

Opóźnienia w układach blokad i wyłączeń systemów gazometrycznych stosowanych w kopalniach podziemnych

W artykule omówiono wybrane problemy związane z czasem reakcji systemu gazometrycznego, zainstalowanego w podziemnym zakładzie górniczym, wyłączającego energię elektryczną w rejonie zagrożonym wybuchem metanu po stwierdzeniu przez metanomierz niebezpiecznego poziomu stężenia tego gazu. Zwrócono uwagę na opóźnienia wnoszone przez wybrane elementy systemu gazometrycznego. Na przykładzie systemu gazometrycznego (telemetrycznego) typu CST-40 zaprezentowano wyniki badań czasów opóźnień, jakie wprowadzają wybrane elementy tego systemu. Zwrócono szczególną uwagę na rolę stacji dołowej typu CSD-1 w systemie gazometrycznym.

1. WPROWADZENIE

Jedną z głównych funkcji systemów gazometrycznych w kopalniach zagrożonych wybuchem metanu jest wyłączanie zasilania urządzeń elektrycznych w przypadku przekroczenia progów alarmowych stężenia metanu. Ze względu na znaczenie tego rodzaju funkcji dla bezpieczeństwa w podziemnym zakładzie górniczym poprawność działania układu wyłączeń jest każdorazowo testowana w czasie wykonywania procedury kalibracji metanomierza. Dla ograniczenia liczby wyłączeń wyłączników niskiego i średniego napięcia funkcja wyłączenia w trakcie kalibracji metanomierza jest czasowo blokowana. Z tego powodu w systemach gazometrycznych używa się pojęcia „układy blokad i wyłączeń”.

Przy znaczącej tendencji porządkowania (najczęściej ograniczania długości) dróg ucieczkowych w kopalniach i przy ustabilizowanej od kilku lat ilości czynnych ścian (około 120) i przodków (około 400) wzrasta ilość metanomierzy instalowanych w kopalniach [10]. Ze wzrostem ilości zainstalowanych metanomierzy w kopalni wiąże się jednak konieczność budowy coraz to bardziej skomplikowanych

struktur układów blokad i wyłączeń zasilania, które realizowane są z zastosowaniem stacji dołowych.

Obecnie coraz częściej do realizacji układów blokad i wyłączeń wykorzystuje się stacje dołowe zwane przez producentów centralkami dołowymi [1, 2]. Stosowanie stacji dołowych w dużym stopniu upraszcza:

- struktury sieciowe układów wyłączeń, czyniąc je przejrzystymi,
- konfigurację i programowanie lokalnych matryc wyłączeń.

Podstawową rolą metanomierza jest pomiar zawartości metanu w powietrzu oraz wyłączenie zasilania w zagrożonym rejonie przy wzroście stężenia metanu w jego otoczeniu powyżej progu alarmowego. Powinien on poprawnie realizować funkcję metrologiczną (mierzyć stężenie metanu z zadaną dokładnością) oraz funkcję wyłączenia (rozwarcie styku przy przekroczeniu progu alarmowego). To powoduje konieczność okresowej kontroli prawidłowości działania metanomierza poprzez jego kalibrację i realizację kontrolnego wyłączenia. Kalibrację metanomierza przeprowadza się w odstępach czasowych określonych w dokumentacji producenta (najczęściej raz na tydzień).

Przyjmując przeciętny czas trwania procedury kalibracji i kontrolnego wyłączenia równy 15 min i tygodniowe odstępy między kolejnymi kalibracjami, uzyskamy współczynnik gotowości metanomierza równy 0,998. Przy instalacji w kopalni 200 metanomierzy i tygodniowych odstępach między kalibracjami należy w każdym dniu roboczym sprawdzić około 40 metanomierzy.

Sprawdzenie metanomierza wiąże się między innymi z wykonaniem następujących czynności:

- poinformowanie (telefonicznie) dyspozytora metanometrycznego o rozpoczęciu kalibracji dla każdego sprawdzanego metanomierza,
- wyczyszczenie osłony komory pomiarowej z pyłu,
- podanie na każdy kalibrowany metanomierz odpowiednich mieszanek wzorcowych z kilku butli dla sprawdzenia mostka pelistorowego i konduktometrycznego (w czasie kalibracji styk wyłączający metanomierza nie jest rozwierany),
- wykonanie kontrolnego wyłączenia przez podanie mieszanki o stężeniu większym od progu alarmowego metanomierza i sprawdzeniu, czy nastąpiło wyłączenie zasilania.

Aby każdorazowo nie powodować wyłączenia zasilania przy podaniu mieszanki wzorcowej 2,2% CH₄ na metanomierz, blokuje się możliwość wyłączenia zasilania. Blokadę wyłączenia zasilania można zrealizować lokalnie (np. na urządzeniu typu UKB systemu SBM¹ [1]) lub zdalnie przez dyspozytora, wymuszając odpowiedni stan logiczny na wejściu (lub wyjściu) stacji dołowej realizującej lokalną matrycę wyłączeń. Blokada wyłączenia zasilania powinna być stosowana tylko w czasie kalibracji metanomierza i powinna być usunięta po zakończeniu kalibracji. W przypadku wykorzystania stacji dołowych dyspozytor blokuje wejście stacji dołowej, wymuszając odpowiedni stan logiczny (zwarcie obwodu) tak, by rozwarcie styku metanomierza nie wyłączyło zasilania. Ponieważ zdarzały się przypadki, że dyspozytor nie usuwał blokady po zakończeniu kalibracji metanomierza, wprowadzono do oprogramowania centrali mechanizm czasowy, który samoczynnie zdejmuje blokadę założoną przez dyspozytora po zdefiniowanym czasie (np. po 15 minutach).

2. UKŁAD BLOKAD Z ZASTOSOWANIEM STACJI DOŁOWYCH

Stacja dołowa jest specjalizowanym iskrobezpiecznym sterownikiem PLC podającym na wyjście zdefi-

niowane w trakcie programowania funkcje logiczne sygnałów wejściowych oraz sygnałów otrzymywanych z centrali telemetrycznej. Stacja dołowa jest połączona torem abonenckim² z centralą telemetryczną, co umożliwi zdalne zasilanie, programowanie, monitorowanie wejść i wyjść, a także zakładanie blokad serwisowo-kontrolnych wybranych wejść czy wyjść. Eliminuje to wyłączanie wyłączników w trakcie sprawdzania funkcji wyłączeń. Producenci systemów gazometrycznych [1] mają w swojej ofercie stacje dołowe współpracujące z centralami metanometrycznymi, np.:

- SEVITEL (EMAG) Katowice oferuje stacje dołowe typu CCD, CCD1, MCCD-01,
- CARBOAUTOMATYKA Tychy oferuje stację dołową typu CDS-2,
- HASO Tychy oferuje stację dołową typu CSD-1.

W Katedrze Elektryfikacji i Automatykacji Górnictwa Politechniki Śląskiej przeprowadzono badania czasów opóźnień wnoszonych przez wybrane elementy systemu gazometrycznego ze szczególnym uwzględnieniem stacji dołowych. Do badań wykorzystano elementy systemu gazometrycznego typu CST-40³, w tym stacje dołowe typu CSD-1⁴.

3. STACJE DOŁOWE SYSTEMU TELEMETRYCZNEGO CST-40

W kopalniach stacja dołowa typu CSD-1 (nazwa firmowa – „centralka sygnałów dwustanowych”) jest najczęściej wykorzystana do realizacji lokalnej matrycy wyłączeń oraz sterowania i zbierania sygnałów dwustanowych.

Stacja dołowa typu CSD-1 (rys. 1, 2) posiada 16 wejść dwustanowych i 8 wyjść dwustanowych. Zbudowana w CSD-1 bateria akumulatorów (ładowana z powierzchni torem abonenckim) zapewnia jej autonomiczną pracę do 12 godzin. Matryca wyłączeń jest

² Tor kablowy (abonencki) – według [9] jest to para żył miedzianych w kablach połączonych wzdłużnie, zawarta pomiędzy łączówką przełączniczą głównej a zaciskami w urządzeniu abonenckim.

³ Ze względów formalnych (dopuszczenie Prezesa WUG w Katowicach do stosowania w podziemnych zakładach górniczych) system ten obecnie nazywa się „Systemem bezpieczeństwa CST” [3]. W wielu publikacjach system nazywa się również systemem **telemetrycznym CST-40** lub **gazometrycznym CST-40**. W części stacyjnej systemu można stosować centrale typu CST-40 lub CST-40A. W referacie zastosowano tylko oznaczenie CST-40 dla obu typów central.

⁴ Nazwa własna urządzenia wprowadzona przez producenta (firmę HASO) to „Centralka CSD-1” - skrót od słów „centralka sygnałów dwustanowych” [2, 3]. W artykule zaprezentowano wybrane fragmenty wyników badań atestacyjnych „systemu blokad i kontroli wyłączeń” typu SBKW przeprowadzonych na zlecenie firmy HASO Tychy. System SBKW [8] jest dopuszczony przez Prezesa WUG w Katowicach do stosowania w podziemnych zakładach górniczych jako system bezpieczeństwa.

¹ SBM-96 „system blokad metanometrycznych” [1] firmy ELEKTROMETAL SA Cieszyn, w skład którego najczęściej wchodzi tzw. „urządzenia kontroli obwodów typu UKO, „urządzenia kontroli styków” typu UKS czy „urządzenia kontroli blokad” typu UKO.

pamiętana w pamięci nieulotnej stacji CSD-1. Poza sprawdzaniem swoich wejść dwustanowych matryca wyłączeń reaguje również na dane wypracowane w centrali telemetrycznej CST-40. Konfiguracja oraz bieżące dane ze stacji CSD-1 mogą być również monitorowane we współpracujących z centralą CST-40 systemach wizualizacji (SW μ P-3, ZEFIR, SP-3 SAURON, THOR itp.) [4]. Wejścia dwustanowe stacji CSD-1 kontrolują stan obwodu przy dwóch rodzajach biegunowości zasilania.



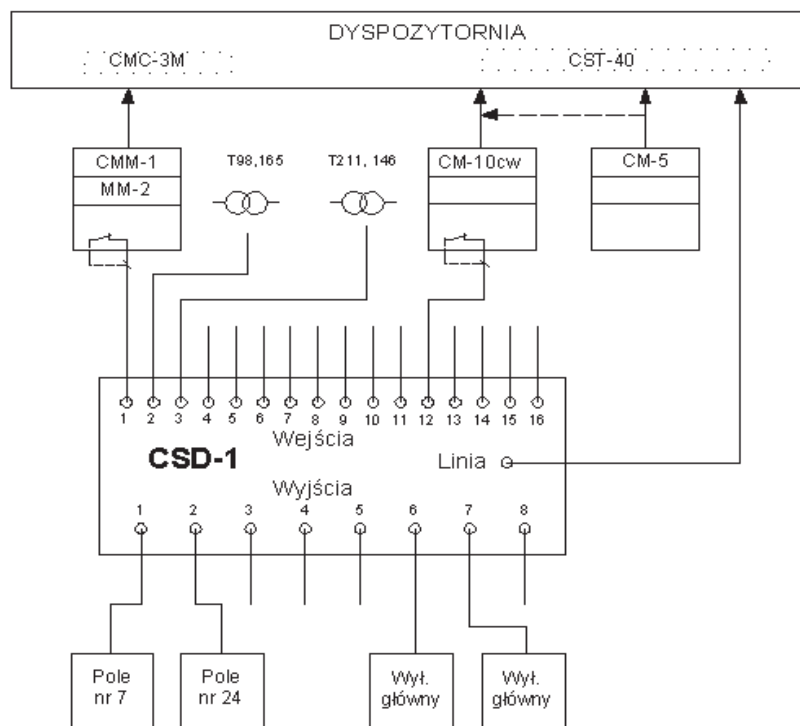
Rys. 1. Widok stacji dołowej (centrali sygnałów dwustanowych CSD-1) [2]

W przypadku, gdy w kontrolowanym obwodzie znajduje się styk połączony szeregowo z diodą, można wykryć trzy stany kontrolowanego obwodu:

- przerwa (brak przepływu prądu przy obu biegunowościach zasilania),
- zwarty styk (przepływ prądu przy tylko jednej biegunowości zasilania),
- zwarcie w kontrolowanym obwodzie (przepływ prądu przy obu biegunowościach zasilania).

Stacja dołowa CSD-1 w zakresie wyłączeń energii elektrycznej może współpracować również z dowolnymi metanomierzami wyposażonymi w styk wyłączający, co przykładowo przedstawiono na rys. 2, gdzie np. wyłączenia pól nr 7 i nr 24 oraz wyłączników (Wył. główny) mogą być uzależnione od stanu styków wyłączających w metanomierzach MM-2 (centrali CMC-3M systemu SMP), MM-2 oraz CM-10cw (centrali CST-40 systemu CST), styków w stacjach transformatorowych T98, 165, T211, 146, a także (poprzez matrycę wyłączeń w centrali CST-40) od przekroczenia progu alarmowego przez metanomierz CM-5 [1]. W kopalniach stacje dołowe typu CSD-1 są elementem systemu bezpieczeństwa – tzw. systemu „blokad oraz kontroli wyłączeń” typu SBKW [8].

Elementami inicjującymi wyłączenie sieci elektroenergetycznej oprócz metanomierzy mogą być także czujniki dwustanowe (np. otwarcia pokrywy ognioszczelnej stacji transformatorowej) oraz dyspozytor centrali typu CST-40 na drodze programowej.



Rys. 2. Przykład zastosowania stacji CSD-1 w układzie blokad i wyłączeń metanometrycznych [1]

Zastosowanie stacji dołowych pozwala zbudować najbardziej funkcjonalny układ blokad i wyłączeń, charakteryzujący się m. in. następującymi właściwościami:

- monitorowanie i archiwizacja (wraz ze stemplem czasowym) stanu wszystkich wejść i wyjść stacji dołowych w dyspozytorni,
- możliwość założenia blokad serwisowych wejść i wyjść stacji dołowej (jest to wykorzystywane podczas testów wyłączeń bez wyłączania wyłączników w sieci elektroenergetycznej),
- samoczynne zdjęcie blokad wyłączeń po zadanim czasie (np. nie dłuższym niż 15 min).

4. STANOWISKO BADAWCZE I WYMAGANIA FORMALNE

Stanowisko badawcze zawierało następujące elementy:

- dwie centrale typu CST-40 połączone ze sobą siecią komputerową Ethernet,
- stację dołową typu CSD-1 dołączoną do jednej z centrali typu CST-40,
- zestaw czujników metanu wraz butlami wzorcowymi mieszanki metanu i możliwością zadawania mieszanki przez kapturek do czujników metanomierzy,
- zestaw przełączników symulujących czujniki dwustanowe,
- układy monitorowania stanu wyjść stacji dołowej dwustanowej typu CSD-1 (symulatory urządzenia wyłączającego np. SUS⁵).

Stacja dołowa w systemie gazometrycznym powinna spełniać wymagania zawarte przede wszystkim w dwóch aktach prawnych, wydanych na mocy *Ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. Prawo geologiczne i górnicze* [8]:

- *Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z 2002 roku w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych* [6] (w szczególności §§ 262 i 266),
- *Załączniku nr 2 do Rozporządzenia Rady Ministrów z 2004 roku w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych* [7] (w szczególności punkty 3.4.2, 3.4.7 i 3.4.9 tego załącznika, które – na podstawie art. 224 *Prawa*

⁵ SUS – „sterownicze urządzenie separacyjne” przeznaczone do współpracy z układem sterowania pól rozdzielczych sn, do wkręcania we wpust kablowy pola rozdzielczego typu ROK-6 [1].

geologicznego i górniczego [8] – nadal obowiązują).

Wymagania zawarte w tych przepisach dotyczą przede wszystkim następujących problemów:

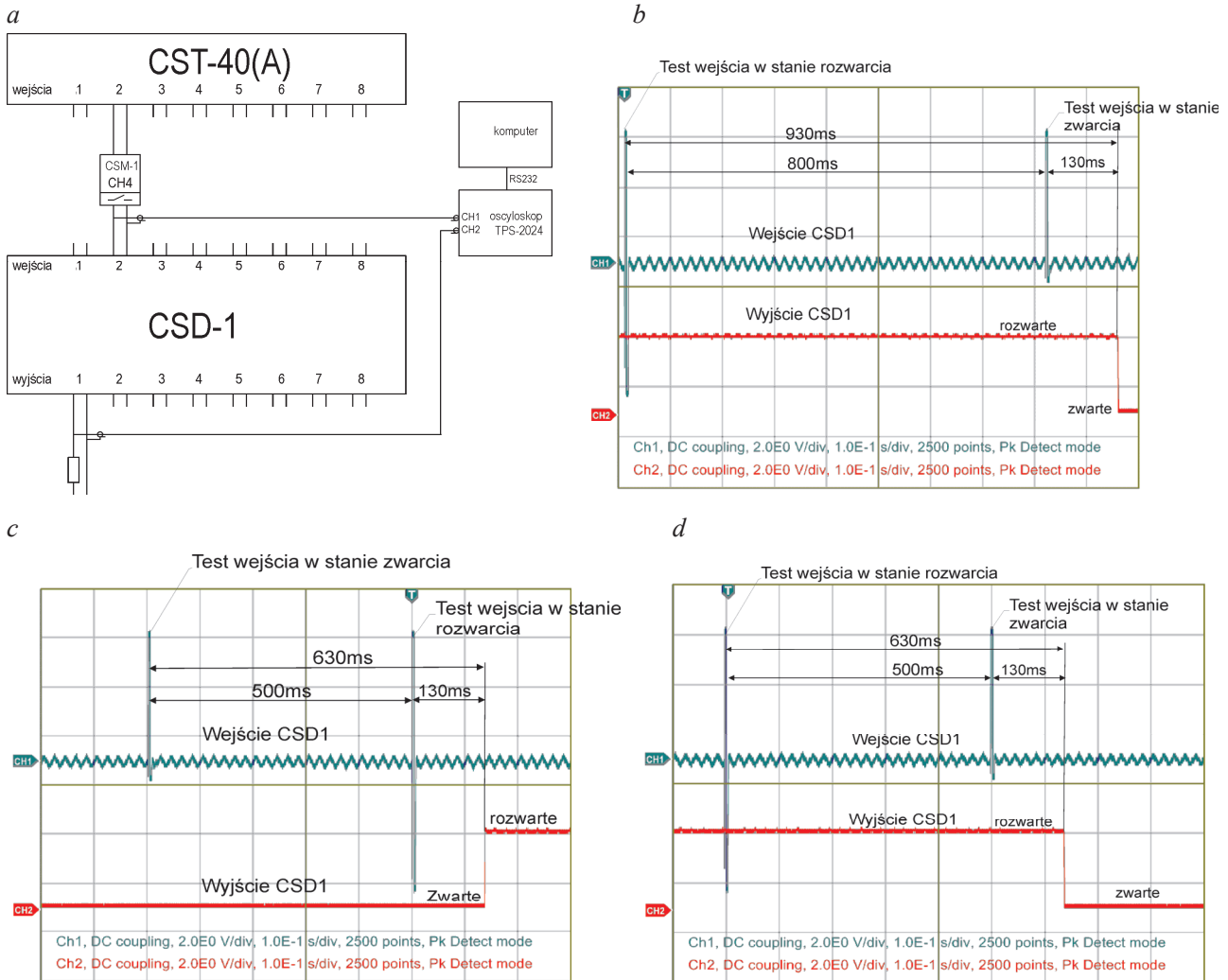
- dowolne konfiguracje systemu gazometrycznego (wraz ze stacją dołową w układzie wyłączeń) powinny spełnić wymaganie dotyczące minimalnego czasu wyłączenia energii elektrycznej poniżej 15 s,
- metanomierze powinny samoczynnie wyłączać urządzenia elektryczne spod napięcia,
- linia telemetryczna pomiędzy centralą (np. typu CST-40) i stacją dołową powinna być monitorowana,
- wejścia stacji dołowej powinny być przystosowane do obsługi styków połączonych szeregowo z diodą (co umożliwia odróżnienie zwarcia styku od zwarcia w linii),
- dostęp do poleceń operatorskich w dyspozytorni powinien być możliwy tylko po zalogowaniu się uprawnionego do tych czynności użytkownika, a w raporcie zdarzeń systemu gazometrycznego ten fakt powinien być odnotowany (który uprawniony użytkownik jest zalogowany),
- część stacyjna systemu gazometrycznego powinna być przystosowana do synchronizacji czasu z komputerem nadrzędnym (np. komputer systemu wizualizacji) lub innym źródłem czasu (np. z nadajnika czasu we Frankfurcie, serwera NTP itp.),
- nie powinna być możliwa zdalna modyfikacja oprogramowania systemu gazometrycznego typu CST-40, przy czym modyfikacja oprogramowania stacji dołowej powinna być realizowana z poziomu dyspozytorskiego.

5. POMIAR OPÓŹNIEŃ ELEMENTÓW SYSTEMU CST-40

5.1. Pomiar czasu własnego stacji dołowej

Przez czas własny stacji typu CSD-1 należy rozumieć czas pomiędzy zmianą stanu styku na wejściu a odpowiadającą jej zmianą stanu wyjścia. Stany wejść (styk połączony szeregowo z diodą) są sprawdzane co:

- 500 ms (czas trwania pętli programowej stacji dołowej w przypadku czynnego łącza do centrali telemetrycznej typu CST-40),
- 800 ms (czas trwania pętli programowej stacji w przypadku nieczynnego łącza do centrali telemetrycznej typu CST-40).



Rys. 3. Schemat układu do pomiaru czasu własnego stacji typu CSD-1:

a) przebieg napięć na wejściu i wyjściu stacji dołowej typu CSD-1 przy pomiarze czasu opóźnienia w przypadku braku połączenia z centralą CST-40; b) przebieg napięć na wejściu i wyjściu stacji dołowej typu CSD-1 przy pomiarze czasu opóźnienia w przypadku połączenia z centralą CST-40 dla rozwarcia styku na wejściu; c) jak poprzednio – w przypadku połączenia z centralą CST-40 dla zwarcia styku na wejściu; d) jak poprzednio – w przypadku połączenia z centralą CST-40 dla rozwarcia styku na wejściu[1]

Stąd czas własny stacji dołowej będzie równy 500 ms lub 800 ms, plus czas na wykonanie sekwencji rozkazów i zmian stanów wyjść. Czas własny stacji zmierzono oscyloskopem cyfrowym, rejestrując napięcia na zaciskach wejścia oraz wyjścia z załączonym zasilaniem przez rezystor (rys. 3a).

W przypadku braku połączenia stacji dołowej z centralą CST-40 odpowiednie sygnały elektryczne pokazano na rys. 3b – stany wejść są wtedy testowane co 800 ms. W przypadku czynnego łącza do centrali CST-40 wykorzystano rejestrogramy, co przedstawiono na rys. 3c i 3d. Na rysunkach tych zaznaczono moment zwarcia styku na wejściu stacji. Z wykresu wynika, że czas pomiędzy stwierdzeniem zwarcia styku i zmianą stanu wyjścia jest równy 130 ms.

Z pomiarów wynika, że czas własny stacji dołowej typu CSD-1 jest równy:

- 130-630 ms (równomierny rozkład prawdopodobieństwa),

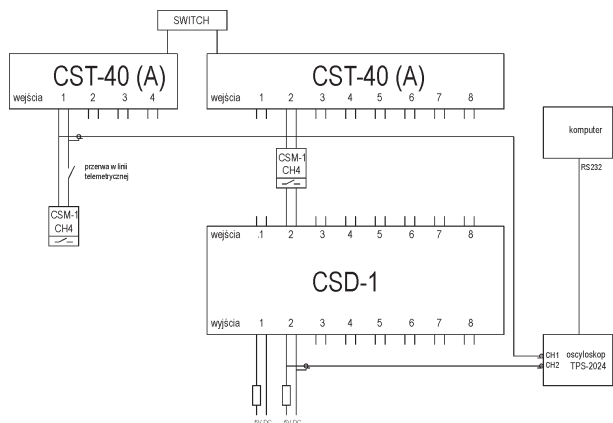
- 130-830 ms (równomierny rozkład prawdopodobieństwa), w zależności od tego, czy jest czynne łącze abonencie pomiędzy stacją dołową CSD-1 i centralą telemetryczną typu CST-40.

5.2. Pomiar opóźnienia matrycy wyłączeń obejmującej dwie centrale CST-40

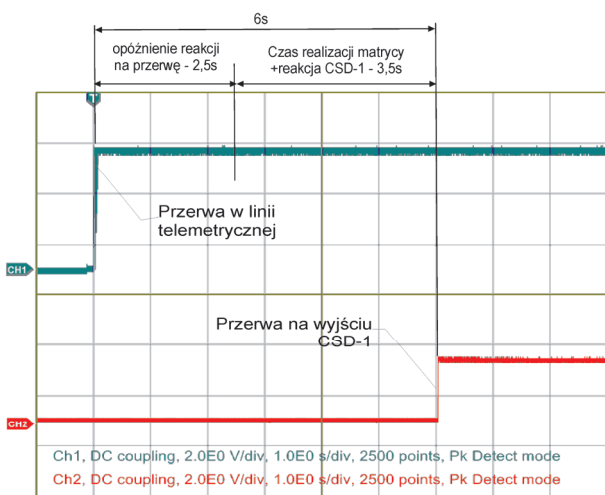
Pomiar opóźnienia globalnej matrycy wyłączeń obejmującej dwie centrale telemetryczne typu CST-40 zrealizowano w dwóch konfiguracjach:

1. powodem wyłączenia była przerwa w linii telemetrycznej,
2. powodem wyłączenia było przekroczenie progu alarmowego metanomierza.

Dla konfiguracji „1” schemat układu pomiarowego przedstawiono na rys. 4, a zarejestrowane przebiegi napięć – na rys. 5.



Rys. 4. Schemat układu do pomiaru czasu matrycy globalnej obejmującej 2 centrale telemetryczne typu CST-40 w przypadku powstania przerwy w linii telemetrycznej [2]



Rys. 5. Przebieg napięć w linii telemetrycznej i wyjściu stacji CSD-1 przy pomiarze czasu opóźnienia matrycy wyłączeń obejmującej 2 centrale CST-40 i stację CSD-1, przy wyłączeniu spowodowanym przerwą w linii telemetrycznej [2]

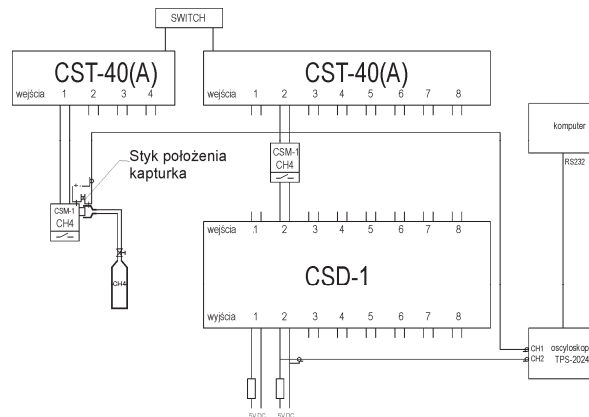
Zmierzone opóźnienie czasowe od wystąpienia przerwy w linii telemetrycznej do otwarcia wyjścia stacji typu CSD-1 jest równe 6 s i zawiera dwa składniki:

- opóźnienie reakcji na przerwę w linii telemetrycznej (około 2,5 s),
- czas realizacji matrycy wyłączeń + czas reakcji stacji dołowej CSD-1 (około 3,5 s).

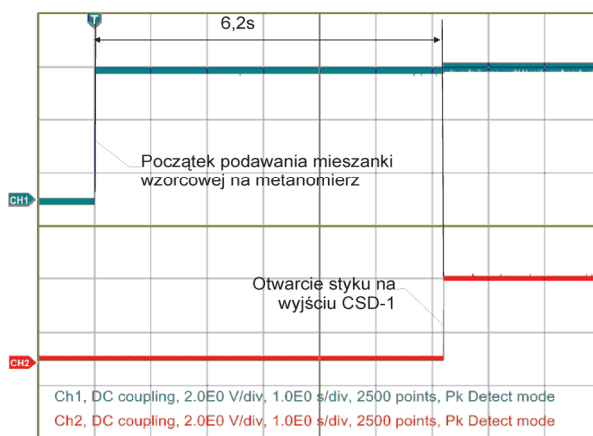
Zdarzeniem wywołującym wyłączenie jest podanie na metanomierz z ustawionym progiem $PA=2,03\%$ CH_4 mieszanki wzorcowej $2,26\%$ CH_4 .

Dla pomiaru opóźnienia matrycy wyłączeń w przypadku, gdy zdarzeniem wywołującym wyłączenie energii elektrycznej jest przekroczenie progu alarmowego wartości stężenia metanu, zastosowano układ pomiarowy pokazany na rys. 6. Przyłożenie kapturka do komory pomiarowej metanomierza generuje zwarcie styku powodującego podanie napięcia

stałego do pierwszego kanału oscyloskopu cyfrowego (CH1). Do pomiaru zastosowano mieszankę wzorcową o stężeniu $2,26\%$ CH_4 , a próg alarmowy metanomierza ustawiono na wartość $2,03\%$. Zmierzone opóźnienie równe $6,2$ s (rys. 7).



Rys. 6. Schemat układu do pomiaru czasu matrycy globalnej obejmującej 2 centrale telemetryczne typu CST-40 w przypadku przekroczenia progu alarmowego w metanomierzu [1]



Rys. 7. Przebieg napięć przy pomiarze czasu opóźnienia matrycy wyłączeń obejmującej 2 centrale telemetryczne typu CST-40 i stację CSD-1 [7]

W skład zmierzonego opóźnienia wchodzi:

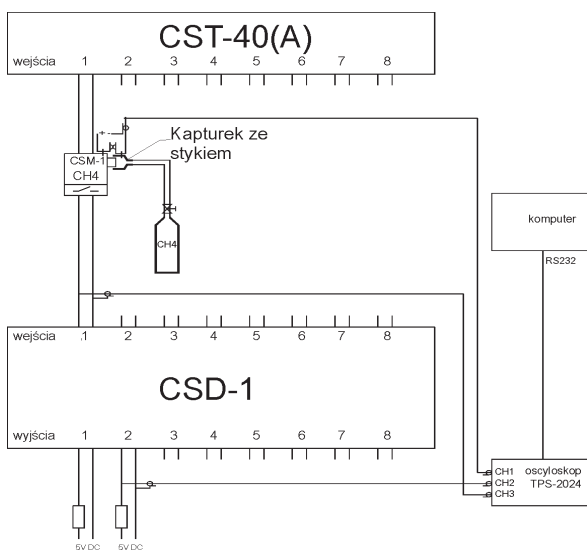
- czas T_{90} metanomierza,
- opóźnienia wynikające z zastosowanych w systemie protokołów transmisyjnych pomiędzy stacją powierzchniową typu CST-40 i stacją dołową typu CSD-1,
- czas realizacji globalnej matrycy wyłączeń,
- czas opóźnienia stacji typu CSD-1.

5.3. Pomiar opóźnienia systemu gazometrycznego z lokalną matrycą wyłączeń zrealizowaną w stacji CSD-1

Dla pomiaru opóźnienia systemu gazometrycznego z lokalną matrycą wyłączeń zrealizowaną w stacji dołowej CSD-1 zastosowano układ pomiarowy poka-

zany na rys. 8. Przyłożenie kapturka do komory pomiarowej metanomierza generuje zwarcie styku powodującego podanie napięcia stałego do pierwszego kanału oscyloskopu cyfrowego (CH1). Do pomiaru zastosowano mieszkankę wzorcową o stężeniu 2,26% CH₄, a próg alarmowy metanomierza ustawiono na wartość 2,03%. Przykładowe zarejestrowane przebiegi napięć pokazano na rys. 9. Zmierzone opóźnienia zawarte są w przedziale 3,6-4,8 s przy zastosowaniu metanomierza typu CSM-1 zasilanego prądem linii 27 mA. W skład zmierzonych opóźnień wchodzi:

- czas T90 metanomierza,
- czas repetycji skanowania wejścia stacji typu CSD-1,
- czas przetwarzania danych w stacji typu CSD-1.



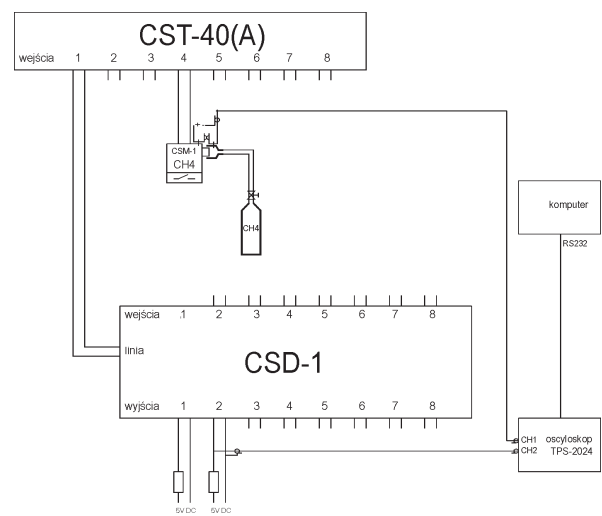
Rys. 8. Schemat układu do pomiaru czasu opóźnienia systemu telemetrycznego typu CST-40 z lokalną matrycą wyłączzeń zrealizowaną w stacji typu CSD-1 [4]



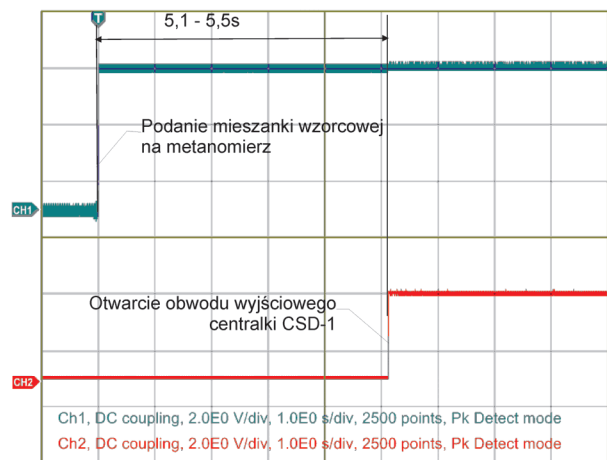
Rys. 9. Zarejestrowane przebiegi napięć przy pomiarze opóźnienia systemu telemetrycznego typu CST-40 z lokalną matrycą zrealizowaną w stacji dołowej typu CSD-1 (przy zasilaniu metanomierza prądem 27 mA) [4]

5.4. Pomiar opóźnienia matrycy wyłączzeń obejmującej jedną centralę telemetryczną typu CST-40

Przeprowadzono również pomiar czasu wyłączenia energii elektrycznej w przypadku, gdy matryca wyłączzeń obejmuje jedną centralę telemetryczną typu CST-40, a sygnał wyłączenia z centrali CST-40 jest transmitowany do stacji dołowej typu CSD-1 jako programowe wejście (flaga). Schemat układu pomiarowego przedstawiono na rys. 10., natomiast przebiegi sygnałów z kapturka i wyjścia stacji typu CSD-1 pokazano na rys. 11. Zmierzone wartości opóźnienia wahają się w granicach 5,1-5,5 s.

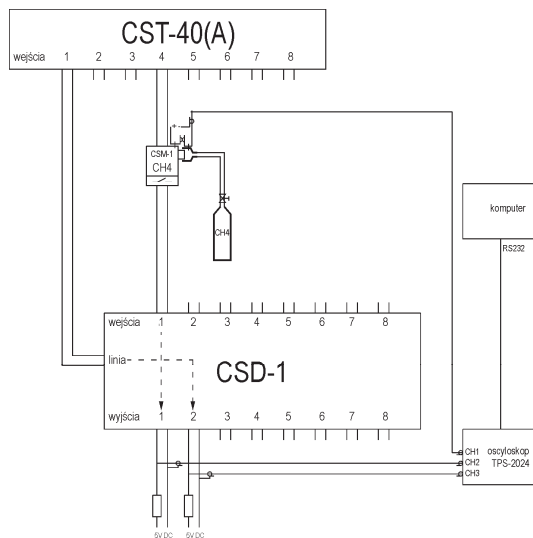


Rys. 10. Schemat układu do pomiaru czasu opóźnienia systemu gazometrycznego z globalną matrycą wyłączzeń zrealizowaną w jednej centrali CST-40 i możliwością przesyłania sygnału wyłączenia do stacji CSD-1 [4]

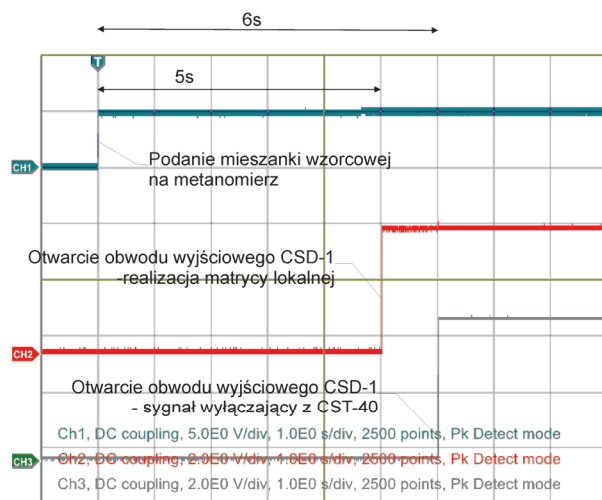


Rys. 11. Przebiegi napięć przy pomiarze opóźnienia systemu gazometrycznego z globalną matrycą wyłączzeń zrealizowaną w centrali telemetrycznej CST-40 i możliwością bezpośredniego przesyłania sygnału wyłączenia do stacji dołowej CSD-1 [4]

Analizowano również opóźnienia systemu gazometrycznego w przypadku, gdy styk wyłączający metanomierza jest podłączony na wejście stacji typu CSD-1, i przypadku, gdy metanomierz typu CSM-1 zasilany jest prądem 27 mA (wydłużony czas reakcji w porównaniu z zasilaniem metanomierza prądem 40 mA – celem jest porównanie różnic opóźnień z poprzedniego badania) oraz jest włączony w globalną matrycę wyłączeń zrealizowaną w centrali CST-40, a sygnał wyłączający jest podawany na linię telemetryczną do stacji typu CSD-1. Układ pomiarowy przedstawia rys. 12, a przykładowe wyniki pomiarów zamieszczono na rys. 13.



Rys. 12. Schemat układu do pomiaru czasu opóźnienia systemu gazometrycznego w przypadku bezpośredniego przyłączenia styku wyłączającego metanomierza wyłączającego do stacji typu CSD-1 i w przypadku, gdy metanomierz jest włączony w globalną matrycę wyłączeń zrealizowaną w centrali telemetrycznej CST-40, a sygnał wyłączenia z centrali jest przesyłany do stacji typu CSD-1 [4]

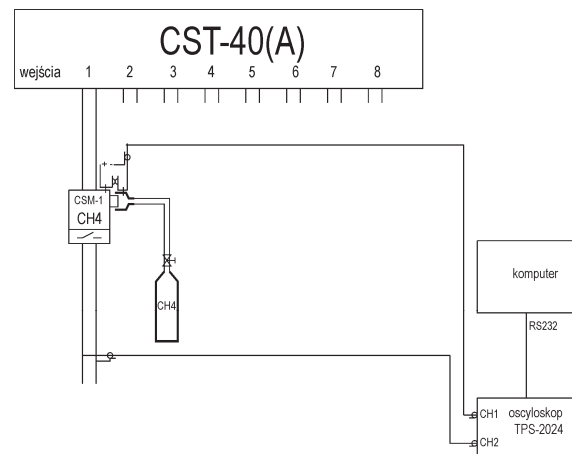


Rys. 14. Przebiegi napięć przy pomiarze opóźnienia systemu gazometrycznego realizowanego według schematu z rys. 8. [4]

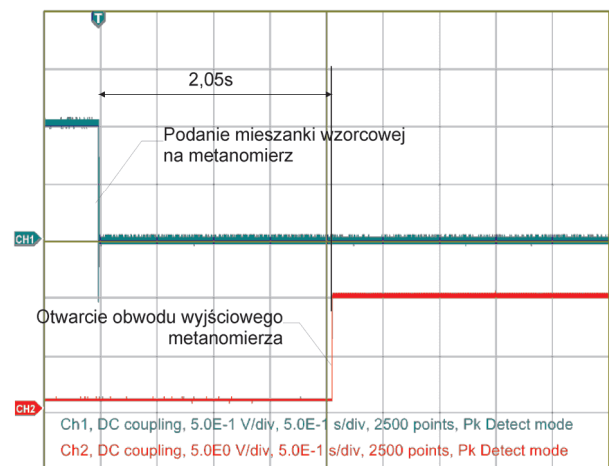
5.5. Pomiar czasu T90 metanomierza

Zmierzono także czas T90 metanomierza typu CSM-1, podając na komorę pomiarową mieszankę wzorcową 2,26% CH₄ przy progu alarmowym 2,03% CH₄. Po kilku pomiarach uzyskano wartości z przedziału 2,05-2,4 s. Metanomierz został zasilony prądem 40 mA z toru abonenckiego.

Schemat układu pomiarowego przedstawiono na rys. 14, a przykładowy rejetrogram został przedstawiony na rys. 15.



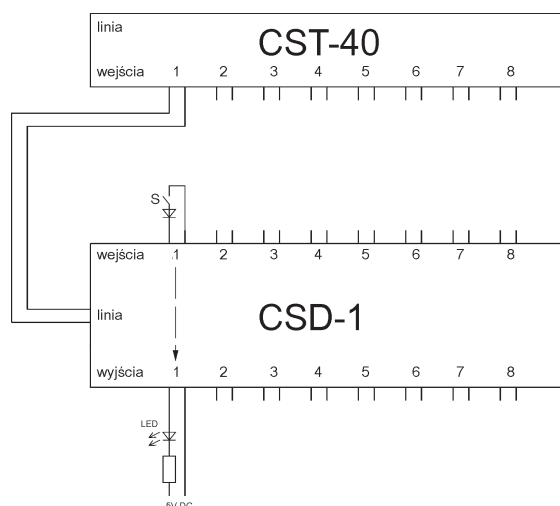
Rys. 14. Schemat układu do pomiaru czasu T90 metanomierza [4]



Rys. 15. Czasowe przebiegi sygnałów przy pomiarze czasu T90 przeprowadzone według rys. 14. [4]

5.6. Próby funkcjonalne ograniczenia czasowego blokady stacji CSD-1

Testowanie działania czasowego ograniczenia blokady wyłączenia energii elektrycznej przez stację CSD-1 inicjowanej przez dyspozytora przeprowadzono w układzie, jak na rys. 16.



Rys. 16. Schemat układu do sprawdzenia działania ograniczenia czasowego blokady wyłączenia w stacji CSD-1 [4]

Na wejście 1. stacji dołowej CSD-1 podłączono styk S z diodą (zamknięty). Do wyjścia 1. tej stacji przyłączono diodę LED (z zasilaniem). W konfiguracji stacji CSD-1 zrealizowano funkcję logiczną:

WY1=WE1 (wyjście 1. stacji powtarza stan wejścia 1.).

Dioda LED przyłączona do wyjścia 1. stacji CSD-1 świeciła, sygnalizując zamknięcie obwodu wyjścia 1. Uruchomiono na wyjściu 1. blokadę „BLOK Z” i po chwili otwarto styk S. Z powodu założonej blokady dioda świeciła dalej. Obserwowano podgląd listy blokad w systemie gazometrycznym, zwracając szczególną uwagę na czas trwania blokady oraz czas do końca blokady. Po upływie usta-

wionego czasu trwania blokady (nastawiono 5 min) zaobserwowano, że dioda LED nie świeci, sygnalizując otwarcie wyjścia 1. W obserwowanej liście blokad, po upływie zadanego czasu praca blokady została automatycznie zakończona. W systemie można więc ograniczyć długość czasu pracy blokady włączonej przez dyspozytora na wypadek, gdyby dyspozytor zapomniał zlikwidować wprowadzonej blokady na czas kalibracji metanomierza.

6. PODSUMOWANIE

W artykule omówiono wyniki pomiarów czasu reakcji elementów systemu gazometrycznego typu CST-40 (wraz ze stosowanymi w kopalniach typowymi układami wyłączeń energii elektrycznej) po stwierdzeniu przez metanomierz niebezpiecznego poziomu stężenia metanu.

W tabeli 1. zestawiono uzyskane z pomiarów czasy opóźnień, jakie mogą wprowadzić badane elementy systemu gazometrycznego pracującego w kopalni w konfiguracjach przedstawionych i omówionych w podrozdziałach 5.1-5.5 artykułu. W ostatnim wierszu tabeli pokazano obliczone wartości opóźnień wnoszonych przez poszczególne elementy systemu CST-40. W badanych konfiguracjach uwzględniono realizację matrycy wyłączeń w jednej centrali telemetrycznej CST-40 oraz realizację matrycy wyłączeń w zestawie dwóch central telemetrycznych CST-40.

Tabela 1.

Wyniki pomiaru opóźnienia systemu CST-40 dla różnych konfiguracji [4]

Nr rozdziału	CSD-1, s	CH ₄ 27 mA	CH ₄ 40 mA	Matryca w jednej centrali CST	Matryca w dwóch centralach CST	Zmierzone opóźnienie, s
5.1	X					0,13-0,63
5.2	X		X		X	6,2
5.3	X	X				3,8-4,8
5.4	X		X	X		5,1-5,5
5.4	X	X		X		6
5.4	X	X				4,6-5
5.5			X			2-2,4
Obliczone opóźnienie, s	0,13-0,63	4-4,4	2-2,4	2,1-2,5	3,2	

Zmierzone czasy opóźnień w systemie CST-40 pozwalają na zaprojektowanie układu wyłączeń, który zapewnia zgodny z obowiązującymi przepisami maksymalny czas wyłączenia mniejszy niż 15 s.

Jednoczesna praca kilku ludzi kalibrujących metanomierze na każdej zmianie (często w różnych rejonach i poziomach) może stać się przyczyną podjęcia przez dyspozytora metanometrii nieprawidłowych decyzji w zakresie odblokowywania stacji dołowej

systemu gazometrycznego po przeprowadzonej kalibracji. Wyniki kontroli czasu trwania blokady stacji dołowej, przeprowadzone w ostatnim okresie w kilku kopalniach, są niepokojące. Taka sytuacja może być przyczyną powstania realnego zagrożenia wybuchowego w kopalni. Z drugiej strony częste blokowanie stacji jest konieczne w procesie okresowej (cotygodniowej) kalibracji tak dużej liczby metanomierzy pracujących w kopalniach.

Zastosowanie w systemie gazometrycznym CST-40 stacji dołowych CSD-1 umożliwia realizację złożonych i bezpiecznych układów wyłączeń o bardzo czytelnej strukturze, posiadających możliwość:

- monitorowania (z poziomu centrali telemetrycznej CST-40) stanu poszczególnych elementów układu wyłączeń,
- blokowania funkcji wyłączeń na czas kalibracji metanomierzy,
- samoczynnego usuwania blokad po upływie zadanego czasu.

Stacje dołowe nie wnoszą znaczącego opóźnienia do układów wyłączeń. Czas opóźnienia wynikający z zastosowania stacji w układzie wyłączeń nie przekracza 1 sekundy. Tak więc czasy opóźnień wnoszone przez rozbudowane układy wyłączeń (w dowolnych kombinacjach układów wyłączeń) nie wpływają w zasadniczy sposób na szybkość wyłączenia energii elektrycznej w przypadku wzrostu stężenia metanu w wyrobisku.

Nie da się przewidzieć miejsca wypływu metanu do wyrobiska. Lokalizacja metanomierza wyłączającego to umowny punkt w wyrobisku, w pobliżu jednego z wielu występujących tam urządzeń elektrycznych. Coraz większa liczba urządzeń elektroenergetycznych z jednej strony (tzw. przyścianowe pociągi aparaturowe przekraczają nawet swoją długością sto metrów) i niemożność dokładnego określenia miejsca wypływu metanu do wyrobiska (szczególnie w ścianie) z drugiej powodują, że czas od momentu pojawienia się np. miejscowego wypływu metanu do wyrobiska do momentu wyłączenia energii elektrycznej może być nieraz bardzo długi. Na przykład przy prędkości przepływu powietrza w wyrobisku równej 1 m/s, długości ściany 250 m i miejscowym wypływie metanu na początku ściany może on wynieść nawet 4 minuty. W tym czasie ognioszczelne urządzenia elektryczne są pod napięciem w atmosferze wybuchowej.

Tak więc czas wyłączenia energii przez metanomierz jest również w dużej mierze uwarunkowany prawidłową jego lokalizacją (przebudową) w wyrobisku, a przede wszystkim prędkością przepływu powietrza w wyrobiskach, a nie tylko sekundowymi czasami opóźnień powstałymi w metanometrycznych urządzeniach technicznych (pomiarowych, transmisyjnych i wyłączających).

Na niezawodność i funkcjonalność stacji dołowej typu CSD-1 w systemie gazometrycznym wpływają między innymi:

- zastosowanie układu *watchdog*,
- przejrzysty sposób programowania,
- monitorowanie i rejestracja stanu wejść i wyjść stacji typu CSD-1,

- archiwizacja wszystkich czynności operatorskich ingerujących w pracę stacji dołowej CSD-1,
- zastosowanie podtrzymania bateryjnego (12 godzin), co umożliwia realizację funkcji wyłączeń (tylko matrycy lokalnej) przy braku komunikacji z centralą telemetryczną CST-40. W razie obniżenia się napięcia baterii zasilającej poniżej wartości progowej wszystkie wyjścia przechodzą w stan otwarty (wyłączają zasilanie).

W przypadku utraty połączenia z centralą telemetryczną CST-40 na okres dłuższy niż 10 s nastąpi automatyczne wyzerowanie tzw. „flag” (czyli wejścia programowego funkcji logicznej realizowanej przez system – stanu alarmowego kontrolowanego przez centralę CST-40 i przesyłanego do stacji dołowej typu CSD-1). Spowoduje to działania takie, jakby nastąpiło przekroczenie stanu alarmowego wskazane przez czujnik, który przesyła swój stan za pomocą „flag” do stacji typu CSD-1 (pozytywne bezpieczeństwo).

Specjalne podziękowanie dla firmy HASO Tychy, a w szczególności Panom Andrzejowi Paszkowi oraz Piotrowi Borowskiemu, za udostępnienie sprzętu, przygotowanie i zestawienie stanowiska pomiarowego dla przeprowadzanych badań oraz pomoc w realizacji pomiarów.

Literatura

1. Centrala systemu telemetrycznego CST-40, CST-40A – DTR nr: 1060C, 1060D, HASO, Tychy 2011.
2. Centrala sygnałów dwustanowych CSD-1 – Instrukcja obsługi, IO 1110A, HASO, Tychy 2011.
3. Cierpisz S., Miśkiewicz K., Musioł K., Wojacek A.: *Systemy gazometryczne w górnictwie*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.
4. Dokumentacja systemu bezpieczeństwa SBKW – DTR nr DS 6700A, HASO, Tychy, luty 2013.
5. Miśkiewicz K., Wojacek A., Wojtas P.: *Systemy dyspozytorskie kopalń podziemnych i ich integracja. Wybrane problemy*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011.
6. *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28.06.2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych*. Dz.U. nr 139, poz. 1169, z późn. zm.
7. *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30.04.2004 r. w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych*. Dz.U. z 2004, nr 99, poz. 1003, z późn. zm.
8. *Ustawa z dnia 4 lutego 1004 r. Prawo geologiczne i górnicze*. D.I. z 2005 r., nr 228, poz. 1947, z późn. zm.
9. *Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze*. Dz.U. z 2011, nr 163, poz. 981.
10. *Vademecum teleinformatyka*, t. I-III, Wydawnictwo IDG Poland, Warszawa 2002.
11. Wojacek A., Miśkiewicz K., Dzierżęga J.: *Dołowe sieci telekomunikacyjne z kablami miedzianymi w kopalniach JSW SA. „Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa”*, 2011, nr 10.

Artykuł został zrecenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów.