
mgr inż. Marek KOSTKA
KOPEX Machinery S.A.
mgr inż. Łukasz KRZAK
GABRYPOL Sp. J., Z. i R. Juszczyk
mgr inż. Andrzej GAWLIŃSKI
KWK BUDRYK
dr inż. Dariusz JASIULEK
dr inż. Mariusz LATOS
dr inż. Joanna ROGALA-ROJEK
dr inż. Krzysztof STANKIEWICZ
mgr inż. Sławomir BARTOSZEK
mgr inż. Sebastian JENDRYSIK
mgr inż. Jerzy JURA
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Systemy monitoringu, diagnostyki i sterowania maszyn górniczych

Streszczenie

Systemy monitoringu, sterowania i automatyzacji, zdolne do adaptacji i uczenia się, są co raz szerzej stosowane w praktyce przemysłowej. Wzrasta również obszar zastosowań systemów inteligentnych w polskim górnictwie węgla kamiennego. W artykule przedstawiono wybrane prace realizowane w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG, we współpracy z KOPEX MACHINERY S.A., KWK Budryk i Gabrypol Sp. J. Z. i R. Juszczyk, w powyższym zakresie, które podnoszą wydajność maszyn i procesów technologicznych oraz zwiększają bezpieczeństwo pracy w górnictwie. Zaprezentowano modułowy, iskrobezpieczny system sterowania KOGAster, zintegrowany system sterowania węzłem osadzarkowym KOGA, system wibrodiagnostyczny maszyn górniczych VITO oraz system elektronicznej identyfikacji i ewidencji części maszyn Iris jako przykłady prac nad inteligentnymi maszynami górniczymi.

Słowa kluczowe: inteligencja maszynowa, mechatronika, automatyka, górnictwo, diagnostyka, monitoring

Keywords: machine intelligence, mechatronics, automation, mining, diagnostics, monitoring

Summary

The control and automation systems, i.e. the systems capable for adaptation and learning, gain wider group of users. The area of implementation of intelligent systems in the Polish hard coal mining industry also extends. Selected projects realized at the KOMAG Institute of Mining Technology in cooperation with KOPEX MACHINERY S.A., KWK Budryk and Gabrypol Sp. J. Z. i R. Juszczyk, as regards state-of-the-art, intelligent mechatronic systems, which increase the safety in the mining industry and which reduce energy consumption of technological process of coal production, are presented in the paper. Discussed projects include the modular, intrinsically safe KOGAster control system, the KOGA - integrated control system of jig's cell, the vibro-diagnostics system VITO dedicated for mining machinery and an iRIS - electronic system of identification and registration of machine parts.

1. Wprowadzenie

Inwestycje w górnictwie powinny być skierowane na innowacje techniczne i technologiczne oraz zmierzać do realizacji idei inteligentnej kopalni. Uzależnione są one jednak od czynników ekonomicznych, jak również stanu zaawansowania technologii i możliwości podniesienia poziomu bezpieczeństwa.

Efektywność procesu wydobywania jest ciągle zwiększana poprzez wdrażanie innowacyjnych systemów maszynowych, jak również poprzez ograniczenie liczby awarii i ograniczenie skutków zagrożeń powodujących wypadki w kopalniach.

Eksplatacja w coraz trudniejszych warunkach górnictwo-geologicznych wymaga zatem stosowania specjalistycznych maszyn, o zwiększonej trwałości i niezawodności. Również technologie stosowane w górnictwie coraz częściej wiążą się z wprowadzeniem wysoko zaawansowanego oczujnikowania i oprogramowania komputerowego do sterowania procesem wydobywania. Należy jednak podkreślić, że wysokopoziomowa automatyzacja wymaga niezawodnej integracji danych napływających z poszczególnych systemów sterowania maszyn i urządzeń oraz rozwiązań klasy BigData (zaawansowane przetwarzanie danych).

Wyniki obecnie prowadzonych prac [4, 6, 8, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 26] wskazują, że w najbliższych latach rozwój maszyn i systemów górniczych związany będzie z inteligentnym sterowaniem, projektowanym zgodnie z ideą komunikacji Maszyna do Maszyny (M2M) oraz koncepcją Industry 4.0. Sztuczna inteligencja wspomże operatora w ocenie warunków pracy, a także wesprze go w podejmowaniu decyzji.

O wydajności i energochłonności maszyn decyduje początkowa faza projektowania i prac badawczo-rozwojowych, stąd istotna jest ścisła współpraca, od powstania koncepcji, wszystkich odpowiedzialnych specjalistów z jednostek naukowych, producentów i użytkowników. Ciągłe rozwijane metody symulacji komputerowej stwarzają nowe możliwości w projektowaniu, sprawdzaniu funkcjonalności i badaniach maszyn, co ogranicza możliwości powstawania błędów w fazie projektowania, a w konsekwencji minimalizuje koszty w fazie produkcji i eksploatacji. Techniki symulacji ograniczają również czas modernizacji i serwisowania maszyn w wyniku wcześniejszego testowania z zastosowaniem modeli komputerowych.

Przykłady coraz szerzej prowadzonej automatyzacji i wdrażania układów inteligentnego sterowania maszyn i urządzeń w górnictwie podziemnym wskazują na ich znaczną przewagę w porównaniu ze sterowaniem manualnym, wykonywanym przez operatorów maszyn [15]. Główne korzyści wynikające z wdrażania inteligentnych systemów maszynowych w górnictwie to:

- zwiększenie bezpieczeństwa pracy poprzez ograniczenie liczby pracowników w strefach niebezpiecznych,
- ograniczenie narażenia pracowników na oddziaływanie gazów, zapylenia, hałasu i wibracji i innych szkodliwych czynników,
- zwiększanie efektywności produkcji poprzez zwiększenie wykorzystania czasu pracy maszyn,
- zmniejszanie kosztów procesów produkcji poprzez zwiększenie trwałości, niezawodności i energochłonności pracy maszyn i urządzeń.

W ITG KOMAG opracowano szereg rozwiązań technicznych, które wpisują się w ideę inteligentnych maszyn. W niniejszej publikacji przedstawiono system wibrodiagnostyczny umożliwiający diagnozowanie maszyn pracujących w zmiennych warunkach obciążenia, system sterowania rozproszonego KOGASTER, system sterownia węzłem osadarkowym KOGA oraz kolejny moduł systemu identyfikacji elektronicznej iRIS. Są one produkowane, wdrażane i modernizowane dzięki współpracy z szerokim gronem partnerów przemysłowych Instytutu. System KOGA został opracowany dzięki ścisłej współpracy z Zakładem Przerobczym KWK BUDRYK z Ornontowic. Systemy

KOGASTER i KOGA produkowane są w konsorcjum z firmą GABRYPOL Sp. J. z Katowic, a system wibrodiagnostyki VITO i moduł systemu iRIS powstały w wyniku kooperacji z KOPEX MACHINERY S.A.

2. System wibrodiagnostyki kombajnu ścianowego

System wibrodiagnostyki został opracowany w ramach konsorcjum ITG KOMAG, KOPEX MACHINERY S.A. oraz ELGÓR + HANSEN S.A, współpracującego w projekcie badawczym INERG „Innowacyjne rozwiązania maszyn wydobywczych podnoszące bezpieczeństwo energetyczne kraju”, dofinansowanym przez NCBiR. Celem projektu było opracowanie i wytworzenie innowacyjnego kombajnu ścianowego przeznaczonego do pracy w pokładach niskich, współpracującego z nowoczesnym systemem obserwacji warunków pracy, diagnostyki i identyfikacji. System, w oparciu m.in. o analizę sygnałów drganiowych, monitoruje i diagnozuje elementy przekładni pracujących maszyn [2].

Celem jest wczesne wykrywanie uszkodzeń elementów przekładni oraz identyfikacja miejsca uszkodzenia i prognozowanie jego rozwoju, co umożliwi wcześniejsze usunięcie możliwości zaistnienia awarii maszyny. Stosując proponowany system wibrodiagnostyczny służby serwisowe będą w stanie zdecydowanie wcześniej zaplanować wymianę części, zanim dojdzie do ich całkowitego uszkodzenia, unikając nieplanowanego zatrzymywania maszyny górniczej, co może przynieść znaczne korzyści ekonomiczne, zarówno po stronie producenta, jak i użytkownika maszyny [3, 24, 27].

Cechą charakterystyczną opisywanego systemu wibrodiagnostycznego jest możliwość pracy automatycznej w warunkach dołowych, przy zmiennych warunkach obciążenia, co istotnie odróżnia go od innych systemów diagnostycznych [2, 3]. W celu uniezależnienia układu od warunków eksploatacyjnych, oprócz sensorów drgań zastosowano sensory mierzące prędkość obrotową organów urabiających. System składa się z dwóch zasadniczych części:

- modułu sprzętowego VITO (rys. 1), instalowanego na maszynie, który agreguje dane w postaci sygnałów, wstępnie je przetwarza, przesyła do modułu programowego i sygnalizuje przekroczenie stanów granicznych,
- modułu programowego – oprogramowania do analizy i wnioskowania ekspertowego, działającego na komputerze zewnętrznym, gdzie będzie odbywać się szczegółowa analiza mająca na celu określenie rodzaju oraz miejsca wystąpienia ewentualnej awarii, bądź niesprawności.

a)



b)

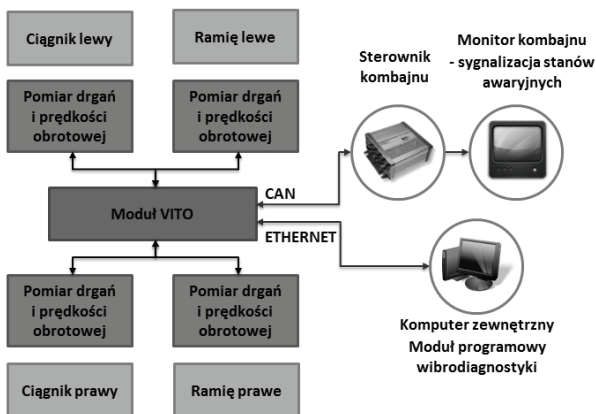


Rys. 1. Moduł VITO, widok złącza interfejsów pomiarowych (a), widok złączy (b) [24]

Moduł VITO został wyposażony w następujące interfejsy:

- 12 kanałów pomiarowych typu ICP (IEPE), umożliwiających dołączenie czujników mierzących drgania,
- 6 wejść cyfrowych umożliwiających m.in. dołączenie czujników impulsowych z wyjściem typu NAMUR,
- złącze zasilania 12V,
- złącze USB,
- złącze CAN,
- złącze RJ45 Ethernet,
- złącze światłowodowe Ethernet.

Sposób połączeń modułu VITO z sensorami, komputerem zewnętrznym oraz sterownikiem kombajnu przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Struktura połączeń modułu VITO [24]

Niezbędnym elementem funkcjonowania systemu wibrodiagnostyki jest moduł programowy, który ma na celu:

- parametryzację modułu sprzętowego,
- odbiór danych poprzez moduł sprzętowy, m.in. informacji o drganiach z zainstalowanych czujników przyspieszenia oraz pozostałych informacji charakteryzujących pracę danej maszyny,

- agregację i analizę otrzymanych danych,
- predykcję uszkodzeń wybranych elementów maszyny górniczej przy współpracy z systemem ekspertowym [3, 24],
- wizualizację stanów maszyny górniczej i generowanie komunikatów o zagrożeniach.

W chwili obecnej oprogramowanie wibrodiagnostyczne służy do diagnostyki kombajnu ścianowego KSW-800NE i stanowi część nadrzędnego oprogramowania, stanowiącego warstwę zarządzającą systemem obserwacji warunków pracy, diagnostyki i identyfikacji.

3. Rozproszony system sterowania KOGASTER

System sterowania KOGASTER jest ciągle rozwijany w ITG KOMAG. Do łączenia modułów, jako system rozproszony, wykorzystuje magistralę CAN i protokół CANopen [5]. Jako system otwarty pozwala na łączenie modułów lub przetworników różnych producentów. Moduły, z których składa się system, spełniają wymagania obwodów iskrobezpiecznych, zgodnych z dyrektywą ATEX [7] i normami zharmonizowanymi. Moduły systemu produkowane są przez firmę Gabrypol Sp. J. Wykorzystanie protokołu CANopen magistrali CAN, zgodnie z normą ISO 11898, pozwala na stosowanie programowych narzędzi diagnostycznych i gwarantuje, że będzie istniała możliwość rozbudowy układów oraz ich serwisowania przez wiele lat.

KOGASTER wyróżnia się na tle podobnych systemów możliwością stosowania go w mobilnych maszynach górniczych. Uzyskano to dzięki odpowiedniej budowie mechanicznej zapewniającej odporność na drgania, wibracje i trudne czynniki środowiskowe.

System zbudowany jest z modułów realizujących wydzielone funkcje. Wbudowana magistrala CAN pozwala na łączenie modułów w zróżnicowane struktury, obejmujące jedno lub wielosegmentowe

sieci, z wykorzystaniem redundancji magistrali, wraz z implementacją modułów transmisji bezprzewodowej. Wszystkie moduły systemu służą do budowy układów sterowania, które mogą pracować w strefach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego. Dotychczas opracowano następujące moduły:

- panel operatorski/sterownik PO-1 (rys. 3),
- kasetę sterującą KS-1 (rys. 4),
- moduł wejść wyjść MWW-1 (rys. 5 i 6),
- moduł komunikacji Bluetooth MKB-1 (rys. 7),
- moduł inteligentnego sterownika MIS-1 (rys. 8),
- inklinometr (rys. 9).

W opracowaniu są następujące moduły:

- moduł pomiaru prądu i napięcia AC/DC
- enkoder magnetyczny,
- uniwersalny pilot proporcjonalny.

Panel Operatorski PO-1 (rys. 3) jest podstawowym modułem systemu sterowania KOGASTER i pełni zarówno funkcję interfejsu człowiek – maszyna, jak i głównego sterownika rozproszonego układu sterowania.

Składa się on z kolorowego wyświetlacza LCD o rozdzielczości 800x480, wejść i wyjść dwustanowych, wejść analogowych oraz cyfrowych interfejsów, takich jak CAN, Ethernet czy USB. Interfejs Ethernet wykonany może być w dwóch wersjach: jako przewodowy lub światłowodowy. Przystosowany jest także do tworzenia redundanтных układów sterowania z wykorzystaniem magistrali CAN. Jest to realizowane poprzez dwa niezależne, izolowane galwanicznie interfejsy CAN. Redundancja obejmuje również układ zasilania. Panel może być zasilany z dwóch niezależnych zasilaczy iskrobezpiecznych.

W typowej konfiguracji, w układzie sterowania maszyny, panel połączony jest z kasetą sterującą KS-1 (rys. 4). Kasetę jest wyposażoną w przyciski, lampki sygnalizacyjne oraz wyłącznik awaryjny. Kasetę dzięki możliwości dowolnego doboru przycisków i lampek, może zostać łatwo dostosowana do wymagań użytkownika.



Rys. 3. Panel operatorski PO-1 (TEST 13 ATEX 0073X) [9]



Rys. 4. Kaseta sterująca KS-1 (TEST 13 ATEX 0072X) [10]

Kolejnym modułem jest moduł wejść – wyjść MWW-1, analogowych i cyfrowych. Moduł wykonywany jest w dwóch wersjach. Pierwsza (rys. 5) jest przeznaczona do zabudowy w układach wykorzystujących złącza. Dzięki odpowiedniemu rozwiązaniu można szybko wymienić moduł lub odłączyć z nim współpracujący zespół. Druga (rys. 6) pozwala na podłączenie czujników i przetworników do listew zaciskowych. Możliwe jest również zabudowanie przycisków i przełączników lokalnego panelu sterującego. Przetworniki wielkości nieelektrycznych, takie jak: mostki tensometryczne, rezystory termometryczne, przetworniki wydłużenia, stosowane w układach sterowania, można podłączyć do odpowiednich wejść modułu. Moduł wyposażony jest również w wyjścia dwustanowe, w postaci styków niespolaryzowanych.

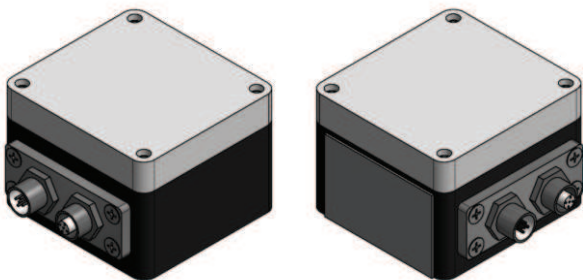


Rys. 5. Moduł wejść/wyjść analogowych i cyfrowych MWW-1/1 wersja pierwsza [11]



Rys. 6. Moduł wejść - wyjść analogowych i cyfrowych MWW-1/2 wersja druga [11]

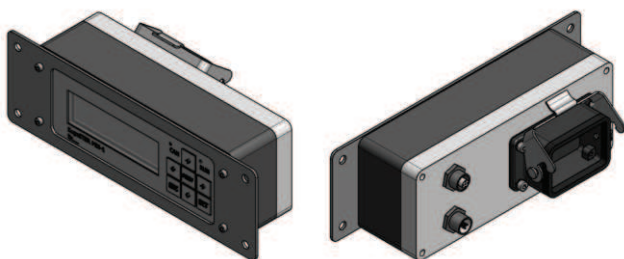
Modułem rozszerzającym możliwości komunikacyjne o transmisję bezprzewodową jest Moduł Komunikacji Bluetooth MKB-1 (rys. 7). Jest on wyposażony w bezprzewodowy interfejs Bluetooth oraz cyfrową magistralę CAN. Podstawową funkcją modułu jest łączenie urządzeń wyposażonych w interfejs Bluetooth (np. pulpit, inny układ sterowania) z układem sterowania wykorzystującym magistralę CAN.



Rys. 7. Model 3D Modułu Komunikacji Bluetooth MKB-1 [12]

Moduł Inteligentnego Sterowania MIS-1 (rys. 8) pełni funkcję sterownika i interfejsu człowiek-maszyna. Programowo jest on kompatybilny z Panelem Operatorskim PO-1 i jest wyposażony w dwa niezależne iskrobezpieczne interfejsy CAN, 4 wejścia dwustanowe przeznaczone do podłączenia styków niespolaryzowanych lub indukcyjnych czujników typu NAMUR oraz 4 wyjścia dwustanowe jako styki niespolaryzowane w wersji półprzewodnikowej. Ponadto posiada jeden styk przekaźnika przeznaczony do sterowania górniczym wyłącznikiem silnikowym.

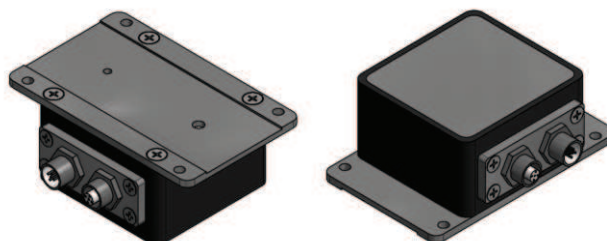
Moduł wyposażony jest w monochromatyczny wyświetlacz OLED o rozdzielczości 256x64, oraz przyciski do nawigacji w menu wyświetlacza. Posiadając dwa niezależne interfejsy CAN, umożliwia tworzenie redundanтных układów. Redundancja obejmuje również zasilanie. Dodatkowo, wyposażony jest w moduł komunikacji bezprzewodowej BLUETOOTH, który pozwala na realizację funkcji identycznych jak w przypadku modułu MKB-1.



Rys. 8. Model 3D Modułu Inteligentnego Sterownika MIS-1 [13]

Inklinometr INK-2D (rys. 9) umożliwia pomiar położenia przetwornika w odniesieniu do kierunku siły ciężkości, który wykonywany jest w dwóch, wzajemnie prostopadłych osiach. Pozwala również na pomiar

przyspieszeń w trzech osiach, szybkości kątowej z wykorzystaniem żyroskopu oraz pomiaru natężenia pola magnetycznego z wykorzystaniem magnetometru. Inklinometr wykonany jest z materiałów niemagnetycznych, dzięki czemu nie zniekształca linii pola magnetycznego. W przypadku korzystania z magnetometru niezbędne jest, aby konstrukcja wsporcza również nie zakłócała pola magnetycznego ziemi.



Rys. 9. Model 3D Inklinometru INK-2D [14]

4. System sterowania węzłem osadzarkowym

Istotnym czynnikiem, wpływającym na prawidłowy przebieg procesu wzbogacania węgla kamiennego w osadzarkach pulsacyjnych (rys. 10), jest wydajne i precyzyjne sterowanie podawaniem materiału surowego oraz odprowadzaniem produktu wzbogacania. Zaistniała zatem konieczność kompleksowej automatyzacji węzła osadzarkowego, która miała zapewnić prawidłową współpracę osadzarki z układem podawania nadawy i przenośnikami kubelkowymi odbierającymi produkty z osadzarki.

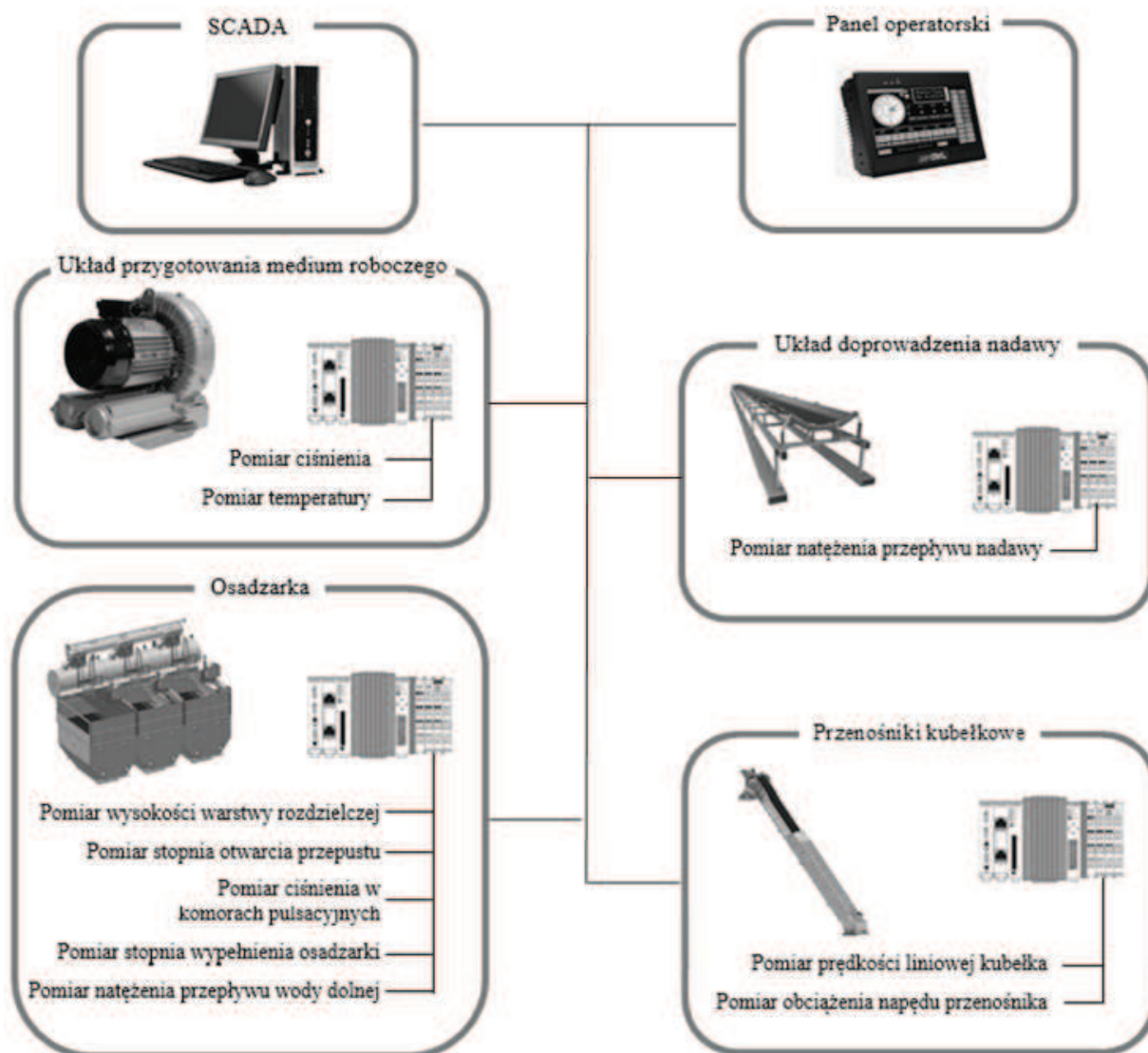


Rys.10. Osadzarka OM30 zabudowana w KWK Szczygłowice [25]

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG od szeregu lat prowadzono prace badawcze nad systemem sterowania węzłem osadzarkowym. Prototyp systemu zainstalowano w 2010 r., w Zakładzie Przeróbczym KWK Budryk i od tego czasu, z powodzeniem steruje on pracą węzła osadzarkowego, którego głównym elementem jest osadzarka średnioziarnowa.

System sterowania węzłem osadzarkowym oferowany przez firmę KOMAG jest każdorazowo i indywidualnie dostosowywany do wymogów klienta oraz warunków lokalnych [17]. Może współpracować z układem nadawy i odbioru oraz układem sterowania powietrzem. Strukturę systemu sterowania proponowanego przez KOMAG przedstawiono na rysunku 11.

- panel operatorski, zapewniający wizualizację podstawowych parametrów procesu wzbogacania oraz umożliwiający wprowadzanie bieżących nastaw,
- stacja operatorska wizualizująca proces i parametry maszyn z możliwością zdalnego sterowania.



Rys. 11. Struktura systemu sterowania węzłem osadzarkowym wzbogacania z wyróżnionym układem kontrolno-pomiarowym [17]

Podstawowymi elementami systemu sterowania są [18]:

- jednostka centralna układu sterowania wykonana na bazie sterownika PLC, współpracująca z elementami wykonawczymi, zbierająca dane z zainstalowanych czujników, realizująca pętle regulacyjne i kontrolne oraz komunikująca się z urządzeniami interfejsu operatorskiego,

Do podstawowych funkcji realizowanych przez system sterowania KOMAG można zaliczyć:

- automatyczne sterowanie osadzarką w miejscu zabudowy urządzenia wraz z możliwością sterowania poprzez system dyspozytorski,
- sterowanie pulsacją wody z możliwością zmiany jej parametrów w odniesieniu do długości i charakterystyki cykli,

- automatyczną regulację odbioru produktów ciężkich,
- stabilizację rozluzowania warstwy wzbogacanego materiału,
- pomiar i rejestrację wielkości związanych z pracą maszyny,
- automatyczną regulację ciśnienia powietrza roboczego,
- automatyczną regulację dopływu wody dolnej,
- automatyczne i ręczne (z panelu operatorskiego) sterowanie prędkością przenośników kubelkowych,
- sterowanie natężeniem podawanej nadawy z automatyczną kontrolą obciążenia osadzarki,
- automatyczne opróżnianie osadzarki.

Połączenie systemów sterowania maszyn wchodzących w skład węzła osadzarkowego stwarza nowe możliwości rozwoju algorytmów sterujących procesem wzbogacania węgla w osadzarkach pulsacyjnych. Zaawansowane funkcje sterujące i pomiarowe, niezawodność cyfrowej transmisji danych, łatwość obsługi, pełny monitoring systemu, skalowalność i możliwość elastycznego kształtowania funkcji sterujących, uproszczona integracja z systemami nadrzędnymi, to tylko przykłady cech charakteryzujących to inteligentne rozwiązanie. Połączenie sterowników urządzeń węzła w jeden, nadrzędny system sterowania zapewnia bezawaryjną pracę oraz zwiększoną wydajność urządzeń, przy zmniejszonym zużyciu energii elektrycznej. Pozwala także na zwiększenie żywotności układów wykonawczych w warunkach zmiennego obciążenia. Monitoring i diagnostyka w znacznym stopniu redukuje liczbę awarii, a optymalne zarządzanie procesem produkcji znacznie obniża koszty procesu wzbogacania węgla.

5. System identyfikacji radiowej

Prace nad zastosowaniem technologii RFID w zakładach górniczych rozpoczęto w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w roku 2004. Pierwszym opracowanym rozwiązaniem był „System elektronicznej identyfikacji elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej”, zrealizowany w wyniku projektu celowego przez konsorcjum składające się z ITG KOMAG, Politechniki Śląskiej i firmy Elsta Sp. z o. o. System wdrożono w blisko trzydziestu kopalniach węgla kamiennego w Polsce i w firmach produkujących sekcje obudowy zmechanizowanej. Zalety systemu wykorzystującego technologię RFID wzbudziły zainteresowanie innych producentów i użytkowników maszyn i urządzeń. Uwzględniając ich potrzeby podjęto prace mające na celu jego rozwój, rozszerzenie funkcjonalności i dopasowanie do potrzeb klienta.

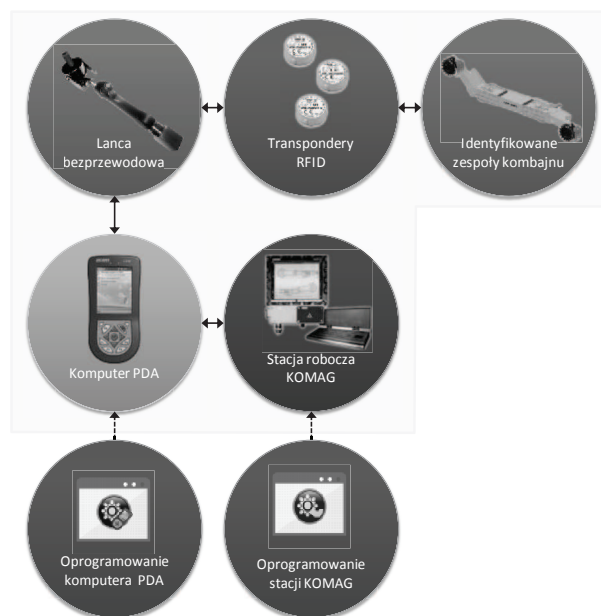
Jednym z rozwiązań, opracowanych w wyniku realizacji prac badawczo-rozwojowych, jest system identyfikacji elementów kombajnu ścianowego, którego ideą jest szybkie identyfikowanie podstawowych podzespołów kombajnu ścianowego w warunkach dołowych oraz powierzchniowych. W skład elektronicznego systemu identyfikacji wchodzi, zarówno składniki sprzętowe [28]:

- elementy identyfikacyjne – transpondery pasywne TRID-01 (Elsta Sp. z o. o.),
- komputer przenośny PDA i.roc 623-Ex (ecom instruments GmbH),
- lanca odczytująca TRH-02 z modułem komunikacji bezprzewodowej MKB-01 (Elsta Elektronika Sp. z o. o. S.K.A.),

jak i programowe, służące do gromadzenia i przetwarzania danych:

- oprogramowanie użytkowe i komunikacyjne, wspomagające wymianę danych pomiędzy komputerem PDA a główną bazą danych systemu identyfikacji, dedykowane dla urządzenia PDA,
- oprogramowanie użytkowe dla komputera stacjonarnego, służące do rejestracji i przetwarzania danych identyfikacyjnych oraz ewidencji elementów kombajnu ścianowego.

Elementy prototypu systemu elektronicznej identyfikacji elementów kombajnu przedstawiono na rysunku 12.



Rys. 12. Elementy wchodzące w skład prototypu systemu elektronicznej identyfikacji [28, 29, 30, 31]

Istotnym elementem systemu identyfikacji elementów kombajnu ścianowego jest oprogramowanie bazodanowe instalowane w komputerze głównym. Pełni ono w systemie funkcję oprogramowania

zarządzającego, służącego do rejestracji i przetwarzania danych oraz ewidencji elementów kombajnów. Ścisłe współpracując z urządzeniem typu PDA umożliwia w znacznym stopniu automatyzację zadań logistycznych (dodawania nowych elementów, grupowania elementów w całość oraz zmiany lokalizacji).

W opracowanym prototypie systemu transpondery RFID rozmieszczono na następujących zespołach kombajnu: ramionach, zespole napędowo-hydraulicznym, module zasilającym, przekładniach bocznych i organach. W celu weryfikacji poprawności odczytu prowadzonego z wykorzystaniem bezprzewodowej lancy oraz potwierdzenia poprawności komunikacji lancy z oprogramowaniem użytkowym, przeprowadzono szereg testów zarówno w hali montażowej, jak i w warunkach eksploatacyjnych. W trakcie badań sprawdzono działanie składników sprzętowych podsystemu oraz ich współpracę ze składnikami programowymi zainstalowanymi na stacji roboczej KOMAG. Warunki panujące w eksploataowanej ścianie (m.in. zapylenie, otoczenie metaliczne) nie stanowiły przeszkody w odczycie transponderów RFID. Weryfikacji poprawności odczytu transponderów RFID dokonano z wykorzystaniem autorskiego oprogramowania użytkowego przeznaczonego do urządzeń typu PDA, współpracujących z bezprzewodową lancą. Procedury weryfikacji i archiwizacji danych dokonano z wykorzystaniem opracowanego oprogramowania bazodanowego zainstalowanego w komputerze centralnym. Wyniki badań potwierdziły poprawność działania systemu, a przyjęte rozwiązania sprzętowe, wraz z oprogramowaniem, umożliwiają identyfikację i prowadzenie ewidencji podzespołów kombajnu ścianowego w warunkach eksploatacyjnych [1].

6. Podsumowanie

W artykule przedstawiono przykłady inteligentnych rozwiązań mechatronicznych przeznaczonych do maszyn i urządzeń oraz systemów zmechanizowanych stosowanych w przemyśle wydobywczym, które opracowano w ITG KOMAG. Wieloletnie doświadczenie Instytutu w zakresie projektowania maszyn górniczych oraz dogłębną znajomość problemów z jakimi na co dzień mają do czynienia załogi górnicze, pozwoliły na uwzględnienie wymagań środowiska pracy. W trakcie opracowywania modułów wchodzących w skład systemu KOGASTER oraz Systemu Sterowania Węzła Osadzarkowego, uwzględniono potrzebę ujednoczenia standardów komunikacji oraz wymiany danych. Zastosowano rozwiązania komunikacyjne bazujące na magistrali CAN z protokołem CANopen oraz magistrali komunikacyjnej ETHERNET, w wersji przewodowej oraz światłowodowej. W Systemie Sterowania Węzła Osadzarkowego zastosowano innowacyjną metodę analizy danych pomiarowych, umożliwiającą traktowanie maszyny jako

miernika oceny procesu wzbogacania, stosowanego w algorytmie sterowania, sprzężonych z osadzką układów transportowych nadawy oraz odstawy materiału. Zastosowanie takiego rozwiązania pozwoliło na poprawę jakości wzbogacanego materiału oraz zmniejszenie energochłonności procesu, poprzez odpowiednie sterowanie prędkością przenośników taśmowych oraz kubełkowych. System KOGASTER pozwala na budowę układów sterowania dowolnych maszyn i urządzeń pracujących w strefach zagrożonych wybuchem metanu lub pyłu węglowego. Dzięki małym gabarytom oraz szerokiemu asortymentowi modułów, możliwa jest implementacja w zakresie małych aplikacji, np. sterowania filtrem lub pompą, aplikacji przeznaczonych do maszyn mobilnych np. lokomotywy spalinowe lub akumulatorowe, lub aplikacji rozległych np. przenośniki, czy monitorowanie rurociągów. System wibrodiagnostyki VITO, opracowany wspólnie z KOPEX Machinery S.A., pozwala na diagnostykę stanu przekładni i łożysk kombajnu ścianowego wraz z predykcją uszkodzeń. Częścią systemu wibrodiagnostyki jest aplikacja ekspercka nie wymagająca żmudnej analizy trendów oraz generowania reguł diagnostycznych. Zaprezentowane w artykule rozwiązania wpisują się w strategię rozwoju innowacyjnych, inteligentnych maszyn i urządzeń wykorzystywanych do pracy w górnictwie.

Literatura

1. Badania eksploatacyjne maszyny wydobywczej. Badania eksploatacyjne podsystemu wibrodiagnostyki oraz elektronicznej identyfikacji elementów kombajnu ścianowego. W11.286 - 03.08.03 CY6 Wydanie 2, ITG KOMAG, Gliwice 2014 (materiały nie publikowane).
2. Bartoszek S., et al.: System wibrodiagnostyczny maszyn górniczych. Monografia KOMTECH 2013, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Jakość - Efektywność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2013 s. 347-363.
3. Barszcz T.: Systemy monitorowania i diagnostyki maszyn. Kraków: Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, 2006.
4. Brune J.: Extracting the Science a Century of Mining Research. Society of Mining Metallurgy and Exploration, Inc. (SME), Phoenix, 2010.
5. CAN in Automation (CiA) 301 "CANopen application layer and communication profile".
6. Cuber J., Trenczek S.: Wybrane zagadnienia rozwoju infrastruktury systemowej w świetle zagrożeń górniczych. Gospodarka Surowcami Mineralnymi. Kwartalnik, Tom 24 - Zeszyt 1/2 - IGSM i E PAN, Kraków, 2008.
7. DYREKTYWA 94/9/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 marca 1994.

8. Ganguli R.: Identifying Research Priorities of SME: Results From a Survey of the Membership Preprint 10-026. SME Annual Meeting Feb. 28-Mar.03,2010, Phoenix, Arizona.
9. Instrukcja Obsługi - Panel Operatorski PO-1. Praca statutowa. ITG KOMAG 2013 rok (praca nie publikowana).
10. Instrukcja Obsługi Kasety Sterująca KS-1. Praca statutowa. ITG KOMAG 2013 rok (praca nie publikowana).
11. Instrukcja Obsługi Moduł Wejść Wyjść. Praca statutowa. ITG KOMAG 2013rok (praca nie publikowana).
12. Iskrobezpieczny system sterowania maszyn górniczych bazujących na magistrali CAN i protokole CANopen. Sprawozdania z realizacji prac statutowych ITG KOMAG 2010-2015, (prace nie publikowane).
13. Instrukcja Obsługi Moduł Inteligentnego Sterownika MIS-1. Praca statutowa. ITG KOMAG 2015rok (praca nie publikowana).
14. Instrukcja Obsługi Inklinometru INK-2D. Praca statutowa. ITG KOMAG 2015 rok (praca nie publikowana).
15. Jasiulek D., Świder J., Stankiewicz K.: Możliwości zastosowania sztucznych sieci neuronowych w układach sterowania maszyn górniczych. Innowacyjne Techniki i Technologie dla Górnictwa. KOMTECH 2010. ITG KOMAG, Gliwice 2010.
16. Jaszczuk. M.: Wariant optymistyczny scenariusza rozwoju ścianowych systemów mechanizacyjnych w polskim górnictwie węgla kamiennego. Gospodarka Surowcami Mineralnymi. Kwartalnik, Tom 24 – Zeszyt ½. IGSMiE PAN, Kraków, 2008.
17. Jendrysik S., et al.: Układ sterowania węzłem osadzarkowym. PRZERÓBKA 2013, Konferencja naukowo-szkoleniowa, Nowoczesne rozwiązania z zakresu procesów technologicznych przeróbki węgla, Zakopane, 21-22 maja 2013 s. 87-94, ISBN 978-83-63674-04-5.
18. Jendrysik S., et al.: Automatyczny system sterowania węzłem osadzarkowym z ciągłą kontrolą wydłużenia łańcucha przenośnika kubelkowego. KOMEKO 2015, Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość - Efektywność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2015 s. 62-68; 0,48 ark. wyd., ISBN 978-83-60708-85-9.
19. Kotwica K.: Scenariusze rozwoju technologicznego drażenia wyrobisk korytarzowych w warunkach polskich kopalń węgla kamiennego. Gospodarka Surowcami Mineralnymi. Kwartalnik Tom 24 – Zeszyt ½. IGSMiE PAN, Kraków, 2008.
20. Kozieł A.: Innowacyjne priorytetowe technologie w przemyśle węgla kamiennego – Praca zbiorowa pod redakcją Mariana Turka pt.: „Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego” GIG, Katowice, 2008.
21. Kozieł A.: Scenariusze rozwoju innowacyjnych technologii – Praca zbiorowa pod redakcją Mariana Turka pt.: „Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego” GIG, Katowice, 2008.
22. Kozieł A.: Inteligentne systemy maszyn górniczych, Kwartalnik Naukowo-Techniczny – Maszyny Górnicze 2/2011, Gliwice, 2011
23. Kozieł A., et al.: Inteligentne systemy mechatroniczne w maszynach górniczych. Miesięcznik Naukowo-Techniczny Napędy i Sterowanie Nr 2 (154) Luty 2012. ISSN 1507-7764. s. 112-116.
24. Latos M., Bartoszek S., Rogala-Rojek J.: Diagnostics of underground mining machinery. Proceedings of the 19th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR), Międzyzdroje, 2014, s. 782-787.
25. Matusiak P., Kowol D., Jędo A.: Rozwój konstrukcji i technologii w osadzarkach pulsacyjnych typu KOMAG do wzbogacania węgla kamiennego i innych surowców mineralnych. KOMEKO 2011, Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość - Efektywność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011 s. 73-86.
26. Pieczora E.: Prognoza rozwoju szynowych systemów transportowych stosowanych w podziemiach kopalń węgla kamiennego. Gospodarka Surowcami Mineralnymi. Kwartalnik Tom 24 – Zeszyt ½. IGSMiE PAN, Kraków, 2008.
27. Winkler T., et al.: Badania eksploatacyjne wybranych podsystemów kombajnu KSW-800NE. Monografia KOMTECH 2014, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Jakość - Efektywność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2014 s. 373-392.
28. Wytworzenie prototypu systemu wibrodiagnostyki oraz elektronicznej identyfikacji elementów kombajnu ścianowego. Opracowanie elektronicznego systemu identyfikacji. W11.286-03.08.04 CY1 Wydanie 1, ITG KOMAG, Gliwice 2012 (materiały nie publikowane).
29. Witryna internetowa: <https://www.ecom-ex.com> (10.06.2015).
30. Witryna internetowa: <https://www.elektronika.elsta.pl> (10.06.2015).
31. Witryna internetowa: <http://www.elsta.pl> (10.06.2015).

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2015 r.