

Gerard Kałuża*

GÓRNICZY KOMBajn ŚCIANOWY – MASZYNA PRZEZNACZONA DO PRACY W PRZESTRZENI ZAGROŻONEJ WYBUCHEM

Streszczenie

W niniejszym artykule omówiono zagadnienia związane z bezpieczeństwem przeciwwybuchowym kombajnu ścianowego. Przedstawiono wymagania dotyczące podzespołów elektrycznych oraz nieelektrycznych. Omówiono także metody oceny ryzyka oraz możliwość wykorzystania systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem, w celu spełnienia wymagań niezbędnych do bezpiecznego stosowania kombajnu w przestrzeni zagrożonej wybuchem.

Słowa kluczowe: kombajn ścianowy, bezpieczeństwo przeciwwybuchowe, system kontroli, zapłon, ryzyko, zapobieganie, sterowanie, norma.

Longwall shearer – machine operating in the areas vulnerable to explosion

Abstract

This article discusses issues related to explosion protection of longwall shearer. Requirements for electrical and non-electrical components have been described. This paper also includes methods of risk assessment as well as the possibility of applying safety-related operating systems to meet the requirements which ensure safety by using the shearer in the areas vulnerable to explosion.

Keywords: longwall shearer, explosion protection, monitoring system, ignition, risk, prevention, operation, standard.

1. WPROWADZENIE

Kombajn ścianowy jest maszyną złożoną z podzespołów elektrycznych oraz nieelektrycznych (mechanicznych). Przeznaczony jest do pracy w środowisku zagrożonym wybuchem mieszaniny metanu i/lub pyłu węglowego z powietrzem. Ze względu na swoją budowę, charakter wykonywanej pracy oraz przewidywane miejsce wykorzystania, powoduje zagrożenie wybuchem.

Bezpieczne stosowanie kombajnu w przestrzeni zagrożonej wybuchem wymaga zachowania szeregu środków zapewniających, iż potencjalne źródła zapłonu (PN-EN 60079-0:2009; PN-EN 13463-1:2010) nie przekształcą się następnie w źródła efektywne. Decyzję o wyborze właściwych środków, należy podjąć w oparciu o przeprowadzony wcześniej proces identyfikacji, szacowania oraz oceny ryzyka, czyli badania zagrożeń związanych z zastosowaniem maszyny.

* Główny Instytut Górnictwa – Kopalnia Doświadczalna „Barbara”

2. WYMAGANIA W ZAKRESIE BEZPIECZEŃSTWA PRZECIWWYBUCHOWEGO

Obszar bezpieczeństwa przeciwwybuchowego urządzeń i systemów ochronnych (Rozporządzenie 2005) przeznaczonych do pracy w przestrzeni zagrożonej wybuchem, musi odpowiadać wymogom określonym w dyrektywie 94/9/WE (tzw. ATEX). Wymogi dotyczące projektowania i wykonywania maszyny, których spełnienie pozwoli na uniknięcie wybuchu, narzuca także dyrektywa 2006/42/WE (Rozporządzenie 2008).

Podstawowym wymaganiem wynikającym z zastosowania wymienionych dyrektyw jest zapewnienie, iż w zakresie przewidywanych warunków pracy żaden z elementów maszyny nie przekształci się w efektywne źródło zapłonu. Powyższe dyrektywy określają jedynie wymagania ogólne, natomiast specyfikacje techniczne zawarte zostały w tak zwanych normach zharmonizowanych.

Normy zharmonizowane są to normy krajowe wprowadzające normy europejskie, opracowane i zatwierdzone przez europejskie organizacje normalizacyjne na podstawie mandatu udzielonego przez Komisję Europejską. Ich numery i tytuły opublikowane zostały w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej.

Wymagania techniczne związane z zastosowaniem maszyn przeznaczonych do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych określono w normie zharmonizowanej PN-EN 1710:2010. Odpowiednie zalecenia dotyczące konstrukcji poszczególnych urządzeń elektrycznych oraz nieelektrycznych ujęto w normach serii PN-EN 60079 oraz PN-EN 13463.

Kombajn ścianowy, powstający w wyniku połączenia elementów (podzespołów) powinien być traktowany jako wyrób podlegający dyrektywie 94/9/WE (ATEX 2011).

Urządzenia i podzespoły elektryczne kategorii M2¹ podlegają obowiązkowej certyfikacji z udziałem jednostki notyfikowanej. Urządzenia i podzespoły nieelektryczne mogą zostać ocenione przez samego producenta zestawu/wyrobu, w tym przypadku kombajnu. Ocenę należy przeprowadzić z wykorzystaniem norm serii PN-EN 13463, jednocześnie poświadczając to odpowiednimi dokumentami.

Praktyka potwierdza, że dla urządzeń nieelektrycznych, w celu zagwarantowania bezpieczeństwa przeciwwybuchowego, metodą technicznie najprostszą (również najmniej kosztowną) jest wykazanie zgodności z wymaganiami zasadniczymi dyrektywy 94/9/WE w oparciu o ochronę za pomocą bezpieczeństwa konstrukcyjnego – oznaczenie „c” (PN-EN 13463-5:2005) lub ochronę za pomocą osłony cieczowej – oznaczenie „k” (PN-EN 13463-8:2005).

Wyjątkiem dla urządzenia nieelektrycznego jest zadeklarowanie zgodności z PN-EN 13463-6; ochrona przez kontrolę źródła zapłonu – „b”. Ten rodzaj wykonania przeciwwybuchowego przedstawiono w PN-EN 1710:2010, jako przykładowy składnik oznakowania kombajnu, zgodnego z dyrektywą

(€  I M2 c k b

¹ Wyłączając urządzenia proste, zgodne z PN-EN 60079-11:2012.

3. METODY OCENY I MINIMALIZOWANIA RYZYKA ZAPŁONU

W trakcie urabiania calizny węglowej przez kombajn, możliwy jest chwilowy kontakt noży skrawających organów urabiających ze skałami płonnyymi (np. piaskowcem). Może wtedy powstać iskra o energii zdolnej do zapalenia mieszaniny metanu z powietrzem. Metodą dezaktywacji tego efektywnego źródła zapłonu jest zastosowanie wodnej instalacji zraszającej (PN-G-50037:1994; PN-EN 1710:2010; PN-EN 1127-2:2010) lub jej odmiany w postaci kurtyny powietrzno-wodnej. W takim przypadku odpowiedni poziom bezpieczeństwa instalacji można uzyskać przez wykazanie zgodności z wymaganiami ochrony przez kontrolę źródła zapłonu – oznaczenie „b”.

Zgodnie z PN-EN 13463-6:2006 bezpieczeństwo przeciwwybuchowe powinien zapewnić tzw. **system zapobiegania zapłonowi (SZZ)**. Jest to układ przetwarzający sygnał z jednego lub większej liczby czujników. W wyniku zadziałania bądź wskazania zapobiega sytuacji, gdy potencjalne źródło zapłonu staje się źródłem efektywnym. W powyższej normie określono także **poziom zapobiegania zapłonowi (PZZ)**, jako poziom przypisany systemowi zapobiegania zapłonowi, charakteryzowany jego niezawodnością. Podano również definicję **zabezpieczenia przez kontrolę źródła zapłonu**. Kontrola ta jest realizowana przez element w urządzeniu nieelektrycznym, w którym zintegrowany czujnik wykrywa niesprzyjające warunki, mogące wywołać zapłon otaczającej atmosfery. Następnie czujnik inicjuje automatyczne lub ręczne środki sterowania, aby zapobiec sytuacji, gdy potencjalne źródło zapłonu staje się źródłem efektywnym.

W PN-EN 13463-6 wyodrębniono dwa poziomy zapobiegania zapłonowi:

- 1) system zapobiegania zapłonowi poziomemu 1,
- 2) system zapobiegania zapłonowi poziomemu 2.

I. System zapobiegania zapłonowi poziomemu 1

System ten powinien składać się z dobrze wypróbowanych składników/elementów o udowodnionej historii niezawodności. Ważne jest także złożenie i zainstalowanie zgodne z wszelkimi odnoszonymi normami oraz zastosowanie wypróbowanych zasad bezpieczeństwa. Jednym z podstawowych warunków jest także odporność na spodziewane narażenia w czasie pracy systemu. System ten powinien funkcjonować następująco:

- jeżeli wartość krytyczna parametru sterującego (np. P_{kryt} , T_{kryt} , n_{kryt}) zostanie przekroczona, nie dojdzie do przekształcenia potencjalnego źródła zapłonu w efektywne źródło lub odpowiednio wcześniej zostanie wygenerowane ostrzeżenie,
- SZZ powinien mieć możliwość sprawdzania realizowanej funkcji bezpieczeństwa w odpowiednich odstępach czasu, natomiast utrata funkcji bezpieczeństwa powinna być możliwa do wykrycia przez sprawdzenie,
- instrukcja powinna podawać odstępy czasowe między sprawdzeniami oraz metody testowania systemu; ważne jest także, aby określała postępowanie w przypadku wykrycia defektu systemu.

II. System zapobiegania zapłonowi poziomu 2

System ten powinien spełniać wymagania poziomu 1. Jednocześnie ważne jest, aby składał się ze sprawdzonych/wypróbowanych składników/elementów, mających udowodnioną historię niezawodności. Dodatkowym warunkiem jest złożenie i zainstalowanie zgodne z normami oraz sprawdzonymi zasadami, tzn.:

- jeżeli wartość krytyczna parametru sterującego (np. P_{kryt} , T_{kryt} , n_{kryt}) zostanie przekroczone, nie dojdzie do przekształcenia potencjalnego źródła zapłonu w efektywne źródło lub odpowiednio wcześniej zostanie wygenerowane ostrzeżenie,
- jeżeli w systemie SZZ dojdzie do pojedynczego uszkodzenia, nie doprowadzi to do utraty funkcji bezpieczeństwa systemu,
- instrukcja powinna podawać odstępy czasowe między sprawdzeniami czujnika detekcji zagrożenia oraz systemu zapobiegania zapłonowi.

Uwzględniając istniejące zagrożenia związane z eksploatacją urządzeń nieelektrycznych należących do grupy I kategorii M2 określono, dla rozwiązania „kontrola źródła zapłonu b”, minimalne wymagania na poziomie PZZ 2.

W oparciu o dotychczasowe rozważania, w PN-EN 13463-6 przyjęto, że PZZ 1 będzie spełniony przez SIL 1, natomiast PZZ 2 przez SIL 2.

PZZ 2 to relatywnie wysoki poziom zapobiegania zapłonowi, do realizacji którego wskazane jest zastosowanie systemu o strukturze redundancyjnej.

Parametry wody w instalacji zraszającej kombajnu kontrolowane są przez czujniki ciśnienia i przepływu, których włączenie powinno spowodować wyłączenie maszyny (wariant 1). Drugim dopuszczalnym rozwiązaniem jest wyłączenie napędu posuwu i zatrzymanie pracy organów urabiających (wariant 2). nierozwiązana pozostaje jednak kwestia poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa systemu kontroli instalacji zraszającej (PN-EN 13849-1:2008; PN-EN 62061:2008). Odpowiedź uzyskano dopiero po przeprowadzeniu analizy ryzyka zapłonu.

Dla porównania przedstawiono dwie metody oceny:

- A) grafu ryzyka zgodnie z PN-EN ISO 13849-1,
- B) liczbowych parametrów ryzyka zgodnie z PN-EN 62061.

A. Metoda grafu ryzyka zawiera kilka etapów decyzyjnych

ETAP PIERWSZY to zdefiniowanie ciężkości możliwego urazu – *S*:

- *S1* – drobny uraz (odwracalny), np. zranienie,
- *S2* – poważny uraz (nieodwracalny), np. amputacja, wypadek śmiertelny.

ETAP DRUGI to zdefiniowanie częstotliwości i czasu narażenia – *F*:

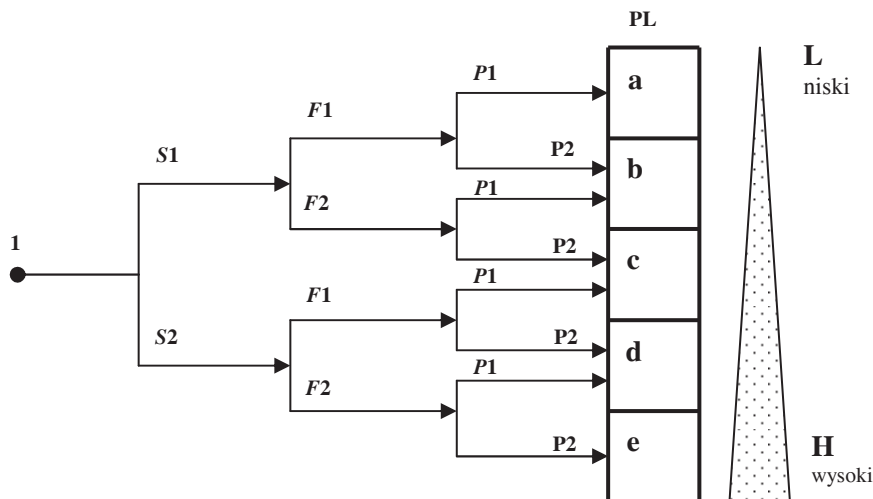
- *F1* – narażenie sporadyczne, rzadkie i/lub krótki czas narażenia,
- *F2* – narażenie występujące okresowo/periodycznie lub ciągle i/lub długi czas narażenia; wskazane jest przyjęcie *F2*, gdy częstotliwość narażenia jest większa niż raz na godzinę.

ETAP TRZECI to zdefiniowanie możliwości unikania niebezpieczeństwa – *P*:

- *P1* – tylko, gdy wypadku można realnie uniknąć,
- *P2* – gdy rzeczywiście istnieje mała szansa uniknięcia wypadku.

Ważnymi informacjami ułatwiającymi wybór między $P1$ i $P2$ są odpowiedzi na następujące pytania:

- Czy operacja/działanie odbywa się pod nadzorem lub bez (personel)?
- Czy operację/działanie wykonuje osoba przeszkolona lub bez niezbędnego szkolenia?
- Jaka jest szybkość pojawiania się zagrożenia (szybko czy wolno)?
- Jaka jest możliwość uniknięcia zagrożenia przez opuszczenie miejsca/stanowiska? oraz zebrane doświadczenia dotyczące danego procesu.



Rys. 1. Graf ryzyka (oprac. na podstawie PN-EN 13849-1:2008)

Fig. 1. Risk graph (based on PN-EN 13849-1:2008)

W przypadku rozpatrywanego zagrożenia przyjęto następującą ścieżkę grafu ryzyka: $S2 \rightarrow F1 \rightarrow P1$. W rezultacie uzyskano PL „c”, co zgodnie z tabelą 4 (PN-EN 13849-1:2008) odpowiada SIL 1 (PL – parametr określający osiągnięty poziom „bezpieczeństwa”).

B. Metoda liczbowych parametrów ryzyka

Bazuje na zależności określającej ryzyko, jako funkcję ciężkości szkody oraz prawdopodobieństwa jej wystąpienia. Dla rozpatrywanego zagrożenia przyjęto, korzystając z tabel A.1–4 (PN-EN 62061:2008):

- ciężkość szkody Se (wymagana interwencja personelu medycznego) – 2,
- częstotliwość i czas ekspozycji Fr (> 1 dzień do ≤ 2 tygodnie) – 4,
- prawdopodobieństwo wystąpienia Pr (możliwe) – 3,
- prawdopodobieństwo uniknięcia lub ograniczenia szkody Av (prawdopodobne) – 1.

W oparciu o przyjęte dane dla rozpatrywanego zagrożenia określono klasę prawdopodobieństwa szkody CI , jako sumę parametrów Fr , Pr , Av , tzn. $CI = 8$.

Analizując uzyskaną wartość ciężkości szkody i parametru CI odczytano, zgodnie z metodą podaną w PN-EN 62061:2008, wymagany SIL (przecięcie wiersza Se i ko-

lumny *CI*). W rezultacie uzyskano obszar oznaczony jako *OM*, który wskazuje zalecenie zastosowania środków bezpieczeństwa.

Tabela 1. Sposób przypisania SIL (PN-EN 62061:2008)

Ciężkość szkody <i>Se</i>	Klasa <i>CI</i>				
	3-4	5-7	8-10	11-13	14-15
4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
3		OM	SIL 1	SIL 2	SIL 3
2			OM	SIL 1	SIL 2
1				OM	SIL 1

Zauważono, iż obie metody stanowią subiektywną ocenę danego zagrożenia, co może skutkować różnymi wynikami oceny. Niezwykle istotne dla osób wykonujących analizę zagrożeń jest posiadanie odpowiedniego doświadczenia i wiedzy dotyczącej danego zagrożenia, np. częstotliwości występowania, spodziewanych skutków oraz możliwości uniknięcia.

4. SYSTEMY KONTROLI I STEROWANIA KOMBAJNU ŚCIANOWEGO NA PODSTAWIE WYBRANYCH PRZYKŁADÓW

Dalsze rozważania przeprowadzono dla kombajnu wyposażonego w wydzielone dwa obwody instalacji zraszania. Jeden przeznaczony dla lewego, natomiast drugi dla prawego organu urabiającego. Każdy z tych obwodów posiada dwa czujniki stykowe: ciśnienia oraz przepływu wody. Zadziałanie każdego z czujników (otwarcie styku) powinno skutkować:

- w wariantcie 1 – wyłączeniem maszyny oraz uniemożliwieniem ponownego włączenia po zadziałaniu (rys. 2),
- w wariantcie 2 – wyłączeniem napędu posuwu maszyny i zatrzymaniem pracy organów urabiających, co powinno uniemożliwiać ponowne włączenie po zadziałaniu.

Dla rozważanej struktury systemu kontroli i sterowania otwarcie (lub brak zamknięcia) któregokolwiek ze styków włączonych w obwód sterowania przekaźnika P_w skutkuje otwarciem jego styku wykonawczego.

Dla przyjętej struktury systemu kontroli i sterowania (wariant 1) wyodrębniono dwa podsystemy wejściowe i jeden wyjściowy (PN-EN 62061:2008) w postaci:

a. Podsystem wejściowy I:

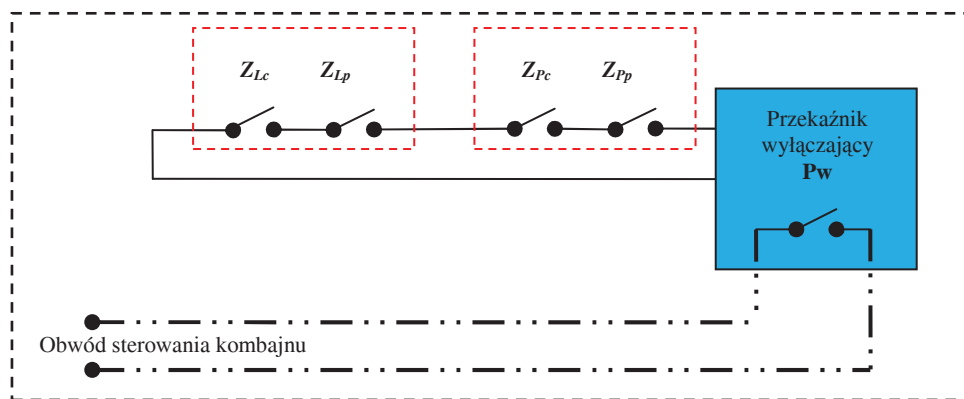
- czujnika ciśnienia lewego organu (element podsystemu),
- czujnika przepływu lewego organu (element podsystemu).

b. Podsystem wejściowy II:

- czujnika ciśnienia prawego organu (element podsystemu),
- czujnika przepływu prawego organu (element podsystemu).

c. Podsystem wyjściowy:

- przekaźnik wyłączający P_w .



Z_{Lc} , Z_{Lp} – styki czujnika ciśnienia i czujnika przepływu lewego organu, Z_{Pc} , Z_{Pp} – styki czujnika ciśnienia i czujnika przepływu prawego organu, Pw – przekaźnik wyłączający.

Rys. 2. Przyjęta struktura systemu kontroli i sterowania – wariant 1 (schemat elektryczny)

Fig. 2. Applied structure of operating and control – option 1 (electric scheme)

W przedstawionej strukturze uszkodzenie niebezpieczne pojedynczego elementu podsystemu (któregokolwiek czujnika) oznacza:

- brak zamknięcia styku w przypadku pojawienia się sygnału wzbudzenia (ciśnienie, przepływ) lub
- brak otwarcia styku w przypadku zaniku sygnału wzbudzenia (ciśnienie, przepływ).

Szeregowe połączenie styków Z_{Lc} , Z_{Lp} , Z_{Pc} oraz Z_{Pp} oznacza, że:

- zadziałanie (otwarcie) któregokolwiek styku powoduje podanie sygnału wyłączenia do przekaźnika wyłączającego Pw ,
- wadliwa praca dowolnego styku zgodnie z „a” (styk ciągle otwarty) uniemożliwia załączenie,
- wadliwa praca dowolnego styku zgodnie z „b” (styk ciągle zamknięty) nie zaburza pracy innych styków (czujników).

Powyższa sekwencja działania potwierdza, że poziom nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) funkcji bezpieczeństwa (SF) realizowanej przez elementy systemu sterowania, związane z bezpieczeństwem (SRECS), której zadaniem jest zmniejszenie ryzyka zapłonu występującego w wyniku urabiania², charakteryzowany jest przez najwyższą wartość z poniższego zbioru³.

$PFH_d(SRECS) =$ wartość maksymalna ze zbioru:

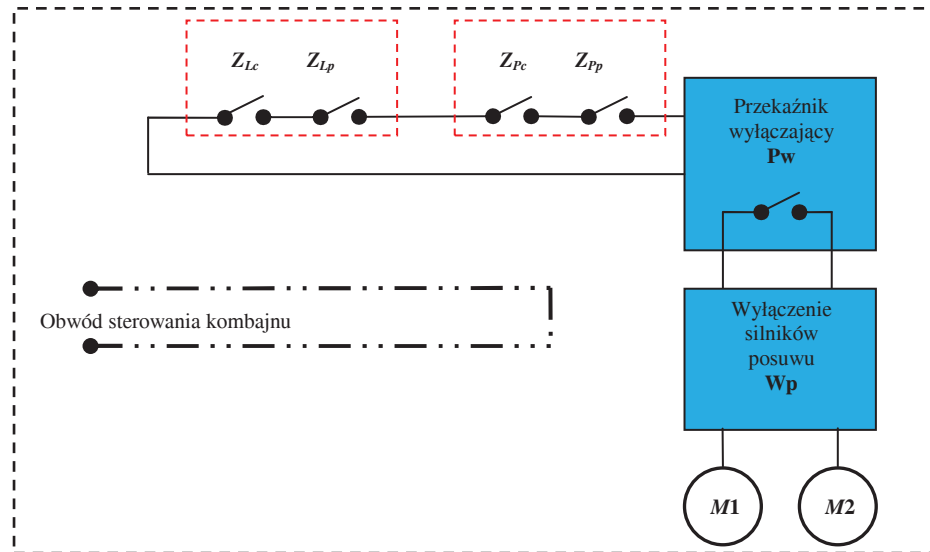
$$\{PFH_d(Pw) + PFH_d(Z_{Lc}) + PFH_d(Z_{Lp}); PFH_d(Pw) + PFH_d(Z_{Pc}) + PFH_d(Z_{Pp})\}$$

gdzie PFH_d – prawdopodobieństwo niebezpiecznego uszkodzenia na godzinę.

² Praca noży organów urabiających.

³ SIL, SF oraz SRECS określone na podstawie PN-EN 13849-1:2008, PN-EN 62061:2008.

W przyjętej strukturze systemu kontroli i sterowania (wariant 1) zadziałanie przekaźnika wyłączającego P_w powoduje podanie sygnału wyłączenia kombajnu (rys. 2). Zachowanie wymaganego poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) rozpatrywanej funkcji bezpieczeństwa (SF) wymaga określenia i zagwarantowania odpowiedniego poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa całego obwodu sterowania kombajnu wraz z wyłącznikiem kombajnowym.



Z_{Lc} , Z_{Lp} – styki czujnika ciśnienia i czujnika przepływu lewego organu, Z_{Pc} , Z_{Pp} – styki czujnika ciśnienia i czujnika przepływu prawego organu, P_w – przekaźnik wyłączający, W_p – układ wyłączenia silników posuwu.

Rys. 3. Przyjęta struktura systemu kontroli i sterowania – wariant 2 (schemat elektryczny)

Fig. 3. Applied structure of operating and control – option 2 (electric scheme)

Dla przyjętej struktury systemu kontroli i sterowania (wariant 2) (rys. 3) wyodrębniono trzy podsystemy wejściowe i jeden wyjściowy (PN-EN 62061:2008) w postaci:

a. Podsystem wejściowy I:

- czujnika ciśnienia wody lewego organu (element podsystemu),
- czujnika przepływu wody lewego organu (element podsystemu).

b. Podsystem wejściowy II:

- czujnika ciśnienia wody prawego organu (element podsystemu),
- czujnika przepływu wody prawego organu (element podsystemu).

c. Podsystem wejściowy III:

- przekaźnik wyłączający.

d. Podsystem wyjściowy:

- układ wyłączenia posuwu.

Z przedstawionej sekwencji działania (wariant 2) wynika, że poziom nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) funkcji bezpieczeństwa (SF), realizowanej przez elementy systemu sterowania związane z bezpieczeństwem (SRECS), której zadaniem jest

zmniejszenie ryzyka zapłonu powodowanego procesem urabiania, charakteryzowany jest przez najwyższą wartość z poniższego zbioru.

$PFH_{d\ SRECS}$ = wartość maksymalna ze zbioru:

$$\{PFH_d(Wp) + PFH_d(Pw) + PFH_d(Z_{Lc}) + PFH_d(Z_{Lp}); PFH_d(Wp) + PFH_d(Pw) + PFH_d(Z_{Pc}) + PFH_d(Z_{Pp})\}$$

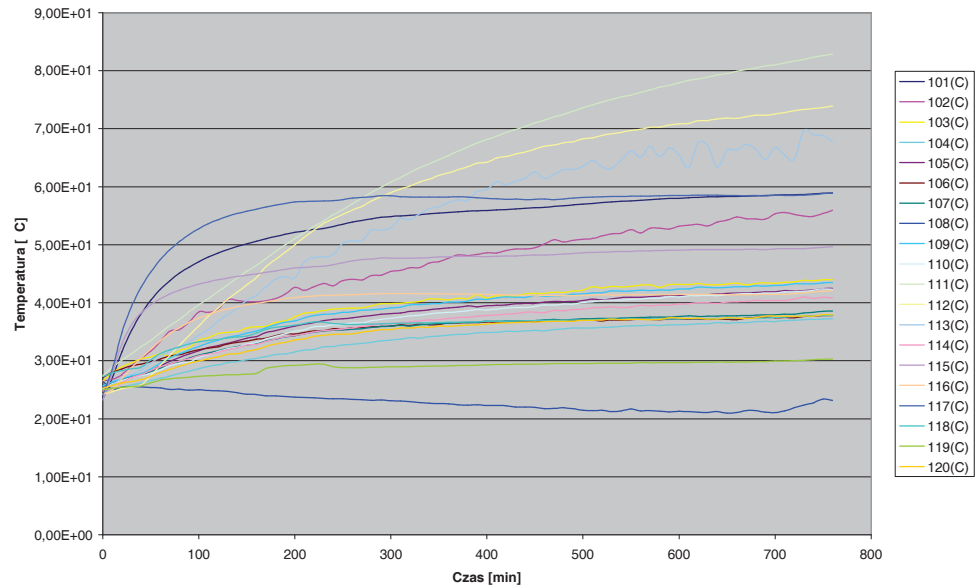
W przyjętej strukturze systemu kontroli i sterowania (wariant 2) zadziałanie układu wyłączenia silników posuwu Wp powoduje zatrzymanie kombajnu, tzn. przerwanie procesu urabiania. Należy rozważyć, czy konieczne jest równoczesne wyłączenie silników organów urabiających. Tego typu rozwiązanie systemu kontroli i sterowania instalacji zraszającej nie wpływa na poziom nienaruszalności bezpieczeństwa obwodu sterowania/wyłączenia kombajnu ścianowego.

Kombajn ścianowy wyposażony jest również w szereg obwodów kontroli temperatury. Mogą one spełniać funkcję sterowania oraz bezpieczeństwa. Ważne jest ustalenie, kiedy obwód kontroli temperatury spełnia w kombajnie funkcję bezpieczeństwa. Zgodnie z wymogami dyrektywy 94/9/WE wystarczy, aby urządzenie grupy I kategorii M2 spełniało wymagania jednego z rodzajów wykonania przeciwwybuchowego. W tej sytuacji nie zostało narzucone, aby dodatkowo zastosowany obwód kontroli temperatury spełniał jednocześnie wymagania obwodu bezpieczeństwa (Rozporządzenie 2005; PN-EN 50495:2010).

Wymienić można następujące przykłady:

- obwód kontroli temperatury oleju w przekładni spełniającej wymagania bezpieczeństwa konstrukcyjnego,
- obwód kontroli temperatury uzwojeń silnika w osłonie ognioszczelnej.

Odmierna sytuacja zachodzi, gdy czujnik kontroluje temperaturę we wnętrzu skrzyni aparatury elektrycznej. Ze względu na zróżnicowane wyposażenie skrzyni, temperatura w różnych miejscach jej wnętrza może osiągać zróżnicowane wartości (rys. 4).



Rys. 4. Przykład przebiegu zmian temperatury wewnętrznej w trakcie nagrzewania skrzyni aparatury elektrycznej w warunkach znamionowych (oprac. własne)

Fig. 4. Example of internal temperature changes course during electric apparatus box heating in nominal conditions (own work)

Tabela 2. Wyniki nagrzewania skrzyni aparatury elektrycznej; warunki znamionowe, praca ciągła – rysunek 4 (oprac. własne)

Rozmieszczenie i oznaczenie czujników pomiarowych	Zmierzona maksymalna temperatura odniesiona do temperatury otoczenia 40°C; praca ciągła; °C; czas nagrzewania 760 min
101 – zacisk stycznika organu	75,9
102 – nad stycznikiem organu	72,9
103 – nad modułami elektroniki	61
104 – nad sterownikiem	54,3
105 – obok wewnętrznego czujnika temperatury	59,5
106 – nad zabezpieczeniem upływowym	54,8
107 – nad modułami elektroniki zabezpieczeniowej	55,6
108 – temperatura otoczenia	23
109 – nad zasilaczami iskrobezpiecznymi	60,5
110 – nad zasilaczami iskrobezpiecznymi	59,3
111 – na rdzeniu transformatora posuwu, 150 kVA	99,9
112 – na uzwojeniu transformatora posuwu, 150 kVA	90
113 – nad transformatora posuwu, 150 kVA	84,7
114 – nad rozłącznikiem głównym	57,8
115 – na izolatorze w komorze przyłączowej	66,7
116 – między uszczelką we wpuście a kablem zasilającym skrzynię aparatury	59,1
117 – na rozwidleniu kabla zasilającego skrzynię aparatury	75,9
118 – nad falownikiem skrzyni aparatury	54,9
119 – na rezystorze hamowania	47,3
120 – nad inwerterem	54,9

W przypadku, gdy przy maksymalnej wartości temperatury otoczenia, zadeklarowanej dla skrzyni aparatury elektrycznej, w jej wnętrzu może dojść do miejscowego przekroczenia dopuszczalnej wartości temperatury otoczenia podzespołów iskrobezpiecznych, zastosowany system pomiaru temperatury powinien pełnić funkcję bezpieczeństwa. Zaleca się, by spełniał on wymagania SIL 1 (PN-EN 50495:2010) z tolerancją na defekty równe 0.

5. PODSUMOWANIE

Kombajn ścianowy jest maszyną przeznaczoną do pracy w przestrzeni zagrożonej wybuchem, dlatego wszystkie podzespoły muszą posiadać wykonanie przeciwybuchowe.

Zgodnie z zasadą zintegrowanego bezpieczeństwa, pozwalającą na łączenie różnych technologii zabezpieczeń, każdy element/podzespół kombajnu musi spełniać wymagania bezpieczeństwa przeciwybuchowego urządzeń grupy I kategorii M2. Uzyskuje się to przez stosowanie urządzeń elektrycznych spełniających wymagania norm zharmonizowanych serii PN-EN 60079 oraz urządzeń nieelektrycznych spełniających wymagania norm zharmonizowanych serii PN-EN 13463. Dla zapewnienia wymaganego poziomu bezpieczeństwa można wykorzystać również systemy sterowania związane z bezpieczeństwem, posiadające wymagany poziom nienaruszalności bezpieczeństwa.

Spełnienie wymagań bezpieczeństwa narzuca także ocenę zagrożenia zapłonem w odniesieniu do niżej wymienionych źródeł zapłonu (PN-EN 1127-2:2010):

- wyładowanie elektrostatyczne; dotyczy elementów niemetalowych o powierzchni przekraczającej 100 cm² z wyłączeniem kabli i przewodów elektrycznych,
- iskra generowana mechanicznie powstała w wyniku uderzenia o metalową powierzchnię; konieczność ograniczenia zawartości metali lekkich w stopach (aluminium, magnez, tytan, cyrkon),
- temperatura elementów trących; dotyczy układu jezdnego oraz hamulca awaryjnego.

Literatura

1. ATEX – wytyczne wdrażania. Wydanie trzecie (2011). Katowice, Główny Instytut Górnictwa.
2. Materiały KD-4.2 Laboratorium Systemów i Zabezpieczeń Przeciwybuchowych oraz Eksplozymetrii Zakładu Bezpieczeństwa Przeciwybuchowego Kopalni Doświadczalnej „Barbara”.
3. PN-EN 1127-2:2010 Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Część 2: Pojęcia podstawowe i metodologia dla górnictwa.
4. PN-EN 13463-1:2010 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 1: Podstawowe założenia i wymagania.
5. PN-EN 13463-5:2005 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 5: Ochrona za pomocą bezpieczeństwa konstrukcyjnego „c”.
6. PN-EN 13463-6:2006 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 6: Ochrona przez kontrolę źródła zapłonu „b”.

7. PN-EN 13463-8:2005 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 8: Ochrona za pomocą osłony cieczowej „k”.
8. PN-EN 13849-1:2008 Bezpieczeństwo maszyn. Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem. Część 1: Ogólne zasady projektowania.
9. PN-EN 1710:2010 Urządzenia i podzespoły przeznaczone do stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych.
10. PN-EN 50495:2010 Urządzenia zabezpieczające niezbędne do bezpiecznego działania urządzeń ze względu na zagrożenie wybuchem.
11. PN-EN 60079-0:2009 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem gazów. Część 0: Wymagania ogólne.
12. PN-EN 60079-11:2012 Atmosfery wybuchowe. Część 11: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą iskrobezpieczeństwa „i”.
13. PN-EN 62061:2008 Bezpieczeństwo maszyn. Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych, elektronicznych i elektronicznych programowalnych systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem.
14. PN-G-50037:1994 Ochrona pracy. Instalacje zraszające przy kombajnach ścianowych. Wymagania bezpieczeństwa i ergonomii.
15. Rozporządzenie (2005): Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 22 grudnia 2005 r. wprowadzające wymagania Dyrektywy 94/9/WE (ATEX).
16. Rozporządzenie (2008): Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. wprowadzające wymagania Dyrektywy 2006/42/WE.