

Jerzy **JURA**
Sławomir **BARTOSZEK**
Jerzy **JAGODA**
Łukasz **KRZAK**

MAGISTRALA CAN W ZASTOSOWANIACH GÓRNICZYCH

Streszczenie. W artykule opisano wyniki prac badawczo – rozwojowych dotyczących magistrali CAN przeznaczonej do stosowania w środowisku zagrożonym wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego. Omówiono sieć CAN w wykonaniu iskrobezpiecznym stosowaną w podzespołach automatyki przemysłowej w górnictwie. Przedstawiono system KOGASTER oparty o magistralę CAN, będący efektem współpracy ITG KOMAG oraz firmy Gabrypol Sp. J., Z. i R. Juszczak.

Słowa kluczowe: magistrala CAN, CANopen, ATEX, obwód iskrobezpieczny, górnictwo, sterowanie maszynami górnictwymi, diagnostyka.

1. WSTĘP

Specyficzne warunki pracy maszyn górnictwowych, związane z zagrożeniem wybuchem metanu i pyłu węglowego, narzucają projektantom konieczność spełnienia szeregu wymagań określonych w normach. W celu zapewnienia bezpiecznej pracy maszyn i urządzeń górnictwowych wymaga się stosowania budowy przeciwwybuchowej w odniesieniu do instalacji elektrycznych i układów sterowania. Realizowane jest to poprzez umieszczanie układów elektrycznych i sterowania w obudowach ognioszczelnych i/lub wykonanie ich jako iskrobezpieczne.

Umieszczenie systemów sterowania zabudowanych w skrzyniach ognioszczelnych jest uzasadnione w przypadku, gdy stosowane są układy napędowe dużej mocy. Dotyczy to np. falowników zasilających silnik elektryczny. Czujniki, przetworniki pomiarowe oraz interfejs człowiek – maszyna w tym terminale, przyciski, lampki czy manipulatory nie muszą być zabudowywane w skrzyniach ognioszczelnych. Powinny jednak spełniać wymagania odnoszące się do obwodów iskrobezpiecznych.

Obwód iskrobezpieczny to taki, w którym zaiskrzenie lub zjawisko cieplne występujące w normalnych warunkach pracy, nie są zdolne do zapalenia mieszaniny wybuchowej (atmosfery wybuchowej) gazów palnych lub par cieczy palnej z powietrzem. Szczegółowe wymagania określa norma PN-EN 60079-11.

W ciągu ostatnich kilku lat coraz częściej stosowane są zespoły automatyki wykorzystujące różnorodne magistrale komunikacyjne w wyposażeniu elektrycznym maszyn i urządzeń górnictwowych. Głównie spotyka się rozwiązania wykorzystujące Ethernet w wariacie przewodowym (światłowodowym) i bezprzewodowym oraz transmisję szeregową. Obecnie, ze względu na złożoność układów komunikacyjnych, wprowadzane są także do sieci protokoły umożliwiające redundancję programową i samoorganizującą transmisję w strukturach typu Mesh [16, 17]. W ostatnich latach dużą popularność zdobyła magistrala transmisji szeregowej CAN. Wprowadzenie magistrali CAN do przestrzeni

zagrożonych wybuchem w zakładach górniczych podyktowane jest niezawodnością, odpornością na zakłócenia i zasięgiem, jaki oferuje ten standard transmisji danych. Tym samym powoli wypierany jest standard RS485/RS422 oraz interfejsy analogowe 0-10V i 4 - 20 mA.

2. PRZETWORNIKI WIELKOŚCI NIEELEKTRYCZNYCH I ELEKTRYCZNYCH

Podstawowymi przetwornikami wielkości nieelektrycznych, wykorzystującymi komunikację zgodną ze standardem CAN, są stosowane w układach sterowania przetworniki ciśnienia, przepływu, temperatury oraz poziomu, mediów takich, jak powietrze, woda, olej oraz emulsja.

Przykładem przetwornika wielkości elektrycznych jest moduł MPP-1 stosowany w rozproszonym systemie sterowania KOGASTER, produkowanym przez konsorcjum Instytut Techniki Górniczej KOMAG i Gabrypol Sp.J. Jest to moduł pomiaru natężeń przepływu prądów AC lub DC, pobieranych przez silniki trójfazowe lub prądów w układach dystrybucji energii pojazdów akumulatorowych (rys. 1). W zależności od zastosowanego przetwornika moduł może mierzyć prądy o maksymalnych wartościach: 200A, 400A, 600A lub 800A.

Do modułu można podłączyć również sygnały z przekładników napięciowych, co umożliwia określenie mocy czynnej i biernej w obwodach prądu zmiennego, a w obwodach prądu stałego określenie stopnia naładowania akumulatorów.



Rys. 1. Moduł pomiarowy prądów [14]

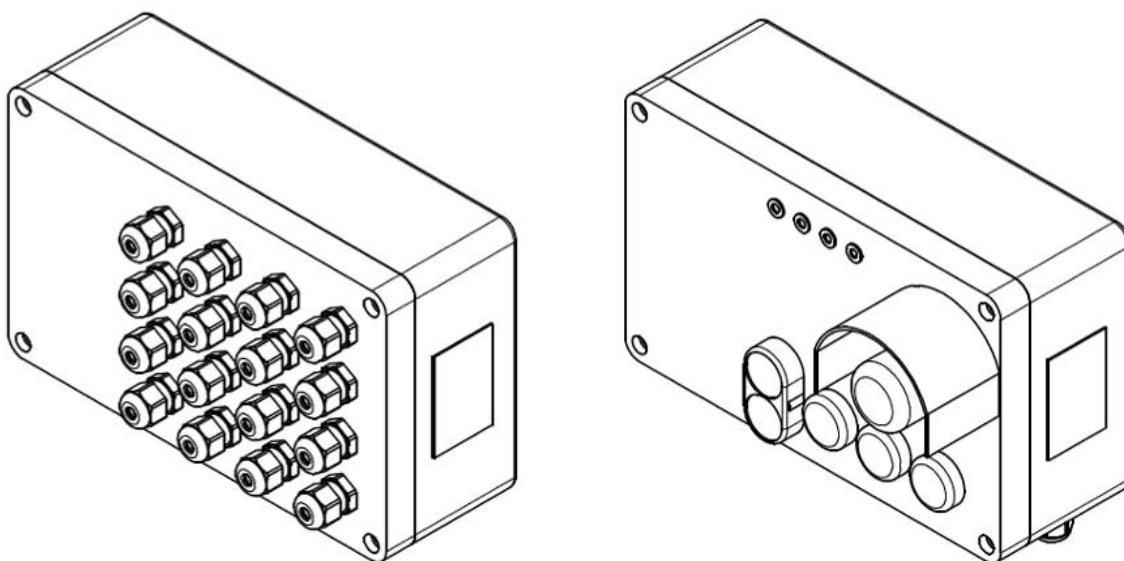
Układ pomiarowy wykorzystuje hallotron do kompensacji strumienia magnetycznego w obwodzie magnetycznym. Sygnałem wyjściowym jest napięcie proporcjonalne do prądu przepływającego przez przekładnik prądowy.

Do innowacyjnych rozwiązań należy zaliczyć także moduł wejść – wyjść analogowych i cyfrowych MWW-1 systemu KOGASTER. Jest on przeznaczony do współpracy z panelem operatorskim w układach rozproszonego sterowania. Opracowano dwie wersje modułu. Pierwsza wersja (rys. 2) jest przeznaczona do zabudowy w układach wykorzystujących złącza. Dzięki odpowiedniemu rozwiązaniu można szybko wymienić moduł lub odłączyć zespół współpracujący z nim. Drugie wykonanie (rys. 3) pozwala na podłączenie czujników i przetworników do listew zaciskowych. Możliwe jest również zabudowanie przycisków przełączników lokalnego panelu sterującego. Przetworniki wielkości nieelektrycznych, takie jak: mostki tensometryczne, rezystory termometryczne, przetworniki wydłużenia, stosowane w układach sterowania, można podłączyć do wejść modułu. Moduł w wersji pierwszej charakteryzuje się niewielkimi gabarytami (rys.2), a w wersji drugiej indywidualnym podłączeniem przetworników i czujników do listew

zaciskowych (rys. 3). Moduły i podłączone przetworniki mogą być zasilane z jednego zasilacza iskrobezpiecznego. Wyjątkiem są wyjścia dwustanowe, w postaci styków niespolaryzowanych.



Rys. 2. Moduł wejść - wyjść analogowych i cyfrowych MWW-1/1 wersja pierwsza [14]



Rys. 3. Moduł wejść - wyjść analogowych i cyfrowych MWW-1/2 wersja druga [14]

Moduł pozwala na podłączanie przetworników zasilanych napięciem 12V, posiadających następujące wejścia analogowe:

- $0 \div 10V$, $0 \div 20mA$ lub $4 \div 20mA$;
- rezystory termometryczne PTC i NTC;
- rezystory PT100/PT1000;
- mostek tensometryczny (istnieje również możliwość podłączenia pół-mostka i ćwierć-mostka tensometrycznego).

Moduł wyposażony jest również w:

- 8 wejść dwustanowych (styki niespolaryzowane lub indukcyjne czujniki zbliżeniowe typu NAMUR);
- 4 wyjścia dwustanowe (styki niespolaryzowane zwierne).

Przedstawione rozwiązania pozwalają na dostosowanie modułów do konkretnej aplikacji i umożliwiają spełnienie potrzeb w zakresie preferowanych złączy w wiązkach kablowych.

Wejścia analogowe i dwustanowe są zasilane z tego samego iskrobezpiecznego źródła, z którego zasilany jest moduł wejść – wyjść. Podobnie jest w przypadku przetworników wielkości nieelektrycznych, będących samodzielnymi urządzeniami, których zasilanie i sygnał wyjściowy stanowią jeden obwód iskrobezpieczny. Dotyczy to również indukcyjnych czujników zbliżeniowych oraz wyłączników krańcowych oraz niespolaryzowanych styków przekaźników.

Moduł posiada również cztery przekaźniki, których styki niespolaryzowane są dostępne w postaci odizolowanych obwodów. Styki mogą być wykorzystane do włączania lampek sygnalizacyjnych i sygnałów dźwiękowych oraz sterowania górnymi wyłącznikami silnikowymi.

Programowanie modułu odbywa się poprzez magistralę CAN, zgodnie ze standardem CANOPEN DS301 i DS401. Magistrala CAN jest wykorzystywana także do zmiany programu modułu, bez konieczności otwierania obudowy. Daje to dużą swobodę i elastyczność przy serwisowaniu modułów.

Kolejną, ważną cechą modułu jest możliwość kalibracji wejść analogowych. Ma to szczególne znaczenie w przypadku stosowania przetworników wykorzystujących mostki tensometryczne i układy potencjometryczne.

Stosowane w module przetworniki są kalibrowane metodami cyfrowymi, ponieważ stosowanie potencjometrów do kalibracji nie jest możliwe. Wykorzystano metodę linearyzacji dwupunktową. Kalibracja wymaga podania na wejście modułu dwóch wartości napięć lub natężeń przepływu prądów. Wprowadzenie wartości w rzeczywistych jednostkach pomiarowych, w odniesieniu do dwóch punktów, powoduje automatyczną korektę wskazań. Moduł wysyła na magistralę CAN wartości w jednostkach rzeczywistych mierzonych parametrów. Cały proces kalibracji jest wykonywany z wykorzystaniem magistrali CAN, poprzez oprogramowanie konfiguracyjne, zgodne z standardem CANopen [11]. Kalibrację można przeprowadzić szybko i bez konieczności otwierania obudowy modułu.

Kolejne przetworniki wykorzystujące magistralę CAN, w rozwiązaniach górniczych przedstawiono na rys. 4-6. Są to przetwornik ciśnienia PAC-01, inklinometr InclinS 1 oraz koncentrator KLok-1. Przetworniki i koncentrator wykorzystują magistralę CAN, lecz brak jest informacji na temat zastosowanego protokołu.



Rys. 4. Przetwornik ciśnienia PAC-01
(KDB 07ATEX253) [13]



Rys. 5. Inklinometr InclinS-1 (KDB
07ATEX317) [13]



Rys. 6. Koncentrator Lokalny KLok-1 (KDB 07ATEX317) [13]

Również firma Elsta Sp. z o.o. opracowała kilka elementów dostosowanych do magistrali CAN. Jednym z nich jest odbiornik modułowy typ. RXM-01/C (rys. 7). Współpracuje on z pulpitem radiowym PR-2000 (rys. 8)



Rys. 7. Odbiornik modułowy typu RXM-01/C (KDB 13ATEX0093) [6]



Rys. 8. Pilot radiowy typu PR-2000 [7]

Oprócz przetworników, dostosowanych do magistrali CAN, stosowane są również koncentraty. Jednym z nich jest koncentrator sygnałów obiektowych typu KSO-03/C (rys.9). Pozwala on na połączenie przetworników z wyjściem analogowym.



Rys. 9. Koncentrator sygnałów obiektowych typu KSO-03/C (KOMAG 12ATEX0211X) [5]

Kolejne rozwiązania oferuje firma Grünewald GmbH. Producent posiada całą gamę różnego typu przetworników wielkości nieelektrycznych współpracujących z magistralą CAN ww. firmy. Na rysunkach 10-14 przedstawione są wybrane przetworniki.



Rys. 10 Przetwornik przepływu typu SMALL-EX (BVS 06ATEXE005X) [9]



Rys. 11 Przetwornik ciśnienia typu SMALL-EX (BVS 06ATEXE005X) [9]



Rys. 12 Przetwornik różnicy ciśnienia typu SMALL-EX (BVS 06ATEXE005X) [9]



Rys. 13 Przetwornik poziomu typu SMALL-EX (BVS 06ATEXE005X) [9]



Rys. 14 Przetwornik poziomu typu SMALL-EX (BVS 06ATEXE005X) [9]

3. STEROWNIKI I INTERFEJSY CZŁOWIEK - MASZYNA

Kolejnymi elementami układów sterowania są sterowniki oraz interfejsy człowiek – maszyna, czyli popularne panele i pulpity. Opracowane panele najczęściej przygotowywane są pod konkretne zastosowania. Można je jednak dostosować do innej aplikacji poprzez zmianę przycisków i opisów oraz odpowiednie zmiany programowe.

Innowacyjnym podejściem do konstrukcji interfejsu człowiek-maszyna charakteryzuje się Panel operatorski PO-1 opracowany przez ITG KOMAG i wdrożony do produkcji w firmie P.H.U. Gabrypol Sp. J.. Jest on podstawowym modułem systemu sterowania KOGASTER i pełni zarówno funkcję interfejsu człowiek – maszyna, jak i sterownika rozproszonego układu sterowania z redundantną magistralą komunikacji CAN.

Panel (rys. 15) jest zespołem automatyki przemysłowej przystosowanym do działania w warunkach zagrożenia wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego. 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 „LAN” lub światłowodowy „OPTO”. Przystosowany jest on także do tworzenia redundantnych 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. 16). Kasecja jest wyposażona w przyciski, lampki sygnalizacyjne oraz wyłącznik awaryjny. W zależności od przeznaczenia można zastosować różne przełączniki oraz lampki LED.



Rys. 15. Panel operatorski PO-1 (TEST 13 ATEX 0073X) [10]



Rys. 16. Kasecja sterująca KS-1 (TEST 13 ATEX 0072X) [10]

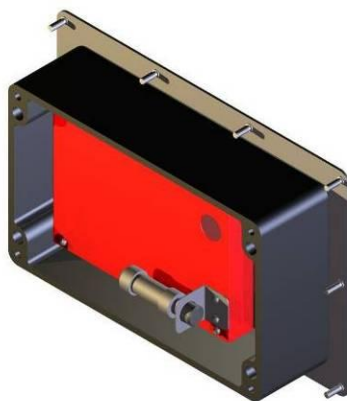
Panel operatorski PO-1 może być wykonany w trzech wersjach, związanych z dostępnością interfejsu Ethernet. Wykonanie podstawowe nie zawiera interfejsu Ethernet, a dwa pozostałe wykonania posiadają następujące oznaczenia:

„LAN” - interfejs przewodowy Ethernet 100Mb iskrobezpieczny;

„OPTO”- interfejs światłowodowy 100Mb (światłowód wielomodowy).

Interfejs USB jest wyprowadzony wewnątrz obudowy i służy do podłączania pamięci pendrive PO-1/PN. Służy on do zapisu danych przetwarzanych przez układ sterowania. Może również pełnić rolę nośnika danych funkcji „data logger”. Jego wykorzystanie zależy od programu nadrzędnego panelu, opracowywanego indywidualnie, w odniesieniu do konkretnej implementacji.

Na rys. 17 pokazano miejsce zabudowy pamięci pendrive PO-1/PN, dostępnej po odkręceniu tylnej pokrywy panelu. Dane magazynowane w pamięci mogą być odczytane poprzez sieć Ethernet, z wykorzystaniem złączy LAN lub OPTO.

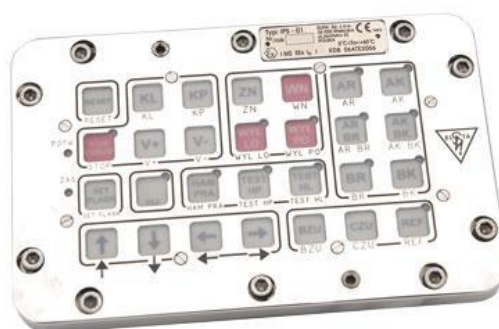


Rys. 17. Instalacja pendrive PO-1/PN [10]

Na rysunkach 18-21 przedstawiono przykłady pulpitów sterujących innych producentów wykorzystujących magistralę CAN.



Rys. 18. Pulpit sterowniczego maszynisty PSM-01 (KOMAG 08ATEX257X) [8]



Rys. 19. Iskrobezpieczny panel sterowniczy typu IPS-01 (KDB 06ATEX056)[3]



Rys. 20. Iskrobezpieczny panel sterowniczy typu IPS-03 (FTZU 09ATEX0056)[4]

Na rys. 21 przedstawiono pulpit operatorski POP-1 opracowany przez ITIEMAG. Pulpit wyposażony jest w wyświetlacz i uniwersalną klawiaturę. Pozwala to na dostosowanie pulpitu do danego zadania, poprzez wymianę oprogramowania.



Rys. 21. Pulpit operatorski POP-1 (OBAC 06ATEX 121X) [12]

4. SEPARATOR MAGISTRALI CAN

Praktycznie w każdej aplikacji konieczne jest wprowadzanie do obudowy ognioszczelnej przewodów iskrobezpiecznej magistrali CAN. Wymagane jest wówczas zastosowanie separatora. Przykładem jest separator magistrali SM-SC1 firmy SOMAR (rys. 22). Oddziela on galwanicznie iskrobezpieczną magistralę CAN od nieiskrobezpiecznej magistrali CAN, umożliwiając wymianę informacji pomiędzy różnymi obwodami.

Separator może być montowany jedynie w przestrzeni niezagrażonej wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego (oraz palnych mieszanin gazów), w przypadku obszarów zagrożonych wybuchem powinien znajdować się we wnętrzu obudowy ognioszczelnej. Magistrale CAN oddzielone są od siebie za pomocą bariery transoptorowej. Separator od strony iskrobezpiecznej nie wymaga zasilania, zaś obwód nieiskrobezpieczny wymaga zasilania 12V DC, 24V DC, 42V AC lub 48V DC, zależnie od wersji urządzenia. Obudowa separatora o wymiarach 22,5x100x115 mm przystosowana jest do montażu na szynie EN-35.



Rys. 22. Separator magistrali CAN SM-SC1 (KBD 11ATEX148X) [15]

5. PRZETWORNIK Z ZAWANSOWANYM SYSTEMEM OBRÓBKI SYGNAŁU I ANALIZĄ DANYCH

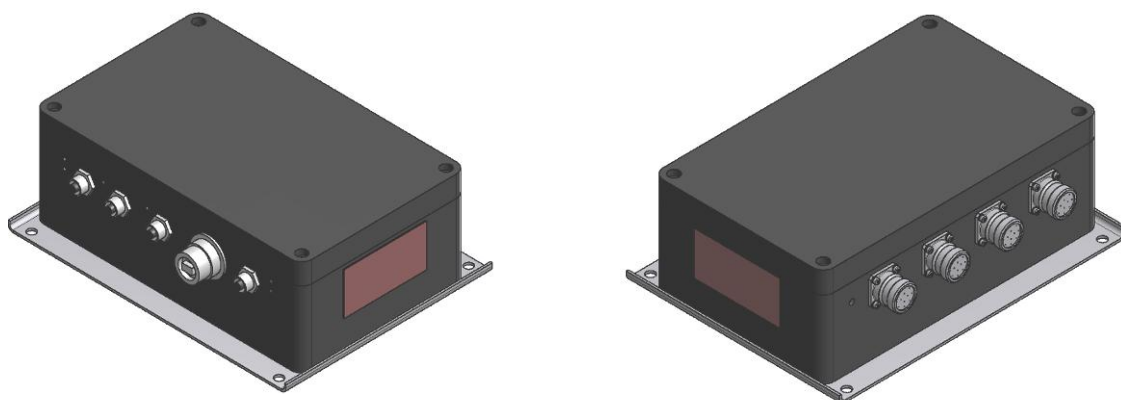
Jako przetwornik z zaawansowanym systemem obróbki sygnału i analizą danych pomiarowych można zdefiniować opracowany w ITG KOMAG system VITO. Bazuje on na analizie drgań występujących w trakcie pracy maszyny. Ideą systemu jest wczesne

wykrywanie uszkodzeń elementów monitorowanych maszyn, identyfikacja miejsca uszkodzenia i ustalenie trendu, co umożliwia wcześniejsze wykonanie konserwacji maszyny. Cechą charakterystyczną opisywanego systemu jest możliwość jego automatycznej pracy przy zmiennych warunkach obciążenia. System został wdrożony między innymi w kombajnie ścianowym KSW-800NE firmy KOPEX S.A.

Moduł wibrodiagnostyki VITO (rys. 23) zbiera dane czujników zabudowanych na maszynie oraz sygnały o wartości natężenia prądów zasilających napędy, które przesyłane są magistralą CAN. Następnie analizuje dane pomiarowe i na tej podstawie sygnalizuje wyjście wartości określonych estymat poza spodziewany trend. Sygnalizacja odbywa się przez wysłanie informacji magistralą CAN do modułu sterującego maszyny oraz przez włączenie odpowiedniej sygnalizacji synoptycznej. Moduł wyposażony jest w następujące interfejsy:

- 12 kanałów pomiarowych zgodnych ze standardem IEP E (zgodnych również z ICP), umożliwiających bezpośrednie dołączenie czujników analogowych,
- 4 wejścia dwustanowe umożliwiające dołączenie czujników indukcyjnych z wyjściem typu NAMUR,
- interfejs USB,
- interfejs CAN,
- interfejs Ethernet.

Moduł VITO przeznaczony jest do pracy w warunkach zagrożenia wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego.



Rys. 23. Model modułu wibrodiagnostyki VITO (TEST 14 ATEX 0037X) [11]

W urządzeniu zastosowano wydajny dwurdzeniowy procesor (DSP+ARM) należący do specjalizowanych układów przeznaczonych do cyfrowej obróbki sygnałów.

6. ŁĄCZENIE OBWODÓW ISKROBEZPIECZNYCH

Wykorzystując magistralę CAN w obwodach iskrobezpiecznych, należy spełnić szereg dodatkowych wymagań. Każdy obwód iskrobezpieczny posiada określone parametry wejściowe (U_i , I_i , P_i , C_i , L_i) oraz wyjściowe (U_o , I_o , P_o , C_o , L_o). Są one wyznaczone w wyniku badań i analizy obwodów wewnętrznych. Wartości te weryfikuje akredytowana jednostka.

Dyrektywa ATEX [15] wraz z normami zharmonizowanymi wymaga, aby połączenia spełniały następujące zależności:

$$\begin{aligned}
 U_i &> U_o \\
 I_i &> I_o \\
 P_i &> P_o \\
 \sum C_i &> C_{o_{\min}} \\
 \sum L_i &> L_{o_{\min}}
 \end{aligned}$$

W tabelicy 1 przedstawione jest porównanie parametrów obwodów iskrobezpiecznych CAN w odniesieniu do różnych urządzeń przedstawionych w artykule.

Tablica 1

	RXM-01/C	PSM-01/C	KSO-03/C	IPS-01	PAC01	Pop-1	SM-SCI/CAN	IPS-03	SMALL-Ex	KOGASTER VIBRO
U _i	13,7V	13,7V	13,7V	9,8V	13,7V	6,82V	6,2V	13,7V	6V	15V
U _o						6,82V	5,88V	6,8V	6V	5,88V
I _i	1,67A	2A	2A	0,8A	1,53A	500mA		1,8A	100mA	
I _o						107mA	207mA	1,8A	100mA	300mA
P _i		27W	27W	3W		0,93W		25W	600mW	
P _o						730mW	310mW	3,7W	600mW	360mW
C _i	47nF (U _i)		15nF	20μF		140 μF	120 μF		185pF	
C _i	14,6μF (5,6V)									
C _o							2880μF	1000μF		1000μF
L _i	1μH			100 μH		10 μH	40 μH	25 μH	0,8 μH	
L _o							12mH	120μH		5mH

Z analizy tabeli wynika, że producenci stosują różne parametry obwodów iskrobezpiecznych. Parametry nie są skorelowane między sobą. Skutkuje to brakiem możliwości podłączenia przetworników, paneli i sterowników różnych producentów. Utrudnia to również projektantom korzystanie z szerokiej gamy podzespołów automatyki dostępnych na rynku.

7. WNIOSKI

Producenci maszyn i urządzeń górniczych chętnie wykorzystują do budowy układów sterowania urządzenia automatyki wyposażone w magistralę CAN w wersji iskrobezpiecznej. Napotykają jednak bariery przy implementacji gotowych rozwiązań należących do różnych producentów. Zmusza to projektantów do tworzenia indywidualnych komponentów systemów, które powinny być w pełni kompatybilne ze względu na magistralę komunikacyjną. Fakt ten wyraźnie koliduje z zasadami, jakimi powinny się cechować systemy sterowania oferowane na rynku jako otwarte.

Wydaje się koniecznym opracowanie zaleceń zgodnych z dyrektywą ATEX i normami zharmonizowanymi oraz skierowanie ich do producentów elementów automatyki górniczej. Pozwoliłoby to na pewną unifikację rozwiązań sprzętowych (obniżając tym samym koszty) oraz normalizację parametrów iskrobezpiecznych interfejsów CAN.

8. LITERATURA

- [1] CAN in Automation (CiA) 301 “CANopen application layer and communication profile”, 10.05.2014.
- [2] DYREKTYWA 94/9/WE Parlamentu Europejskiego I Rady z dnia 23 marca 1994.
- [3] Elsta Sp. z o.o. Karta informacyjna – Iskrobezpieczny panel sterowniczy typu IPS-01.
- [4] Elsta Sp. z o.o. Karta informacyjna – Iskrobezpieczny panel sterowniczy typu IPS-03.
- [5] Elsta Sp. z o.o. Karta informacyjna – Koncentrator sygnałów obiektowych typu KSO-03/C.
- [6] Elsta Sp. z o.o. Karta informacyjna – Odbiornik Modułowy typu RXM-01.
- [7] Elsta Sp. z o.o. Karta informacyjna – Pilot radiowy typu PR-2000.
- [8] Elsta Sp. z o.o. Karta informacyjna – Pulpit sterowniczy maszynisty typu PSM-01.
- [9] Grünewald GmbH Katalog wyrobów.
- [10] Instrukcja Panel Operatorski PO-1. praca statutowa. ITG KOMAG 2013 r. (praca niepublikowana).
- [11] Instrukcja obsługi systemu VITO. KOPEX Machinery 2014 r. (praca niepublikowana).
- [12] Instytut Technik Innowacyjnych EMAG Karty katalogowe Pulpit operatorski POP-1.
- [13] Instytut Technik Innowacyjnych EMAG Karty katalogowe PAC-01, InclinS-1, KLol-1.
- [14] JURA J.: Iskrobezpieczny system sterowania maszyn górniczych bazujących na magistrali CAN i protokole CANopen. Sprawozdana z realizacji prac statutowych ITG KOMAG 2010-2012, (praca niepublikowana).
- [15] SOMAR Karta katalogowa – Separator magistrali CAN SM-SC1.
- [16] Stankiewicz K.: Metoda samoorganizacji roju w monitorowaniu i sterowaniu urządzeń w warunkach wyrobisk podziemnych. Maszyny Górnicze 2011 nr 4 s. 10-13.
- [17] Stankiewicz K.: Koncepcja metody samoorganizacji złożonego systemu komunikacyjnego do zastosowań w górnictwie, Monografia, KOMTECH 2012, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2012 s. 329-338.

CAN BUS IN MINING APPLICATIONS

Abstract. Results of research-and-development work as regards CAN bus designed for use in areas threatened by methane and/or coal dust explosion hazard are described. Principles for creation of intrinsically safe CAN bus and its use in industrial automatics sub-systems in the mining industry are discussed. KOGASTER system based on CAN bus, which is the effect of cooperation between KOMAG and Gabrypol Sp. J., Z. i R. Juszczuk, is presented.

Keywords: CAN bus, CANopen, ATEX, intrinsically safe circuit, mining, mining machine control, diagnostics.