

Grzegorz **PRZEGENDZA**
Marcin **PRZEGENDZA**

SYSTEMY STEROWANIA I DIAGNOSTYKI MASZYN I URZĄDZEŃ GÓRNICZYCH WYKORZYSTUJĄCE MAGISTRALĘ CAN

Streszczenie: Jednym z podstawowych problemów, z jakim spotykają się projektanci systemów sterowania, jest zapewnienie przepływu informacji kontrolno-pomiarowej pomiędzy poszczególnymi blokami funkcjonalnymi wchodzącymi w skład systemów. Pomimo dużej liczby dostępnych obecnie na rynku standardów transmisji danych, jedynie nieliczne z nich znajdują zastosowanie w przemyśle wydobywczym m.in. ze względu na trudne warunki środowiskowe panujące w podziemiach kopalń oraz szereg wymogów dotyczących bezpieczeństwa obsługi urządzeń. W referacie przedstawiono obszary zastosowań i korzyści płynące z zastosowania magistrali CAN w sterowaniu i diagnostyce maszyn wydobywczych.

Słowa kluczowe: magistrala CAN,

1. WSTĘP

W 2002 r. specjaliści Centrum EMAG na podstawie doświadczeń w trakcie projektowania systemów MAKS-245, MAKS/Z-500, MAKS-m, MAKS-i dla kombajnów ścianowych i systemu SKD dla kombajnów chodnikowych, rozpoczęli pracę nad nowym systemem sterowania i diagnostyki maszyn wydobywczych. Nowe typy maszyn wydobywczych wymusiły zmiany konstrukcyjne samego systemu. Podstawowym założeniem systemu była jego modułowa budowa, która mogła zostać zrealizowana w oparciu o stabilny, szybki i niezawodny interfejs komunikacyjny. Rosnąca popularność magistrali CAN, nie tylko w przemyśle samochodowym oraz wyżej wymienione cechy, zdecydowały o jego zastosowaniu w nowej wersji systemu, pomimo braku implementacji magistrali CAN w krajowych urządzeniach sterowania i diagnostyki maszyn wydobywczych oraz mimo niewielkiego doświadczenia w rozwiązaniach zagranicznych producentów automatyki górniczej. W roku 2004 Emag rozpoczął realizację projektu celowego z zakresu opracowania nowego systemu sterowania maszyn wydobywczych, co przyczyniło się do dalszego rozwoju urządzeń automatyki górniczej opartych na magistrali CAN i technologiach komunikacji bezprzewodowych. Zainteresowanie technologią zastosowaną w systemie MAKS-DBC ze strony odbiorców końcowych oraz współpraca z działami konstrukcyjnymi producentów maszyn i urządzeń górniczych zaowocowała powstaniem nowych rozwiązań rozszerzających pierwotne możliwości nowego systemu. Na bazie pierwotnego rozwiązania powstały kolejne systemy realizujące kompleksowo kontrolę i sterowanie zautomatyzowanymi procesami wydobywczymi. W referacie przedstawiono urządzenia automatyki górniczej produkowane w Centrum Emag oparte na magistrali CAN oraz obszary zastosowań i korzyści płynące z ich zastosowania w sterowaniu i diagnostyce maszyn wydobywczych.

2. PRZEGLĄD URZĄDZEŃ WYKORZYSTUJĄCYCH MAGISTRALĘ CAN PRODUKOWANYCH W CENTRUM EMAG

2.1. Sterowniki dedykowane

Blok Komunikacji i Przetwarzania Danych (BKP-i) przeznaczony jest przede wszystkim do stosowania w wielomodułowych systemach sterowania i kontroli pracy maszyn pracujących w podziemiach kopalń lub w części ich instalacji powierzchniowych, w których prawdopodobne jest wystąpienie zagrożenia wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego. BKP-i zapewnia współpracę z innymi urządzeniami wchodzącymi w skład systemu, koordynuje działanie urządzeń składowych systemu, zapewnia realizację funkcji sterowniczych maszyny wg ustalonego algorytmu. Ponadto steruje transmisją danych pomiędzy urządzeniami połączonymi magistralą szeregową wymiany danych CAN lub RS-485, rejestruje dane o stanie pracy maszyny w pamięci lokalnej i zapewnia wymianę danych poprzez łącze radiowe.



Rys.1. Blok Komunikacji i Przetwarzania Danych BKP-i

Pulpit Operatorski (POp-1) może być stosowany jako urządzenie samodzielne oraz pełnić funkcję jednostki centralnej i interfejsu operatora w rozproszonych systemach sterowania i monitorowania maszyn pracujących w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych w polach niemetanowych i metanowych, zgodnie z właściwościami określonymi cechą budowy przeciwwybuchowej EEx ib. W systemach sterowania i monitorowania maszyn pulpit POp-1 pełni funkcję interfejsu operatora pozwalającego na zdalne monitorowanie pracy i urządzeń do niego podłączonych za pomocą magistrali systemowej. Dane docierające do pulpitu operatorskiego mogą być przesyłane do systemu nadrzędnego lub przechowywane w wewnętrznej karcie pamięci.



Rys.2. Pulpit Operatorski POp-1

2.2. Iskrobezpieczne koncentratory i urządzenia wykonawcze

Blok Sterowania Hydrauliki i Kontroli Mechanizmów (BSHkm) jest urządzeniem przeznaczonym do sterowania hydrauliki siłowej oraz kontroli parametrów pracy maszyn i urządzeń wykorzystywanych w procesie wydobywczym. Układ przeznaczony jest do montażu na korpusie maszyny wydobywczej w strefie chronionej przed narażeniami mechanicznymi.



Rys.3. Blok Sterowania Hydrauliki i Kontroli Mechanizmów BSHkm

Moduł BSHkm posiada pięć wyjść sterujących do podłączenia iskrobezpiecznych rozdzielaczy elektrohydraulicznych. Blok BSHkm umożliwia podłączenie 12 czujników w wykonaniu iskrobezpiecznym oraz posiada dwa wyprowadzenia magistrali zasilania +5VDC, +12VDC i magistrali komunikacyjnej. Podstawowymi funkcjami realizowanymi przez BSHkm są:

- komunikacja z pozostałymi elementami systemu;
- wysterowywanie i kontrola prądów elementów wykonawczych;
- obniżenie poboru mocy przez zmniejszenie prądu elementów wykonawczych;
- możliwość wykonywania pomiarów i wskazań:
 - analogowych i dwustanowych ciśnienia,
 - analogowych temperatur,
 - prędkości posuwu i położenia maszyny,
 - analogowego położenia ogona pompy,
 - poziomu oleju i temperatury w zbiorniku oleju,
 - dwustanowego przepływu wody,
 - innych za pomocą czujników, których sygnały wyjściowe są zgodne z parametrami wejściowymi urządzenia.

Koncentrator Lokalny (KLok-1) jest uniwersalnym 4-kanalowym urządzeniem pomiarowo-sterującym grupy I kategorii M2 przeznaczonym do stosowania w systemach sterowania i monitorowania pracy maszyn i urządzeń pracujących w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych w polach niemetanowych i metanowych, zgodnie z właściwościami określonymi cechą budowy przeciwwybuchowej EExi_b. Każdy z kanałów może pracować jako:

- wejście pomiarowe z 3-przewodowymi czujnikami o wyjściu sygnałowym 0,5÷4,5V, 0,2÷1,0mA, 4÷20mA lub 2-przewodowymi 4÷20mA;
- podwójne wyjście zasilające cewki elektrozaworów;
- podwójne wyjście sterujące innymi urządzeniami wykonawczymi, zasilanymi napięciem 12V o rezystancji minimalnej 100Ω.

Koncentrator lokalny KLok-1 jest przeznaczony do prowadzenia pomiarów przy użyciu czujników przystosowanych do współpracy z iskrobezpiecznymi obwodami kategorii „i_a” lub „i_b” o nominalnym napięciu zasilania 12VDC oraz do przełączania rozdzielaczy elektrohydraulicznych na różne media (emulsja wodno-olejowa, olej, powietrze, woda) wyposażonych w elektromagnesy przystosowane do współpracy z obwodami kategorii „i_a” lub „i_b” o napięciu nominalnym 12VDC.



Rys.4. Koncentrator Lokalny KLOK-1

Pulpit Sterowniczy (PuS) jest urządzeniem mikroprocesorowym przeznaczonym do stosowania w wielomodułowych systemach sterowania i kontroli maszyn pracujących w podziemiach kopalń lub w części ich instalacji powierzchniowych. Interfejs magistrali CAN pozwala na współpracę pulpitu z systemem sterowania maszyny, a transmisja szeregowa pozwala na ograniczenie liczby przewodów prowadzonych w instalacji. Spełnienie wymogów iskrobezpieczeństwa pozwala na stosowanie go w warunkach zagrożenia wybuchem metanu oraz pyłu węglowego. PuS spełnia następujące funkcje:

- odczytu stanu przycisków poprzez szeregową magistralę transmisji danych CAN;
- realizacji stopu bezpieczeństwa;
- sygnalizacji i aktywności wybranej funkcji oraz układów transmisji za pomocą diod świecących.



Rys.5. Pulpit Sterowniczy PuS

2.3. Wyposażenie skrzyni aparaturowej

Blok Sterowania Napędów (BSN-e) jest modułem montowanym w przedziale ognioszczelnym skrzyni aparaturowej przeznaczonej do niskonapięciowej aparatury elektrycznej. BSN-e umożliwia sekwencyjne załączanie/wyłączanie napędów i kontrolę przebiegu załączania maszyny, identyfikację przyczyn wyłączenia, dokonuje pomiarów prądów obciążenia silników wraz z kontrolą ich rozruchu, zapewnia komunikację z urządzeniami zewnętrznymi np. przekształtnikiem częstotliwości, modułami zabezpieczeń i pomiaru temperatur.



Rys.6. Blok Sterowania Napędów BSN-e

Sterownik Komunikacyjny (SKOM) jest urządzeniem montowanym w przedziale ognioszczelnym skrzyni aparaturowej przeznaczonej do niskonapięciowej aparatury elektrycznej. Zadaniem sterownika SKOM jest pobieranie, przetwarzanie i przesyłanie danych cyfrowych poprzez dwie magistrale RS-485 i jedną magistralę CAN. Łącze RS-485 wykorzystywane jest do asynchronicznej transmisji znakowej zgodnie z protokołem MODBUS RTU przy prędkości transmisji 9 600 bps, natomiast konfigurowalne cztero lub dwu przewodowe łącze RS-485 umożliwia przesyłanie danych przy prędkości transmisji do 19 200 bps. Iskrobezpieczne łącze CAN umożliwia przesyłanie danych z prędkością do 1Mb/s.



Rys.7. Sterownik Komunikacyjny SKOM

Koncentrator Sygnałów Dwustanowych (KSD) jest urządzeniem montowanym w przedziale ognioszczelnym skrzyni aparaturowej przeznaczonej do niskonapięciowej aparatury elektrycznej. Zadaniem koncentratora KSD jest kontrola stanu wejść oraz sterowanie wyjść dwustanowych. Informacja o stanie poszczególnych sygnalizatorów jest przesyłana na magistralę poprzez interfejs szeregowy RS-485, pracujący wg protokołu MODBUS RTU lub poprzez interfejs komunikacyjny CAN.



Rys.8. Koncentrator Sygnałów Dwustanowych KSD

2.4. Iskrobezpieczne przetworniki

Iskrobezpieczny Przetwornik Kąta (InclinoS-1) jest urządzeniem przeznaczonym do pomiaru położenia kąтового, części lub podzespołów maszyn wydobywczych (np. położenia ramienia kombajnu lub pochylenia całej maszyny). Układ przeznaczony jest do montażu na korpusie maszyny wydobywczej w strefie chronionej przed narażeniami mechanicznymi. Przetwornik InclinoS-1 przeznaczony jest do stosowania w rozproszonych systemach sterowania i monitorowania maszyn pracujących w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych w polach niemietanowych i metanowych, zgodnie z właściwościami określonymi cechą budowy przeciwybuchowej EExi_a. Podstawowymi funkcjami realizowanymi przez InclinoS-1 są:

- analogowy pomiar kąta w zakresie $\pm 90^\circ$;
- możliwość analizy i korekty wyniku pomiaru;
- analogowe lub cyfrowe wyjście;
- komunikacja z pozostałymi elementami systemu poprzez magistralę CAN lub RS-485 half-duplex w standardzie Modbus RTU w zależności od opcji wykonania.



Rys.9. Iskrobezpieczny Przetwornik Kąta InclinoS-1

Iskrobezpieczny Analogowy Przetwornik Ciśnienia (PAC-1) służy do pomiaru ciśnienia w instalacjach pneumatycznych i hydraulicznych, zwłaszcza tam gdzie istnieje niebezpieczeństwo wybuchu mieszanki metanowo-powietrznej. Urządzenie przeznaczone jest do montażu w strefie chronionej przed narażeniami mechanicznymi. Przetwornik PAC-1 przeznaczony jest do stosowania w rozproszonych systemach sterowania i monitorowania maszyn pracujących w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych, w polach niemietanowych i metanowych, zgodnie z właściwościami określonymi cechą budowy przeciwybuchowej EExi_a. Podstawowymi cechami przetwornika PAC-1 są:

- przyłącze procesowe STECKO lub manometryczne z gwintem metrycznym lub calowym;
- analiza i korekta wyniku pomiaru;
- analogowe lub cyfrowe wyjście;
- komunikacja z pozostałymi elementami systemu poprzez magistralę CAN lub RS-485 half-duplex w standardzie Modbus RTU, w zależności od opcji wykonania.



Rys.10. Iskrobezpieczny Analogowy Przetwornik Ciśnienia PAC-1

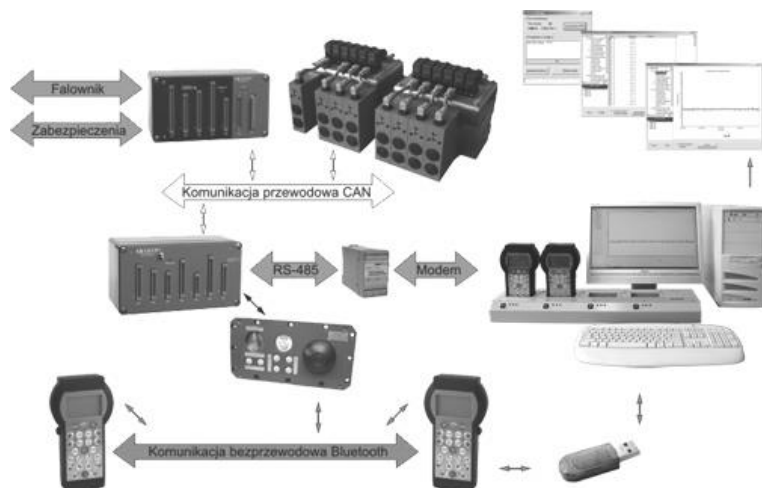
3. OBSZARY ZASTOSOWAŃ URZĄDZEŃ WYPOSAŻONYCH W INTERFEJS KOMUNIKACYJNY CAN W MASZYNACH WYDOBYWCZYCH

3.1. System sterowania i diagnostyki maszyn wydobywczych MAKS-DBC

Jednym z obszarów zastosowań wymienionych wyżej elementów jest sterowanie i diagnostyka maszyn wydobywczych. System MAKS-DBC jest zestawem wzajemnie połączonych za pomocą magistrali CAN urządzeń, umożliwiających: radiowe sterowanie, bieżącą diagnostykę i kontrolę pracy maszyny, monitorowanie stanu maszyny na wyświetlaczach radiowych sterowników operatorskich oraz realizujących łączność głosową między operatorami. System zaprojektowany został dla maszyn górniczych z wielosilnikowymi układami napędowymi. Przeznaczony jest do stosowania zwłaszcza w kombajnach ścianowych zarówno z elektrycznym, jak i hydraulicznym napędem posuwu.

Podstawowe cechy systemu:

- bezprzewodowe sterowanie i nadzór operatorski nad bieżącą pracą maszyny, za pomocą Radiowych Sterowników Operatorskich, wyposażonych w wyświetlacze ciekłokrystaliczne;
- nowoczesna diagnostyka i kontrola pracy maszyny;
- rozbudowane funkcje serwisowe;
- kontrola rozruchu i poprawności pracy silników;
- sterowanie i kontrola pracy podzespołów hydrauliki siłowej;
- możliwość prowadzenia rozmów między operatorami maszyny;
- zastosowanie szybkiej, odpornej na zakłócenia, wyposażonej w mechanizmy detekcji błędów magistrali przewodowej, sprzęgającej moduły w systemie;
- akwizycja i przetwarzanie danych z szerokiej gamy czujników pomiarowych;
- rejestracja parametrów pracy systemu z przesyłem danych drogą radiową do sterownika operatorskiego;
- możliwość dostosowania konfiguracji systemu do różnych typów maszyn z uwzględnieniem określonych wymagań konstrukcyjnych;
- przesył danych o pracy maszyny na powierzchnię;
- rejestracja pracy maszyny w radiowych sterownikach operatorskich.

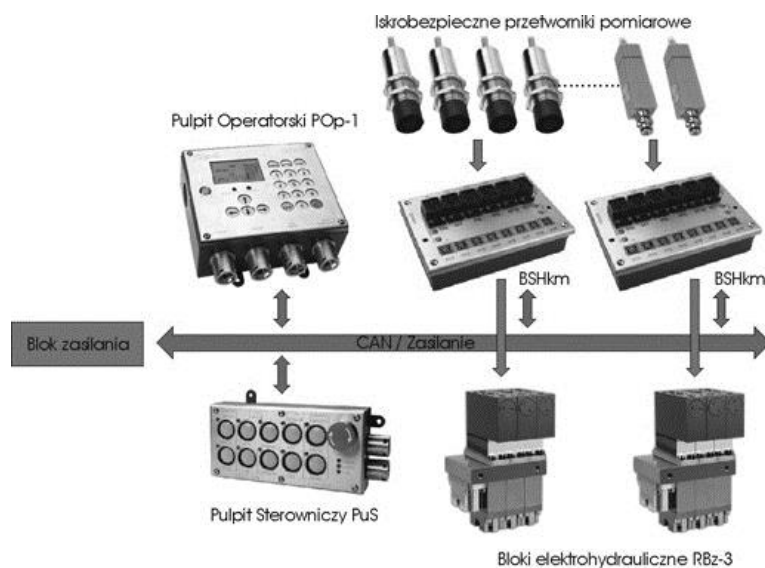


Rys.11. Aplikacja systemu sterowania i diagnostyki MAKS-DBC

3.2. System sterowania i diagnostyki kombajnu chodnikowego SUK

Podczas prowadzenia wydobycia soli może dojść do wybuchu gazów, które stanowią niebezpieczeństwo dla obsługujących maszynę. Zaprojektowany system ma za zadanie zapewnić bezpieczną pracę operatorów kombajnu chodnikowego poprzez wycofanie ludzi z rejonu zagrożenia i działanie kombajnu zgodnie z algorytmem. System zaprojektowany został również w celu zwiększenia efektywności i poprawy komfortu obsługi. System SUK jest zestawem wzajemnie połączonych urządzeń, umożliwiających:

- sterowanie maszyny w trybie ręcznym, półautomatycznym lub automatycznym;
- bieżącą diagnostykę systemu i kontrolę pracy maszyny w ograniczonym zakresie;
- monitorowanie stanu maszyny na wyświetlaczu Pulpitu Operatorskiego POp-1;
- parametryzację trybu pracy automatyki.



Rys.12. System sterowania i diagnostyki kombajnu chodnikowego SUK

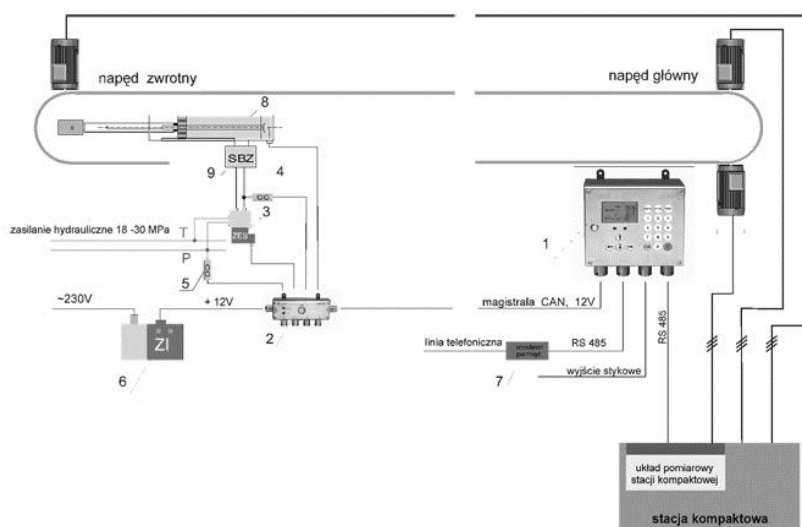
3.3. Układ nadążnego napinania łańcucha w ścianowych przenośnikach zgrzeblowych NaP

W przenośnikach produkowanych przez RFM RYFAMA kompensacja wydłużenia sprężystego wynikającego ze wzrostu obciążenia jest osiągana poprzez zwiększanie odległości pomiędzy bębnami łańcuchowymi przenośnika. Wymaga to wyposażenia napędu zwrotnego przenośnika w mechanizm pozwalający na przemieszczanie bębna łańcuchowego względem trasy przenośnika oraz wyposażenia go w układ sterowania, zapewniający utrzymanie prawidłowego napięcia łańcucha.

Zadaniem układu nadążnego napinania łańcucha przenośników ścianowych typu NaP jest kompensacja wydłużenia sprężystego łańcucha wynikającego z konieczności pokonania oporów ruchu transportowanego urobku i oporów własnych przenośnika. Nadmierny luz powstający na skutek tego wydłużenia powoduje różnorodne perturbacje ruchowe nasilające się wraz ze wzrostem długości i mocy przenośnika.

Napinanie łańcucha jest realizowane poprzez zmianę wysunięcia tłoczyska siłowników hydraulicznych łączących część ruchomą napędu zwrotnego z trasą przenośnika. Część wykonawczą układu stanowi zabudowany na napędzie zwrotnym koncentrator lokalny KLOK-1 wraz z rozdzielaczem elektrohydraulicznym i czujnikami wysunięcia siłowników napinających, ciśnienia w ich przestrzeniach podtłokowych oraz ciśnienia zasilania.

Informacja o obciążeniu przenośnika jest pobierana z układu monitorowania stacji kompaktowych do Pulpitu Operatorskiego POp-1 zlokalizowanego w sąsiedztwie napędu głównego. Pulpit POp-1 jest połączony z koncentratorem KLOK-1 za pomocą przebiegającego wzdłuż przenośnika przewodu magistralnego. W trakcie pracy w trybie automatycznym wartość wysunięcia jest ustalana na podstawie mierzonego na bieżąco obciążenia napędów przenośnika i ciśnienia w przestrzeni podtłokowej siłownika napinającego. W trybie ręcznym operator może korygować napięcie łańcucha z pulpitu operatorskiego.

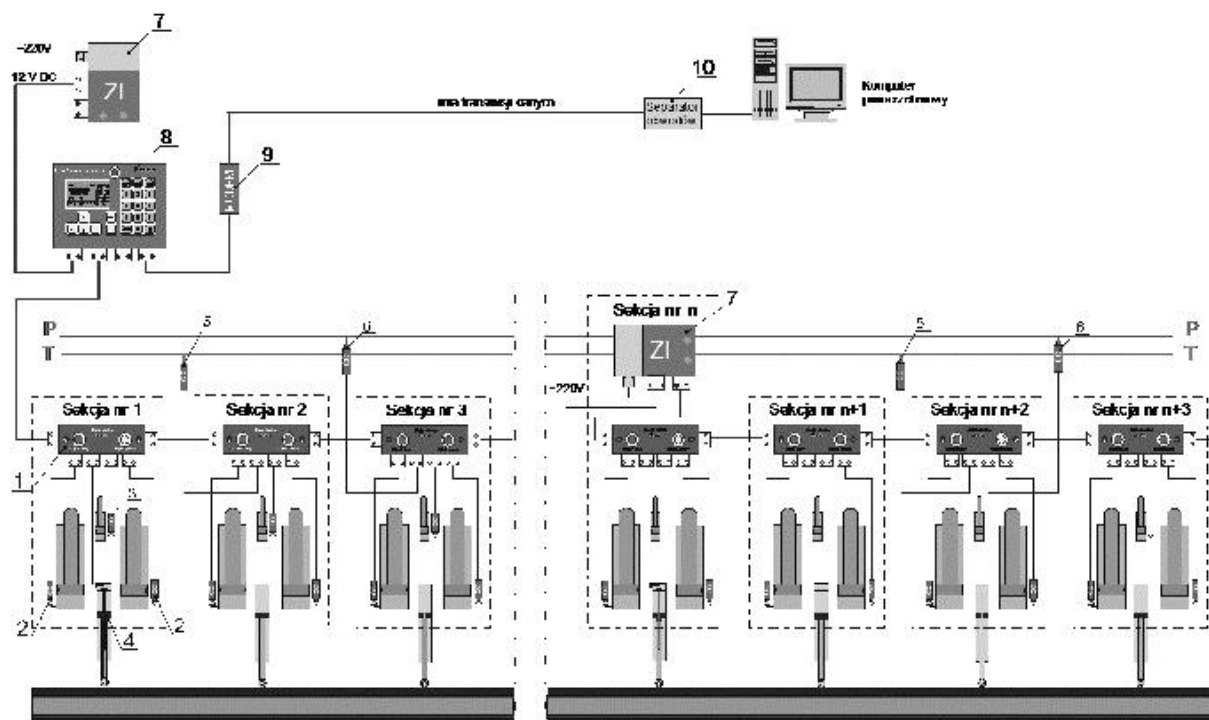


Rys.13. Układ nadążnego sterowania napięciem łańcucha przenośnika zgrzeblowego

1 – Pulpit Operatorski POp-1, 2 – Koncentrator Lokalny KLOK-1, 3 – rozdzielacz elektrohydrauliczny, 4 – czujnik ciśnienia roboczego, 5 – czujnik ciśnienia w magistrali zasilającej, 6 – zasilacz iskrobezpieczny, 7 – czujnik wysuwu tłoczyska, 8 – stojakowy blok zaworowy

3.4. System monitorowania pracy sekcji obudowy zmechanizowanej

System monitorowania pracy sekcji obudowy zmechanizowanej i parametrów zasilania hydraulicznego opracowano w celu umożliwienia oceny prawidłowości zabezpieczenia stropu wyrobiska ścianowego oraz warunków zasilania hydraulicznego kompletu obudowy. Dodatkowo system wspomaga pracę operatorów obudowy poprzez wizualną sygnalizację prawidłowej podporności wstępnej sekcji. W każdej sekcji zabudowany jest Koncentrator Lokalny KLOK-1, do którego można przyłączyć maksymalnie cztery czujniki. Standardowo montowane są dwa czujniki ciśnienia w stojakach oraz w zależności od wymagań użytkownika czujnik położenia sekcji, czujnik położenia osłony czoła ściany lub ciśnienia w podporze stropnicy. Do wolnych wejść pomiarowych wybranych koncentratorów KLOK-1 przyłączane są czujniki kontrolujące parametry zasilania hydraulicznego w ścianie. Dane pomiarowe są przesyłane za pomocą magistrali CAN do zlokalizowanego w chodniku przyścianowym Pulpitu Operatorskiego POP-1, skąd mogą być przesyłane do części powierzchniowej systemu lub archiwizowane w wewnętrznej karcie pamięci. System posiada strukturę modułową i jest przystosowany do jego rozbudowy zarówno pod względem liczby sekcji, jak i liczby punktów pomiarowych w sekcji.



Rys.14. System monitorowania pracy sekcji obudowy zmechanizowanej

1 – Koncentrator Lokalny KLOK-1, 2 – czujnik ciśnienia w przestrzeni podtłokowej stojaka, 3 – czujnik położenia osłony czoła ściany lub przestrzeni podtłokowej podpory stropnicy, 4 – czujnik dostawienia sekcji, 5 – czujnik ciśnienia w przestrzeni sphywowej, 6 – czujnik ciśnienia w przestrzeni zasilającej, 7 – zasilacz iskrobezpieczny, 8 – Pulpit Operatorский POP-1, 9 – modem, 10 – separator obwodów

4. WNIOSKI

W ciągu kilku ostatnich lat specjalistom Centrum Emag z Zakładu Automatykacji Urządzeń Dołowych udało się z powodzeniem wdrożyć szeroką gamę urządzeń sterowania i kontroli procesów wydobywczych, wykorzystujących magistralę CAN. Zastosowanie szybkiego, stabilnego i niezawodnego interfejsu komunikacyjnego pozwala na budowę

otwartych systemów, zarówno pod względem sprzętowym, jak i programowym. Struktura systemów budowanych w oparciu o magistralę CAN pozwala na redukcję okablowania oraz zmniejszenie gabarytów skrzyni aparatury elektrycznej. Technologie zastosowane w implementacji magistrali znacznie podwyższyły niezawodność i możliwości naszych produktów. Wdrażane obecnie urządzenia i systemy oparte na interfejsie komunikacyjnym CAN oraz rozwijanych w Centrum Emag technologiach bezprzewodowej komunikacji są znaczącym krokiem w kierunku realizacji bezobsługowych systemów sterowania maszyn wydobywczych w ujęciu globalnym.

5. LITERATURA

- [1] PRZEGENDZA G., PAŃKÓW A., LIGARSKI R, MROZEK M., WICHER P: System nowej generacji bezprzewodowego sterowania maszyn wydobywczych ze zdalnym monitorowaniem pracy maszyny i łącznością głosową między operatorami, Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 404, Zakopane, 2004, 69-75.
- [2] PRZEGENDZA G., KOT D., PRZEGENDZA M.: Możliwości i obszary zastosowań systemu sterowania i diagnostyki MAKS-DBC, 3. Szkoła Mechanizacji i Automatyzacji Górnictwa, Wisła, 2006, 153-159.
- [3] KRODKIEWSKI J., KOT D., SUCHOŃ J.: Nadążne napinanie cięga łańcuchowego w ścianowych przenośnikach zgrzeblowych, 3. Szkoła Mechanizacji i Automatyzacji Górnictwa, Wisła, 2006, 133-140.

CONTROL AND DIAGNOSTICS SYSTEMS FOR MINING MACHINES AND EQUIPMENT USING A CAN BUS

Abstract: One of the main problems concerning the designers of control systems is to provide for control-measurement information flow among the individual functional units included therein. Despite number of data transmission standards available nowadays on the market, entirely few of them are applicable in the mining industry due to rugged environmental conditions in the underground areas and a lot of requirements regarding a safety of operation of the devices. The fields and advantages of application of the CAN bus within control and diagnostics of mining-and-roadheading machines have been presented in the paper.

Recenzent: dr inż. Włodzimierz Bramowicz