

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 M2<sup>1</sup> 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

<sup>1</sup> 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 poziom 1,
- 2) system zapobiegania zapłonowi poziom 2.

#### I. System zapobiegania zapłonowi poziom 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 przekroczona, 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*:

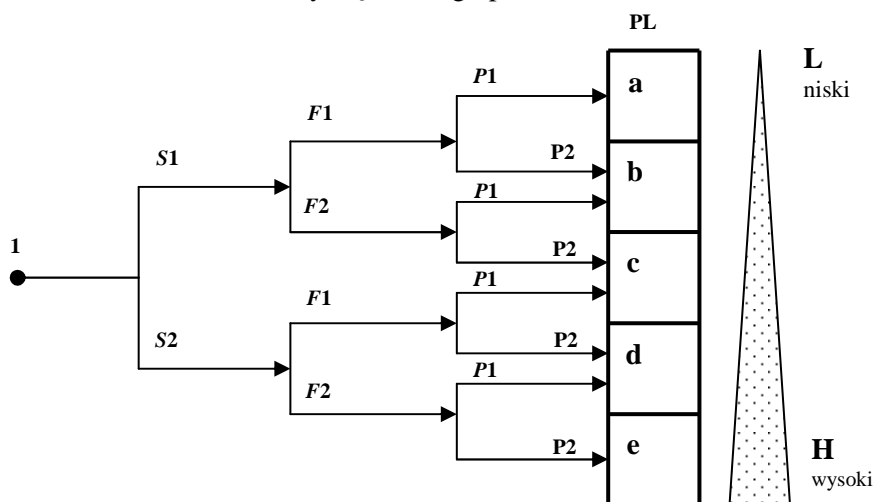
- *F1* – narażenie sporadyczne, rzadkie i/lub krótki czas narażenia,
- *F2* – narażenie występujące okresowo/periodycznie lub ciągle i/lub długi czas narażenia; wskazane jest przyjęcie *F2*, gdy częstotliwość narażenia jest większa niż raz na godzinę.

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  $\leq 2$  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:**

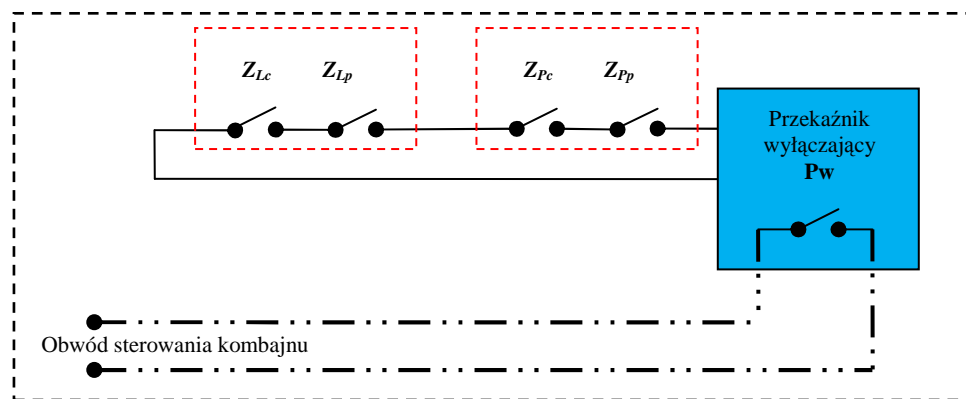
- czujnika ciśnienia lewego organu (element podsystemu),
- czujnika przepływu lewego organu (element podsystemu).

**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 urabiania<sup>2</sup>, charakteryzowany jest przez najwyższą wartość z poniższego zbioru<sup>3</sup>.

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

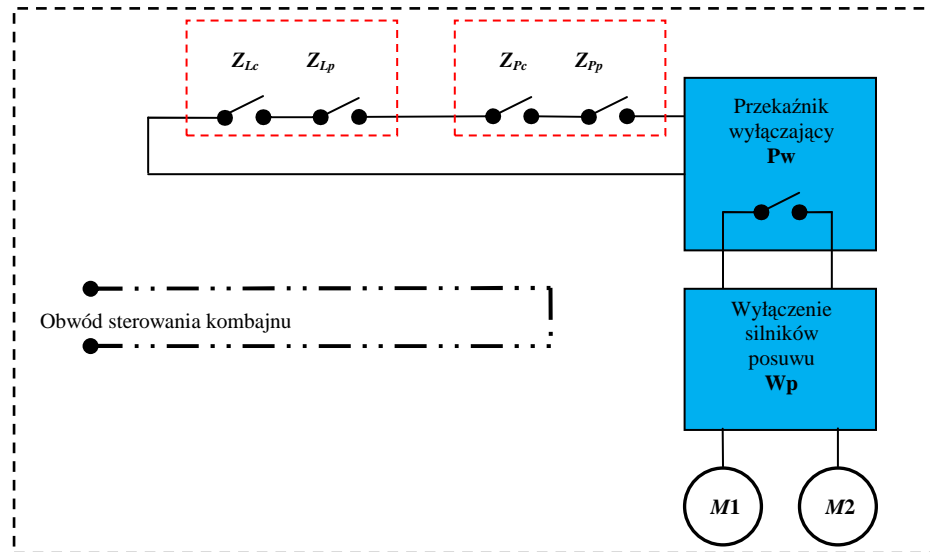
$$\{PFH_d(Pw) + PFH_d(Z_{Lc}) + PFH_d(Z_{Lp}); PFH_d(Pw) + PFH_d(Z_{Pc}) + PFH_d(Z_{Pp})\}$$

gdzie  $PFH_d$  – prawdopodobieństwo niebezpiecznego uszkodzenia na godzinę.

<sup>2</sup> Praca noży organów urabiających.

<sup>3</sup> 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:

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

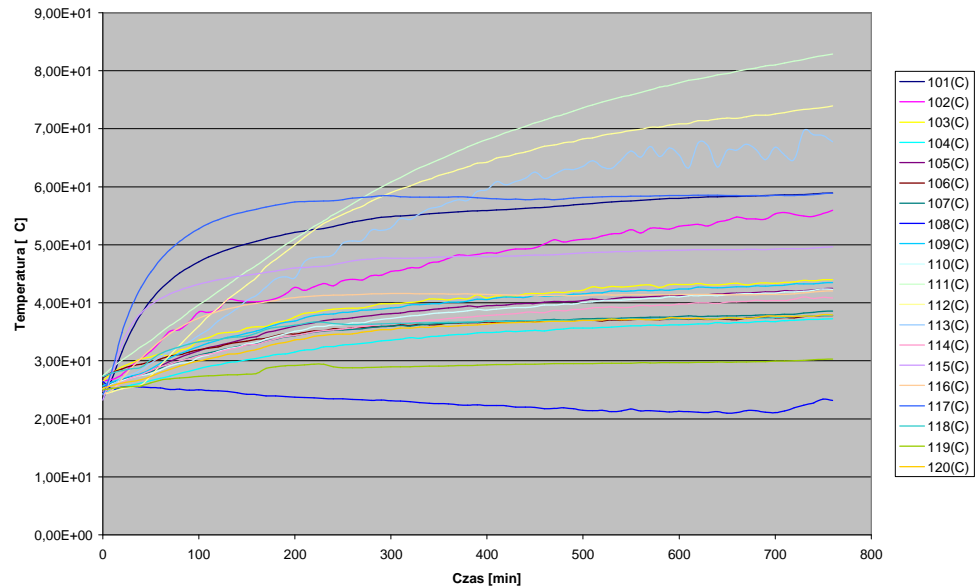
W przyjętej strukturze systemu kontroli i sterowania (wariant 2) zadziałanie układu wyłączenia silników posuwu  $Wp$  powoduje zatrzymanie kombajnu, tzn. przerwanie procesu urabiania. Należy rozważyć, czy konieczne jest równoczesne wyłączenie silników organów urabiających. Tego typu rozwiązanie systemu 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 cm<sup>2</sup> 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 nielektryczne 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.