśnienia. Skutkuje to większą trwałością elementów mechanicznych i hydraulicznych.

Dla potrzeb sterowania urządzeń zasilanych sprężonym powietrzem opracowano pojedynczy sterownik SEMI-2/P, który jest integralną częścią iskrobezpiecznych elektropneumatycznych rozdzielaczy o bardzo dużych przepływach medium. W rozdzielaczach tych zastosowano suwakowy rozdzielacz pneumatyczny konstrukcji ITI EMAG. Na bazie tego rozdzielacza wykonawczego opracowano rozdzielacze elektropneumatyczne REPI-*/*-. Rozdzielacze REPI są stosowane powszechnie do sterowania pracą urządzeń przyszybowych.

4.2. Urządzenia diagnostyki w układach hydraulicznych systemów sterowania maszyn górniczych

Do kontroli stanu elementów wykonawczych maszyn górniczych służą opracowane w EMAG czujniki:

- ciśnienia: progowy, dwustanowy czujnik ciśnienia PCC-3 (rys. 6a) oraz analogowy czujnik ciśnienia PAC-1 (rys. 6b),
- poziomu medium: czujnik poziomu oleju CPO-2/L/T (rys. 7a), wyposażony w sygnalizację obniżenia poziomu medium poniżej określonego minimum, oraz pływakowy przetwornik poziomu PPP-1 (rys. 7b), zapewniający analogowy pomiar poziomu i temperatury medium w zamkniętych zbiornikach zabudowanych w maszynach roboczych,

a)



b)



Rys. 6. Czujniki ciśnienia:

a) dwustanowy czujnik ciśnienia PCC-; b) analogowy czujnik ciśnienia PAC-1 (opracowanie własne)

a)



b)



Rys. 7. Czujniki poziomu medium:

a) czujnik poziomu oleju CPO-2/L/T; b) pływakowy przetwornik poziomu PPP-1 (opracowanie własne)

– parametrów ruchu: czujnik drogi i prędkości CVD-1000 (rys. 8a), służący do pomiaru prędkości i przebytej drogi przez przemieszczające się maszyny lub urządzenia, czujnik kąta IPK-120, przeznaczony do pomiaru pozycji organu urabiającego

przetwornik kąta, a także iskrobezpieczny przetwornik zbliżeniowy z wyjściem stykowym typu ICZ-1 (rys. 8b), służący do wykrywania obecności obiektów metalowych w strefie działania przetwornika.

a)



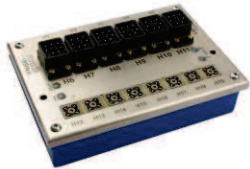
b)



Rys. 8. Czujniki parametrów ruchu:

a) czujnik drogi i prędkości CVD-1000; b) iskrobezpieczny przetwornik zbliżeniowy ICZ-1 (opracowanie własne)

a)



b)



c)



d)



Rys. 9. Elementy urządzeń modułowych: a) blok sterowania hydrauliki i kontroli mechanizmów BSHkm; b) ekspander elektrozaworów EE-1; c) koncentrator lokalny KLoc-1; d) pulpit sterowania PUS-10 (opracowanie własne)

4.3. Urządzenia elektroniczne przeznaczone do układów elektrohydraulicznego sterowania maszyn górniczych

W Instytucie EMAG opracowano kompletną funkcjonalnie rodzinę urządzeń do budowy modułowych systemów sterowania i monitorowania pracy maszyn górniczych pracujących w szczególnie trudnych warunkach. W jej skład wchodzi m.in. blok sterowania hydrauliki i kontroli mechanizmów BSHkm (rys. 9a), opracowany na potrzeby systemu MAK-DBC, przeznaczony do sterowania hydrauliki siłowej oraz kontroli parametrów pracy maszyn i urządzeń wykorzystywanych w procesie wydobywczym. Blok ten jest przystosowany do montażu na korpusie maszyny wydobywczej w strefie chronionej przed narażeniami mechanicznymi.

Za pośrednictwem bloku BSHkm można sterować pracą pięciu iskrobezpiecznych rozdzielaczy elektrohydraulicznych, ponadto posiada on wejścia pomiarowe umożliwiające akwizycję danych z dwunastu czujników kontrolujących stan sterowanej maszyny.

Dla zastosowań, w których wymagane jest jedynie sterowanie elektrozaworami, opracowano ekspander elektrozaworów EE-1 (rys. 9b), który w zależności od wersji wykonania umożliwia sterowanie czterema lub ośmioma rozdzielaczami elektrohydraulicznymi. Ekspander jest urządzeniem uniwersalnym zasilanym napięciem 12 V, wyposażonym – w zależności od potrzeb – w interfejs CAN lub RS485.

Najbardziej uniwersalnym urządzeniem przeznaczonym do pracy w układach elektrohydraulicznego sterowania jest 4-kanalowy programowalny moduł wejścia/wyjścia, noszący nazwę koncentrator lokalny KLoc-1 (rys. 9c). Każdy z kanałów koncentratora może pracować jako wejście pomiarowe (napięciowe lub prądowe) albo podwójne wyjście do przełączania zaworów rozdzielacza elektrohydraulicznego. Koncentrator może współpracować z czujnikami o wyjściu napięciowym 0÷5 V lub prądowym 0,2÷1 mA, 4÷20 mA.

Dla potrzeb ręcznego sterowania w modułowych układach sterowania i monitorowania pracy maszyn przodkowych opracowano pulpit sterujący PUS-10 (rys. 9d), zapewniający załączanie/wyłączanie funkcji sterowania zgodnie ze stanem przycisków oraz awaryjne zatrzymanie urządzenia po wciśnięciu przycisku bezpieczeństwa.

5. UKŁADY ENERGOELEKTRONICZNE STEROWANIA MASZYN I NAPĘDÓW

Jedną z coraz bardziej rozwijanych usług jest modernizacja istniejących układów napędowych, które w zależności od specyfiki tych układów obejmują:

- wykonanie przekształtników do regulacji prędkości obrotowej napędów z silnikami asynchronicznymi pierścieniowymi w układzie kaskad tyrystorowych, włączanych w obwód wirnika silnika i posiadających każdorazowo parametry zależne od parametrów tych wirników,
- opracowanie układów regulacji prędkości obrotowej napędów dużej mocy z silnikami asynchronicznymi klatkowymi, z przemiennikami częstotliwości niskiego (690 V) i średniego napięcia (6 kV),
- wykonywanie i badanie przekształtników dla napędów prądu stałego (głównie maszyn wyciągowych z silnikami prądu stałego).

5.1. Kaskadowe układy napędowe

Zakres realizowanych modernizacji napędów zależy od rodzaju silnika zastosowanego w napędzie. Jeśli chodzi o modernizację napędów z silnikami synchronicznymi, obejmuje ona przeróbkę silników synchronicznych na silniki indukcyjne pierścieniowe oraz zabudowanie przekształtnika tyrystorowego tworzącego z silnikami kaskadę podsynchroniczną. W przypadku kopalnianych stacji wentylatorów głównego przewietrzania możliwe jest rozwiązanie (oszczędnościowe) z jednym wspólnym przekształtnikiem tyrystorowym dla dwóch napędów, umożliwiającym ich przemienną pracę z regulowaną prędkością obrotową.

Przeróbka silnika z synchronicznego na indukcyjny z wirnikiem pierścieniowym polega na zastąpieniu wirnika silnika synchronicznego wirnikiem uzwojonym, asynchronicznym. Modernizacja napędu obejmuje również układ sterowania całego napędu (włącznie z układem rozruchowym). Układ ten, wyposażony w sterowniki mikroprocesorowe, realizuje m.in. następujące funkcje:

- sterowanie załączeniem i wyłączeniem napędu,
- pracę w układzie kaskady lub ze zwartym wirnikiem (w układzie obejściowym),
- kontrolę stanu urządzeń pomocniczych układu przekształtnikowego i całego napędu przed załączeniem do pracy i blokowanie załączenia,
- kontrolę sprawności poszczególnych podzespołów podczas pracy i ich wyłączenie w razie jakiegokolwiek niesprawności.

Sterowanie napędem odbywa się przy pomocy pulpitu operatorskiego umieszczonego w zespole stero-

wania, w którym ponadto znajdują się pozostałe elementy sterowania, sygnalizacji i kontroli.

Zastosowanie w układzie sterowania sterowników mikroprocesorowych stwarza duże możliwości w zakresie monitorowania zarówno gotowości napędu do pracy, jak i samej pracy. W wyniku przygotowania napędu do pracy na pulpicie sterownika wyświetlany jest komunikat o gotowości do załączenia, a w przypadku braku gotowości wyświetlany komunikat informuje o brakujących sygnałach oraz specyfikuje te sygnały w postaci przewijanej listy. Zdziałanie zabezpieczeń powodujących awaryjne wyłączenie napędu generuje komunikat informujący o przyczynach wyłączenia. Informacja ta przechowywana jest w „historii awarii” i może być wyświetlona na żądanie, w dowolnym momencie.

Wśród dużych napędów zmodernizowanych ostatnio w wyżej opisanym zakresie wymienić można urządzenia funkcjonujące w dwóch kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej SA, m.in. napędy wentylatorów głównego przewietrzania o mocy 2500 kW oraz napęd sprężarki zmodernizowany w celu umożliwienia regulacji jej wydajności przez zmianę prędkości obrotowej z $Q \cong 16000 \text{ m}^3/\text{h}$ do około $8000\div 10000 \text{ m}^3/\text{h}$. Do regulacji prędkości obrotowej silnika sprężarki o mocy 1800 kW, na napięcie 6 kV, zastosowano układ kaskady tyrystorowej.

5.2. Układy regulacji wydajności wentylatorów z przemiennikami częstotliwości

Innym sposobem poprawy sprawności systemu wentylacyjnego jest zastosowanie przemienników częstotliwości do regulacji prędkości obrotowej wentylatorów głównego przewietrzania. Zrealizowany w jednej z kopalń Katowickiego Holdingu Węglowego SA układ z przemiennikami częstotliwości zasilającymi silniki indukcyjne, klatkowe o mocy 500 kW, na napięcie 690 V, o prędkości obrotowej 369 obr/min, umożliwia zmianę prędkości napędu wentylatorów w szerokim, praktycznie nie w pełni wykorzystywanym zakresie. Jest to wysokosprawny, energooszczędny układ napędowy, zastępujący tradycyjne sposoby regulacji wydajności wentylatora. W celu zwiększenia niezawodności pracy wymaganej dla wentylatorów głównego przewietrzania przewidziano układ obejściowy umożliwiający zasilanie silnika bezpośrednio z transformatora przekształtnikowego, z pominięciem przemiennika częstotliwości, bez regulacji prędkości obrotowej.

Modernizacja całych stacji wentylatorów głównego przewietrzania związana z modernizacją napędów wentylatorów pozwala na objęcie ich systemem monitoringu i wizualizacji oraz zapewnienie kontroli

parametrów powietrza. Jest to dodatkowy czynnik podniesienia bezpieczeństwa ludzi wykonujących pracę w warunkach szczególnego zagrożenia środowiska zakładu górniczego.

5.3. Układy regulacji prędkości i sterowania napędów prądu stałego

W ostatnich latach w Instytucie EMAG opracowano przekształtnik tyrystorowy o prądzie znamionowym 4000 A i maksymalnym napięciu wyprostowanym 750 V, z możliwością łączenia równoległego. Użycie układów mikroprocesorowych w układzie sterowania i regulacji umożliwiło uzyskanie wysokiej dynamiki i płynności ruchu napędu przekształtnikowego maszyny wyciągowej oraz zapewniło możliwości wizualizacji pracy i monitorowania stanów awaryjnych, co zdecydowanie usprawniło obsługę maszyny.

Przekształtnik tyrystorowy typu TR-4 jest przeznaczony do zasilania układów napędowych dużych mocy, w tym maszyn wyciągowych w górnictwie. Jak wspomniano, przystosowany jest on do pracy równoległej.

Przekształtnik główny sterowany jest przez sterowniki mikroprocesorowe, umieszczone w oddzielnej szafie, które oprócz sterowania tyrystorów realizują także funkcje regulatorów prądu i prędkości oraz funkcje zabezpieczeń przekształtnika.

Do wykonywania funkcji regulacyjnych został zastosowany sterownik mikroprocesorowy, który realizuje między innymi funkcje:

- regulatora prądu typu PI,
- regulatora prędkości typu P lub PI,
- kontroli szybkości zmian prędkości zadanej,
- kontroli pracy przekształtnika (zabezpieczenie śledzące prąd),
- kontroli prawidłowego działania sterownika,
- zadawania prędkości po ustalonej rampie,
- sterowania przekształtnika wzbudzenia (podczas rewersji).

Drugi sterownik realizuje funkcje zabezpieczeń, m.in.:

- kontroli stanu czujników temperatury oraz mikrołączników bezpieczników,
- kontroli prądów w poszczególnych mostkach tyrystorowych z uwzględnieniem prądu maksymalnego, równomierności rozplywu prądów oraz równomierności obciążenia faz,
- wizualizacji stanów awaryjnych przekształtnika na pulpicie operatorskim.

Wystąpienie któregoś z stanów awaryjnych jest sygnalizowane na pulpicie operatorskim za pomocą odpowiedniego komunikatu.

Jednym z ciekawszych tego typu wdrożeń było wykonanie przekształtników i uruchomienie napędu prądu stałego o mocy 2250 kW, na napięcie 650 V do wyważarki wirników turbogeneratorów dla Alstom Power we Wrocławiu. Jest to napęd, od którego wymagana jest znaczna precyzja regulacji prędkości obrotowej, charakteryzujący się bardzo dużym zakresem zmian momentu bezwładności napędzanej maszyny.

5.4. Układy energoelektronicznego sterowania dla lokomotyw

Duże możliwości daje modernizacja sterowania lokomotyw stosowanych w podziemiach kopalń. W tym obszarze CTT EMAG oferuje m.in. kompleksowy układ energoelektronicznego sterowania dla lokomotyw przewodowych LGT-22 produkcji ASEA. Ich nowoczesny układ zasilania i sterowania charakteryzuje się niezależnym sterowaniem dwoma silnikami napędowymi z możliwością wykrywania poślizgu kół napędowych. Ponadto układ sterowania pozwala na jazdę dwóch lokomotyw w układzie tandem oraz zdalne sterowanie (jazda bez maszynisty) w momencie załadunku oraz rozładunku urobku.

Kolejnymi nowatorskimi rozwiązaniami są:

- energoelektroniczne sterowanie napędem lokomotywy – ognioszczelny prędkościomierz trakcyjny typu OPT-2, znajdujący zastosowanie zarówno w lokomotywach Ldag-05, lokomotywach LeaBM-12 posiadających układ sterowania produkcji APATOR, jak i lokomotywach z wyposażeniem TUSO/M czy TURO A,
- wskaźnik rozładowania baterii akumulatorów, wyposażony w wyświetlacz diodowy odporny na wstrząsy, zastępujący dotychczas stosowany przyrząd wskazówkowy,
- prędkościomierz trakcyjny i wskaźnik rozładowania typu UML (rys. 10), który posiada także licznik czasu pracy, licznik przejechanych kilometrów i zapewniać może archiwizację danych (funkcja tachometru) przy współpracy z nowym układem sterowania TUSO/M.



Rys. 10. Prędkościomierz UML (opracowanie własne)

5.5. Kompensacja mocy biernej

Możliwość dobrania mocy do potrzeb układu elektroenergetycznego umożliwiają oferowane przez CTT EMAG zespoły kompensacyjne typu ZCO (rys. 11a) i ZK (rys. 11b).

Moc znamionowa zespołu kompensacyjnego może być dobrana dla potrzeb układu elektroenergetycznego spośród wartości do 1200 kVAr, przy dwóch stopniach kompensacyjnych, w układzie pracy automatycznej (sterowanie regulatorem współczynnika mocy biernej), z aparatami łączeniowymi w postaci styczników Rollarc 400.

a)



b)



Rys. 11. Widok zespołów kompensacyjnych na stanowiskach pracy:
a) typ ZCO; b) typ ZK (opracowanie własne)

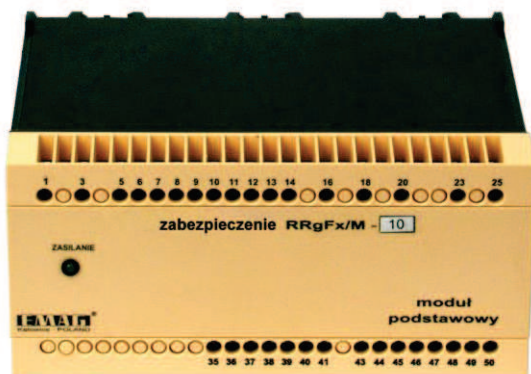
5.6. Zabezpieczenia

Duże znaczenie dla bezpieczeństwa pracy mają zabezpieczenia upływowe (rys. 12). Jednym z oferowanych jest zabezpieczenie upływowe centralne typu RRgFx/M (rys. 12a), które przeznaczone jest do ochrony przed niebezpiecznymi skutkami uszkodzenia izolacji doziemnej w sieciach typu IT o napięciu znamionowym do 1140 V.

- współpracę z wyzwalaczem wzrostowym lub zanikowym,
- opcjonalny wybór trybu pracy blokady zadziałania – blokada aktywna lub nieaktywna,
- pamięć zadziałania (blokady) – co najmniej 48 godzin,
- możliwość podłączenia zabezpieczenia do sieci w dowolnym jej miejscu,
- sygnalizację: stanu izolacji, pojemności fazowej, rodzaju uszkodzenia, zadziałania.

Własności funkcjonalne tego zabezpieczenia zapewniają:

a)



b)



Rys. 12. Zabezpieczenie upływowe:
a) centralne typu RRgFx/M; b) blokujące typu RRgB (opracowanie własne)

Innego rodzaju zabezpieczeniem jest zabezpieczenie upływowo blokujące typu RRgB (rys. 12b), przeznaczone do ochrony przed niebezpiecznymi skutkami włączenia pod napięcie robocze odcinka – odpływu trójfazowej sieci elektroenergetycznej z izolowanym punktem neutralnym o napięciu znamionowym do 1140 V, 50 Hz, wykazującym uszkodzenie izolacji doziemnej. Działanie ochronne tego zabezpieczenia polega na blokowaniu możliwości włączenia monitorowanego odcinka sieci pod napięcie w przypadku wystąpienia, w dowolnym jego punkcie, uszkodzenia izolacji doziemnej. Zabezpieczenie jest przewidziane do instalowania w komorach aparatury elektrycznej pojazdowych stacji transformatorowych oraz zespołów stycznikowych budowy normalnej lub przeciwwybuchowej ognioszczelnej. Stykowy obwód wyjściowy zabezpieczenia jest przystosowany do współpracy z obwodami sterowania łączników stycznikowych.

6. URZĄDZENIA KONTROLI PARAMETRÓW JAKOŚCIOWO-ILUŚCIOWYCH KOPALIN W UKŁADACH MONITOROWANIA PRACY ZAKŁADÓW WZBOGACANIA

Prowadzone w EMAG wieloletnie badania nad opracowaniem metod pomiarowych oraz rozwiązań technologicznych umożliwiających kontrolę parametrów jakościowo-ilościowych w zakładach wzbogacania kopaliny umożliwiły stworzenie kompleksowej oferty pozwalającej na zaspokojenie niemalże wszystkich potrzeb potencjalnych użytkowników. Z kolei prace modernizacyjne pozwoliły na udoskonalenie wielu rozwiązań, utrzymanie ich na najwyższym poziomie technologicznym oraz dostosowanie do szczegółowych wymagań klientów.

W procesach technologicznych zakładów wzbogacania stosowane są złożone układy sterowania, które integrują działanie maszyn i urządzeń z wieloma urządzeniami pomiarowymi (w większości wielkości nieelektrycznych). Dane uzyskane z czujników przetwarzane są w odpowiednich sterownikach mikroprocesorowych przy zastosowaniu właściwych dla danego procesu algorytmów.

Współczesne programowalne układy sterowania pozwalają na precyzyjną analizę i diagnostykę aktualnego stanu urządzeń produkcyjnych. Zwiększenie precyzji wewnętrznego nadzoru nad prawidłowością funkcjonowania maszyn związane jest niewątpliwie ze znacznym wzrostem liczby sygnałów i danych związanych z przewidywanymi, możliwymi czy zaistniałymi zdarzeniami. Oprogramowanie aplikacyjne

zawiera również możliwość alarmowania o zakłóceniach (w tym stanach awaryjnych) w pracy ciągu technologicznego z ekspozycją graficzną i tekstową oraz przekazywania poleceń (rozkazów) do poszczególnych sterowników realizujących określone funkcje sterowania.

W ofercie CTT EMAG znajdują się następujące rozwiązania związane z pomiarami parametrów jakościowych kopaliny (opracowane w Instytucie EMAG): gęstościomierze, popiołomierze (absorpcyjne, rozproszeniowe, mierzące naturalne promieniowanie gamma, optyczne), wilgociomierze mikrofalowe (absorpcyjne, rozproszeniowe i rezonansowe), mierniki zawartości potasu w solach potasowych, analizatory składu pierwiastkowego wykorzystujące fluorescencję rentgenowską, układy automatyki przemysłowej współpracujące z miernikami jakości kopaliny, układy elektrohydraulicznego sterowania maszyn górniczych.

6.1. Pomiary z zastosowaniem sztucznych izotopów

Izotopy stosowane są w układach charakteryzujących się ciężkimi warunkami pomiarowymi, gdy utrudniony jest dostęp do analizowanego medium. Przykładem może być gęstościomierz izotopowy, przeznaczony do pomiaru gęstości, koncentracji, zawartości procentowej mieszanin dwuskładnikowych transportowanych hydraulicznie lub pneumatycznie rurociągami. Potencjalni użytkownicy to zakłady przerobu surowców kopalnych, przerobu odpadów przemysłowych, przerobu i utylizacji śmieci, produkcji materiałów budowlanych. Urządzenie zapewnia realizację ciągłego, bezkontaktowego pomiaru, nie wprowadzając ograniczeń przepływu.

Popiołomierze absorpcyjne i rozproszeniowe, stosowane zależnie od warunków technologicznych, służą do pomiaru zawartości popiołu w węglu transportowanym przenośnikiem taśmociągowym. W zależności od wykonania wykorzystywana jest metoda oparta na zjawisku pochłaniania nisko i średnio energetycznego promieniowania gamma lub na zjawisku rozproszenia w tył promieniowania gamma (back-scattering). W przypadku współpracy popiołomierza z wilgociomierzem jest możliwe wyliczenie wartości opałowej.

Izotop jako źródło promieniowania jonizującego jest stosowany w analizatorze PYLOX. Promieniowanie jonizujące pochodzące ze źródła wybija elektrony z poszczególnych atomów, tworząc jony. Tak wzbudzone atomy emitują promieniowanie wtórne o energiach charakterystycznych dla danego pierwiastka. Analiza widma energetycznego promienio-

wania wzbudzonego dostarcza informacji o rodzaju i ilości danego pierwiastka. Urządzenie znajduje zastosowanie do wyznaczania parametrów mieszanin, takich jak popiół czy części niepalne pyłów kopalnianych, oraz zawartości miedzi, siarki i innych pierwiastków.

6.2. Pomiary bazujące na naturalnym promieniowaniu gamma

Analizatory wykorzystujące pomiar naturalnego promieniowania gamma znalazły zastosowanie w popiołomierzach przeznaczonych do pomiarów ciągłych (RODOS), laboratoryjnych (GAMMA-NATURA2), a także w popiołomierzach przenośnych. Uniwersalność metody wynika z braku sztucznych izotopów i związanych z nimi zezwoleń na eksploatację, wydawanych przez Państwową Agencję Atomistyki. Współpraca popiołomierza z wilgociomierzem mikrofalowym umożliwia wyliczenie wartości opalowej. Popiołomierz przeznaczo-

ny do pomiarów na taśmociągu współpracuje z wagą przenośnikową. Wynika to z faktu, że poziom naturalnego promieniowania zależy nie tylko od zawartości popiołu, ale również od ilości materiału w strefie pomiarowej. Popiołomierze takie są wykonywane w wersji przeznaczonej do stosowania w strefie zagrożonej wybuchem pyłu węglowego lub metanu oraz w strefie bezpiecznej. Duża strefa pomiarowa zapewnia dobre uśrednienie mierzonego materiału i częściowo kompensuje niski poziom promieniowania. Uzyskanie stabilnych wskazań wymaga wydłużenia czasu pomiaru.

Opracowana w EMAG metoda pomiarowa pozwalająca na wyznaczanie zawartości KCl w solach potasowych transportowanych przenośnikiem taśmociągowym została zastosowana w mierniku SILVOS. Przeprowadzone badania eksploatacyjne wykazały poprawność algorytmów obliczeniowych i stabilność pracy urządzenia w warunkach wysokiej temperatury otoczenia i agresywnego środowiska (rys. 13).

a)



b)



Rys. 13. System SOLVOS do pomiaru zawartości potasu podczas badań eksploatacyjnych (opracowanie własne)

Stwierdzono, że możliwe jest uzyskanie niepewności pomiarowej poniżej 0,7% KCl, przy zapewnieniu stałej geometrii pomiarowej. Warunki pomiarowe można zapewnić przez dobór miejsca zabudowy urządzenia, zabudowę układu formującego strugę materiału przed strefą pomiarową lub zabudowę urządzenia wykrywającego i kompensującego wpływ poprzecznego przemieszczania materiału względem osi strefy pomiarowej.

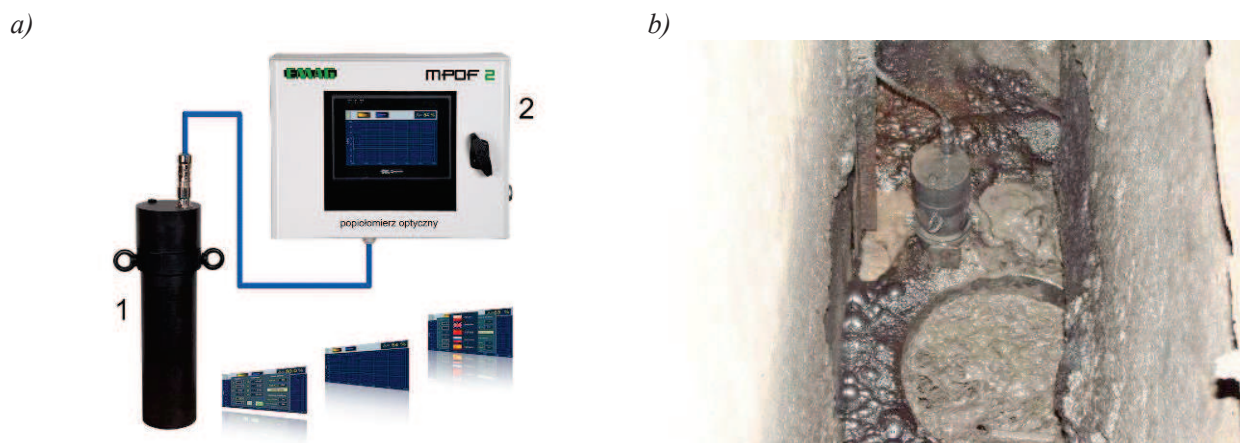
Popiołomierz optyczny MPOF2 jest urządzeniem (rys. 14a) przeznaczonym do pomiaru w sposób ciągły zawartości popiołu w odpadach flotacyjnych węgla kamiennego.

Pomiary mogą być realizowane bezpośrednio na przelewach odpadów w maszynach flotacyjnych lub w kolektorach zbiorczych (korytach) odpadów, pod warunkiem spełnienia odpowiednich wymagań metrologicznych. Uzyskane wyniki pozwalają na bieżącą ocenę poprawności prowadzonego procesu flotacji

i mogą być wykorzystane do jego regulacji, a także stanowić informację o konieczności korekcy maszyn flotacyjnych. Bieżąca kontrola odpadów flotacyjnych jest bardzo istotna zarówno z powodów ekonomicznych, jak i ekologicznych. Prawidłowy przebieg procesu flotacji wpływa na jakość produktów finalnych. Produktami finalnymi procesu są nie tylko koncentrat, ale także kamień i czysta woda.

Korpus głowicy pomiarowej jest stale zanurzony do połowy wysokości w przepływających odpadach flotacyjnych (rys. 14b). Został wykonany z tworzywa konstrukcyjnego – poliamidu zbrojonego włóknem szklanym, dzięki czemu jest odporny na korozję, występujące związki chemiczne (szczególnie ropopochodne) oraz uszkodzenia mechaniczne. Chcąc zachować deklarowaną niepewność pomiaru $1\sigma \leq 3,5\% A^a$, konieczne jest spełnienie minimalnych wymagań metrologicznych:

– zanurzenie głowicy pomiarowej w odpadach flotacyjnych na głębokość ≥ 20 cm,



Rys. 14. Popiolomierz MPOF2:

a) widok ogólny – podstawowe elementy: 1-głowica pomiarowa, 2-moduł wizualizacji,
b) widok zabudowanej głowicy pomiarowej (opracowanie własne)

- zapewnienie laminarnego przepływu zawiesiny pod głowicą (brak pęcherzyków powietrza),
- zagęszczenie odpadów flotacyjnych ≥ 15 g/l,
- granulacja fazy stałej $\leq 0,7$ mm.

Gdyby zagęszczenie odpadów flotacyjnych wynosiło poniżej 15 g/l, wówczas próbka stałaby się zbyt „przezroczysta”, co negatywnie wpływa na dokładność pomiaru.

Opisane powyżej grupy urządzeń mogą pracować zarówno jako niezależne mierniki monitorujące procesy technologiczne, jak również mogą zostać wpięte w układy automatycznej regulacji. Rozwiązania takie zapewniają realizację nietypowych pomiarów z dużą dokładnością, a także transmisję i wizualizację aktualnych rezultatów dla wybranej lokalizacji, na przykład stacji nadzoru czy też stacji kontrolnych. Wyniki rejestrowane są w bazach danych i prezentowane w postaci tabel i wykresów.

temów i urządzeń nowej generacji powodują, że oferta CTT EMAG jest nowoczesna i odpowiada wymaganiom stawianym przez użytkowników systemów i urządzeń w zakładach górnictwa odkrywkowego i podziemnego.

W artykule wykorzystano materiały i dokumentację opracowaną w Instytucie Technik Innowacyjnych EMAG.

7. PODSUMOWANIE

Zakres dotychczasowych, pomyślnie zakończonych wdrożeń i perspektywy dalszej sprzedaży systemów są duże. Atrakcyjność i innowacyjność opracowanej oferty wynika z prawidłowo zrealizowanej fazy badawczo-rozwojowej, skutecznie przeprowadzonej akcji marketingowej, dobrego przygotowania komercyjnej, wielojęzycznej wersji systemów oraz ich pełnej dokumentacji dla potencjalnych użytkowników w kraju i za granicą.

Opracowywane i wdrażane systemy umożliwiają poprawę bezpieczeństwa pracy oraz przyczyniają się do ochrony środowiska.

Prowadzone przez Instytut Technik Innowacyjnych EMAG prace merytoryczne nad opracowaniem sys-