

AUTOMATYCZNY SYSTEM MONITOROWANIA I SYGNALIZACJI ZAGROŻENIA POŻAROWEGO KOPAREK SRs 2000

AUTOMATIC SYSTEM OF FIRE HAZARD MONITORING AND SIGNALING IN SRs 2000 EXCAVATORS

Edward Sobczyński, Witold Jędrzychowski – Poltegor-Instytut IGO, Wrocław

Na przykładzie koparki SRs 2000 eksploatowanej w KWB Belchatów przedstawiono nowy kompleksowy system sygnalizacji pożarowej. System ten ma na celu możliwie wczesne wykrycie, lokalizację i sygnalizowanie oraz alarmowanie o pożarze w fazie jego powstania. Ochroną przeciwpożarową objęto pomieszczenia maszyn, w których panują warunki atmosferyczne zbliżone do warunków występujących w budownictwie oraz pomieszczenia technologiczne, trasy przenośnikowe w tym ruchome jego elementy. Wykonano to za pomocą dodatkowych podsystemów monitoringu zagrożenia pożarowego z układami wykorzystującymi liniowe czujki ciepła i bezprzewodowe czujki ciepła o parametrach technicznych i eksploatacyjnych odpowiadającym warunkom eksploatacyjnym i atmosferycznym zewnętrznym.

New, complex system of fire signaling has been presented on the example of SRs 2000 excavator exploited in KWB Belchatów. This system aims to detect, localize and signalize fire in its very early stage. Fire prevention system involves cabins where the atmospheric conditions are similar to indoor conditions. It also involves technological rooms and conveyor routes, mobile elements included. The system is constructed of additional subsystems of fire hazards monitoring. The subsystems use linear heat detectors and wireless heat detectors with technical and exploitation parameters similar to mining equipment exploitation conditions and outdoor conditions.

Wstęp

W dotychczas znanych układach sygnalizacji zagrożenia pożarowego na maszynach podstawowych w krajowych i europejskich kopalniach węgla brunatnego stosowane są zróżnicowane układy i systemy sygnalizacji pożarowej. Najbardziej rozbudowane wśród nich są automatyczne systemy alarmowe pożarowe (SAP) zbudowane w oparciu o centralę pożarową, czujki pożarowe (najczęściej dymu i ciepła) oraz ręczne sygnalizatory pożarowe. Automatyczne systemy pożarowe montowane są na nowobudowanych i modernizowanych maszynach. Systemy te mają na celu możliwie wczesne wykrycie, lokalizację i sygnalizowanie oraz alarmowanie o pożarze w fazie jego powstania.

Na starszych maszynach stosuje się ręczne układy sygnalizacji pożarowej składające się z ręcznych przycisków sterowniczych, które przez układ wykonawczy sterują lokalną sygnalizacją alarmową. Przyciski rozmieszczone są na drogach ewakuacyjnych maszyn, przy wejściach na maszynę i do rozdzielni elektrycznych, kabin operatorów itp. Umożliwiają one szybkie uruchomienie sygnalizacji alarmowej maszyny.

Systemy SAP zabezpieczają właściwie jedynie pomieszczenia maszyn, w których panują warunki atmosferyczne zbliżone do warunków występujących w budownictwie. Statystyki przyczyn występowania pożarów wskazują jednak, że główną przyczyną pożarów na maszynach podstawowych są wady urządzeń mechanicznych, a ma to miejsce poza pomieszczeniami chronionymi na maszynach przez system SAP [1]. Wśród największych pożarów, które przyniosły tragiczne skutki, główną przyczyną było tarcie taśmy przenośnikowej o zahamowane uszkodzone kładniki lub poślizg taśmy na bębnach. Stosowane dotychczas układy i systemy zabezpieczeń pożarowych maszyn podstawowych nie zabezpieczają tras przenośnikowych i nie-

dostępnych w czasie pracy pomieszczeń technologicznych, a obsługa maszyn nie jest w stanie zawsze zauważyć zagrożenie i uruchomić sygnalizację alarmową.

Poltegor-Instytut we współpracy z Politechniką Wrocławską i Kopalnią Węgla Brunatnego Belchatów podjął się opracowania kompleksowego systemu sygnalizacji pożarowej koparek. Cel ten starano się osiągnąć przez opracowanie, a następnie wykonanie systemu, w którym system alarmowania pożarowego SAP został rozbudowany o podsystemy sygnalizacji przeciwpożarowej tras przenośnikowych, pomieszczeń technologicznych i ruchomych elementów maszyn [2,3].

Ochronę pomieszczeń technologicznych, tras przenośnikowych i ruchomych elementów maszyn wykonano za pomocą dodatkowych podsystemów monitoringu zagrożenia pożarowego z układami wykorzystującymi liniowe czujki ciepła i bezprzewodowe czujki ciepła o parametrach technicznych i eksploatacyjnych odpowiadającym warunkom eksploatacyjnym i atmosferycznym w miejscu ich zabudowy [4]. W miejscach tych występują warunki zewnętrzne tj. temperatura pracy w granicach $-25^{\circ}\text{C} \div 85^{\circ}\text{C}$, wilgotność 100%, zmienne nasłonecznienie i ciśnienie oraz duże zapylenie, drgania mechaniczne i możliwe zakłócenia elektromagnetyczne. System opracowano dla modernizowanych w KWB Belchatów koparek typu SRs 2000.

Ogólny opis koparki SRs 2000

Koparka typu SRs 2000 (rys.1) jest maszyną dwuzespołową z taśmowym transportem urabianej masy o wydajności teoretycznej $6000 \text{ [m}^3/\text{h]}$, sprzężoną z przenośnikiem poziomym odbierającym poprzez wózek rzutowy. Zasadniczy zespół koparki, stanowi sześciogąsienicowe podwozie z podparciem trójpunktowym na trzech parach gąsienic oraz obrotowe nadwozie



Rys. 1. Koparka SRs-2000 - widok ogólny
Fig. 1. SRs 2000 excavator- general view

wyposażone w koło czerpakowe i przenośnik odbierający. Drugi zespół stanowi podawarka składająca się z mostu wyposażonego w przenośnik podający, wsparty obrotowo i wahliwie na dwugąsienicowym podwoziu. Pięć koparek tego typu pracuje w Kopalni Węgla Brunatnego Bełchatów i są wykorzystywane do urabiania zarówno nadkładu jak i węgla. Koparki zasilane są napięciem 30 kV, a moc zainstalowanych odbiorów elektrycznych na maszynach wynosi 5200 kW. Podstawowe dane techniczne koparki przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Podstawowe dane techniczne koparki SRs 2000
Tab. 1. Basic technological data of SRs 2000 excavator

Wysokość urabiania	30	m
Głębokość urabiania	6	m
Średnica koła czerpakowego	11	m
Napięcie zasilania	30	kV
Moc zainstalowana	5200	kW
Pobór prądu (nap. 30 kV)	77	A
Długość całkowita koparki	ok. 139	m
Wysokość koparki	40	m
Masa całkowita	2940	Mg
Stacje elektryczne	4	szt.
Kabiny operatorów	2	szt.
Pomieszczenia socjalne, szatnie, magazyny, warsztaty itp.	12	szt.

Zakres ochrony przeciwpożarowej koparki SRs 2000

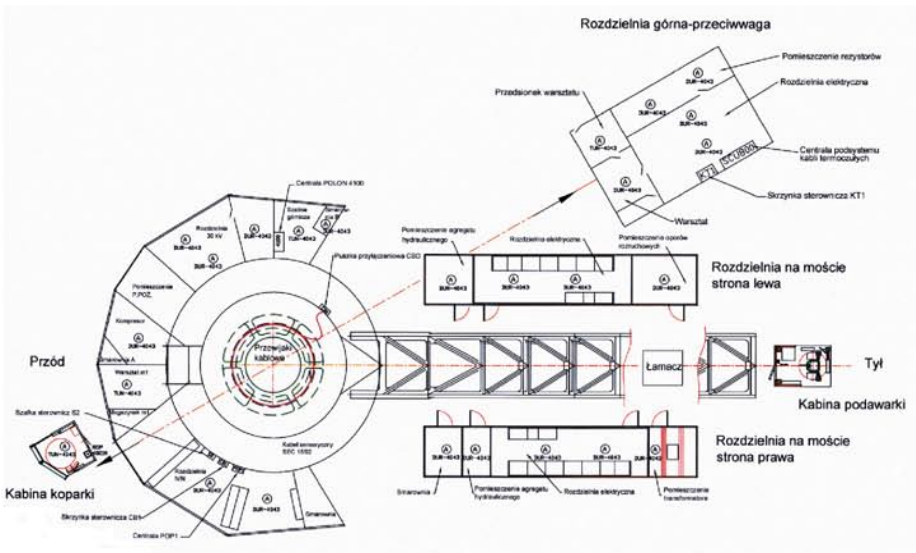
Automatyczną kontrolą zagrożenia pożarowego na koparce objęte zostały pomieszczenia stacji elektrycznych, kabiny operatora koparki i podawarki, pomieszczenia szatni, warsztaty mechaniczne i elektryczne, smarownie oraz przewijaki kablowe i bębny przenośnika II [5,6].

System alarmowy pożarowy SAP wykorzystany został do przekazywania informacji o zagrożeniu wystąpienia pożaru w pomieszczeniach koparki, w których panują warunki atmosferyczne zbliżone do warunków występujących w budownictwie (rys. 2). Do tego systemu podłączone są oddzielne samodzielne podsystemy wykrywania pożaru, które przeznaczone są do przekazywania informacji o zagrożeniu wystąpienia pożaru z pomieszczenia przewijaków kablowych i ruchomych bębnow przenośnika taśmowego nr II (rys. 3).

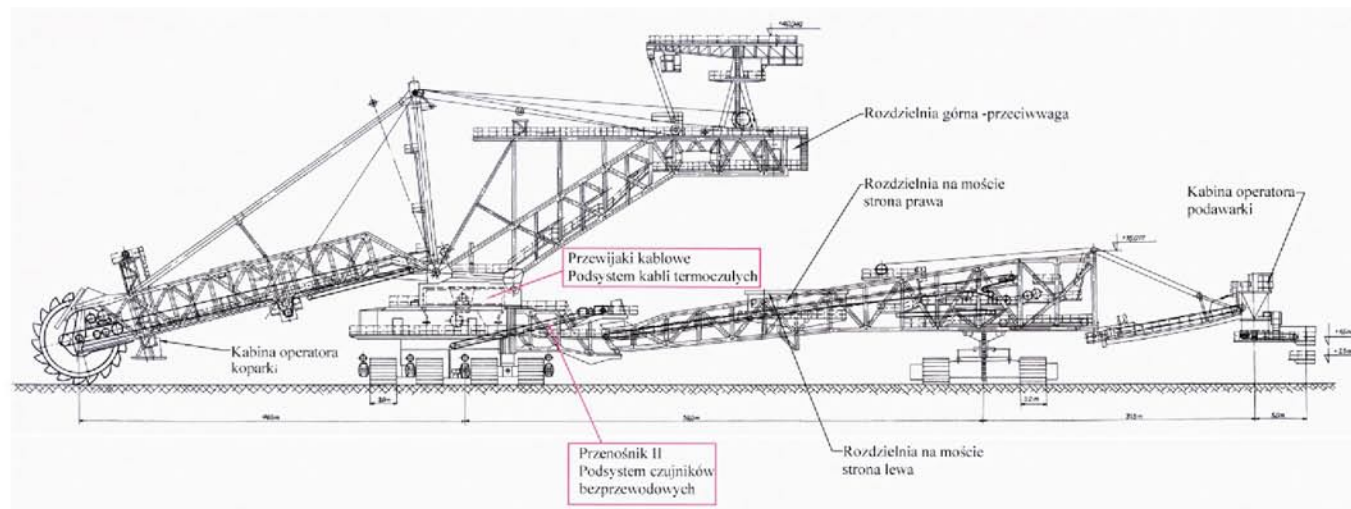
System alarmowy pożarowy SAP

System SAP składa się z zespołu urządzeń współpracujących ze sobą (kompatybilnych) takich jak: centrala sygnalizacji pożarowej CSP typu POLON 4100, czujki pożarowe dymu i ciepła DUR i TUN, ręczne ostrzegacze pożarowe ROP i wielowięściowe elementy kontrolne typu EWK. Elementy systemu SAP przedstawiono na rysunku 4.

Centrala CSP jest wieloprocesorowym urządzeniem do programowania i funkcjonalności obsługi. Umożliwia podłączenie adresowalne pętle dozorowe. Centrala koordynuje pracę wszystkich urządzeń liniowych w systemie, a także podejmuje decyzję o zainicjowaniu alarmu pożarowego, wystawianiu urządzeń sygnalizacyjnych i przeciwpożarowych oraz o przekazaniu informacji do centrum monitorowania lub systemu nadzoru. Linie dozorowe centrali mogą pracować w układzie pętlowym lub otwartym (promieniowym). Pętlowy system pracy linii, w połączeniu z wbudowanymi izolatorami zwarć we wszystkich elementach liniowych, eliminuje uszkodzenia w instalacji w postaci przerwy lub zwarcia fragmentu linii. Ponadto centrala kontroluje i sygnalizuje przekroczenie dopuszczalnych parametrów rezystancji i pojemności przewodów linii dozorowej.



Rys. 2. Rozmieszczenie podzespołów systemu SAP na koparce SRs 2000
Fig. 2. Localization of SAP system elements in SRs 2000 excavator



Rys. 3. Dodatkowe podsystemy sygnalizacji zagrożenia pożarowego w pomieszczeniu przewijaków kablowych i przenośnik II
Fig. 3. Additional subsystems of fire hazard signaling in a cable winding room and conveyor II



centrala sygnalizacji pożarowej POLON 4100



ręczny ostrzegacz pożarowy ROP

czujka dymu DUR w rozdzielni elektr.

Rys. 4. Elementy systemu SAP zabudowane na koparce SRs 2000 nr 36 w KWB Belchatów

Fig. 4. Elements of SAP system located in excavator SRs 2000 No. 36 in Belchatów Brown Coal Mine

W centrali można utworzyć programowo strefy dozoru, którym przyporządkowuje się dowolne komunikaty użytkownika w postaci tekstu. W przypadku alarmu komunikaty te pojawią się na wyświetlaczu centrali, pozwalając obsłudze na szybką i precyzyjną lokalizację źródła pożaru. Graficzny wyświetlacz ciekłokrystaliczny oraz sposób prezentacji opcji programowych centrali w formie rozwijanego menu okienkowego zdecydowanie ułatwia komunikowanie się osoby obsługującej z systemem.

Centrala jest wyposażona w pakiet programowanych wyjść przekątnikowych, które wykorzystano do sterowania urządzeń alarmowych sygnalizacji pożarowej. Sygnały przekątnikowe doprowadzone są do układu sterowniczego sygnalizacji pożarowej maszyny. Z tego układu sterowane są sygnalizatory akustyczne znajdujące się w rejonie obrotnicy i szatni górniczej. Niezależnie od sygnalizacji zewnętrznej i miejscowej na pulpicie centrali sygnały przekątnikowe przesyłane są do obwodów wejściowych sterownika maszyny.

Czujki pożarowe dymu i ciepła zostały zainstalowane w adresowalnych, pętlowych liniach dozoru w pomiesz-

zczeniach maszyny. Czujki dymu stanowią podstawę instalacji wczesnego wykrywania pożarów, gdyż dym jest w większości przypadków pierwszą oznaką rozwijającego się pożaru. Uniwersalne czujki ciepła (zastosowane np. w szatni górniczej maszyny) mają wolniejszą reakcję na pożar, ale w pożarze, który emituje ciepło szybko i z małą ilością dymu mogą zadziałać przed czujnikami dymu. Czujka działa nadmiarowo - po przekroczeniu temperatury zadziałania i różniczkowo - przy gwałtownym przyroście temperatury.

Ręczne ostrzegacze pożarowe są przeznaczone do przekazywania informacji o pożarze do współpracującej centrali sygnalizacji pożarowej przez osobę, która zauważyła pożar i ręcznie uruchomiła ostrzegacz. Ręczne ostrzegacze pracują w pętach dozoru centrali interaktywnego systemu sygnalizacji pożarowej i montowane są wewnątrz i na zewnątrz pomieszczeń maszyny.

Wielowejściowe elementy kontrolne EWK przeznaczone są do kontroli stanów urządzeń sygnalizacji pożarowej. Pracują w adresowalnych liniach dozoru centrali CSP. Mają niezależne wejścia kontrolne wyprowadzone na łączówki. Urządzenia te w momencie przełączenia kontrolowanego styku na którymkolwiek z wejść, wysyłają do centrali sygnał alarmu technicznego lub sygnał alarmu w zależności od zaprogramowanego trybu podając dodatkowo numer wejścia, które zmieniło swój stan. Wielowejściowe elementy kontrolne EWK wykorzystano do podłączenia dodatkowych podsystemów sygnalizacji zagrożenia pożarowego.

Podsystem kabli termoczułych LiST

Podsystem kabli termoczułych przeznaczony jest do ochrony pomieszczenia przewijaków kablowych. Główne elementy układu LiST to kabel sensoryczny SEC 15/02, centralna jednostka sterująca typu SCU 800 i puszka przyłączeniowa CBO. Elementy podsystemu LiST przedstawiono na rysunku 5.

Kabel SEC 15/02 to szczelnie zamknięty kabel sensoryczny z półprzewodnikowymi czujnikami temperatury, które są połączone elektrycznie za pomocą płaskiego i giętkiego przewodu. Czujniki temperatury zatopione są w masie plastycznej (stanowiącej wypełnienie kabla), która otoczona jest aluminium ekranem chroniącym przed zakłóceniami elektromagnetycznymi. Bezhalogenowa powłoka kabla opóźniająca palenie się, uzupełnia szczelną strukturę kabla sensorycznego. Kabel mierzy



centralna jednostka sterująca SCU 800



kabel sensoryczny SEC 15



puszka przyłączeniowa CBO



przewody w przewijakach kablowych

Rys. 5. Elementy podsystemu LiST zabudowane w pomieszczeniu przewijaków kablowych koparki SRs 2000 nr 36 w KWB Belchatów
 Fig. 5. Elements of LiST subsystem located in a cable winding room in excavator SRs 2000 No. 36 in Belchatów Brown Coal Mine.

temperatury w przedziale -40°C do $+85^{\circ}\text{C}$ (przez krótkie okresy czasu do $+120^{\circ}\text{C}$), z dokładnością do $0,1^{\circ}\text{C}$. Kabel nie wymaga konserwacji i specjalnego zabezpieczenia, dlatego można go stosować w miejscach, do których nie ma dostępu lub jest on ograniczony w trakcie normalnej pracy.

Centrałka sterująca SCU 800 jest elementem nadzorującym system. Centrałka wykonuje cykliczny, co 10 sekund odczyt adresowanych czujników. Uzyskane w ten sposób wartości temperatury, analizuje w odniesieniu do różnych kryteriów alarmowych (ustawianych programowo). Jej zadaniem jest również zasilanie w energię elektryczną kabli sensorycznych. Alarm pożarowy jest generowany w przypadku przekroczenia progu maksymalnego lub wzrostu temperatury w określonej jednostce czasu. Alarmy są sygnalizowane za pomocą diod LED na panelu przednim. Informacje alarmowe poprzez styki bezpotencjałowe i adapter rezystorów AR-KT oraz wielowęsciowy element kontrolny EWK, który jest włączony do linii dozoru przesyłany jest do centrali sygnalizacji pożarowej POLON 4100. Do centrali POLON 4100 przesyłane są następujące sygnały:

- Sprawność (Gotowość) podsystemu,
- Alarm II stopnia – pożar w strefie PP - przód prawa strona obrotnicy,
- Alarm II stopnia – pożar w strefie PL przód lewa strona obrotnicy,
- Alarm II stopnia – pożar w strefie TP tył prawa strona obrotnicy,
- Alarm II stopnia – pożar w strefie TL tył lewa strona obrotnicy.

Kabel o długości 25 m zamocowano w pomieszczeniu obrotnicy kablowej koparki SRs 2000 na obwodzie o średnicy około 6 m do stalowej konstrukcji nad przewijakami i przewodami zasilającymi i sterowniczymi. Rozmieszczenie kabla sensorycznego przedstawiono na rysunku 5.

Podsystem bezprzewodowych czujników temperatury

Podsystem bezprzewodowych czujników temperatury przeznaczony jest do ochrony przenośnika II koparki. Główne elementy podsystemu to bezprzewodowe czujniki temperatury

BCT, bazowe stacje radiowe SB, centrałka POP1 i skrzynka sterownicza CB1. W skrzynce CB1 zabudowany jest koncentrator sygnałów dwustanowych KSD, adapter rezystorów AD-CB oraz element EWK, który podłączony jest do linii dozoru systemu POLON. Elementy podsystemu przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Elementy podsystemu bezprzewodowych czujników temperatury w czasie badań laboratoryjnych
 Fig. 6. Elements of wireless heat detectors subsystem during laboratory tests

Bezprzewodowe czujniki temperatury i stacje bazowe są przystosowane do pracy w przestrzeni otwartej, przy dużym zapyleniu i narażeniu na ciągłe oddziaływanie drgań i wibracji. Każdy z czujników posiada własny niepowtarzalny identyfikator, na podstawie którego układ jednoznacznie określa lokalizację ewentualnego alarmu. Jednostka sterująca zapewnia kontrolę sprawności całego układu i umożliwia dobór parametrów generowania alarmów. W momencie zasygnalizowania przez czujnik przekroczenia określonej wartości temperatury (lub jej przyrostu) stwarzającej zagrożenie pożarowe na odpowiednim (odpowiadającym określonej strefie dozoru) z 8 wyjść stykowym koncentratora zostanie wygenerowany sygnał alarmu. Każdorazowo komunikat z informacją o przyczynie alarmu zostanie wyświetlony na ekranie pulpitu operatorskiego. Wszystkie dane dotyczące diagnostyki układu oraz wystąpienia alarmów są rejestrowane w wewnętrznej pamięci.

Do centrali POLON 4100 przesyłane są następujące sygnały:

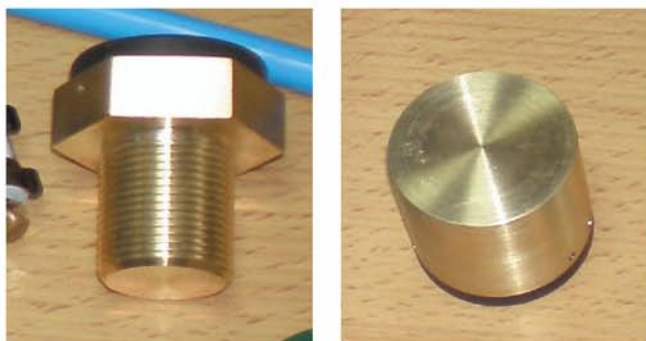
- Sprawność (Gotowość) podsystemu,
- Alarm II stopnia – pożar w strefie PP (przód przenośnika strona prawa),
- Alarm II stopnia – pożar w strefie PL (przód strona lewa),
- Alarm II stopnia – pożar w strefie TP (tył prawa strona),
- Alarm II stopnia – pożar w strefie TL (tył lewa strona).

Bezprzewodowe czujniki temperatury zostaną zamontowane na dennicy bębnow przenośnika II koparki SRs2000. Wykonano dwie wersje czujników, gwintowany oraz z magnesem stałym (rys. 7).

Czujnik gwintowany wkręcony jest do tulejki z gwintem przyspawanej do dennicy bębna, czujnik z magnesem umieszczony jest wewnątrz tulejki również przyspawanej do dennicy i przesuniętej o 180° w stosunku do czujnika gwintowanego.

Alarmowanie, linie dozoru

Na koparce SRs 2000 przyjęto alarmowanie jednostopniowe z jednokrotnym kasowaniem 40/60. Po zadziałaniu czujki



Rys. 7. Bezprzewodowe czujniki temperatury z gwintem oraz z magnesem
Fig. 7. Wireless heat detectors with thread and magnet

dymu lub ciepła centrala przez 40 s oczekuje na zadziałanie innej czujki w tej samej strefie. Jeżeli to nastąpi centrala sygnalizuje alarm II stopnia (pożar). W przeciwnym wypadku centrala kasuje czujkę, traktując jej zadziałanie za fałszywe i oczekuje na dalsze sygnały z obiektu. Jeżeli w ciągu następnych 60 s, w tej samej strefie zadziała ponownie ten sam element, centrala wywołuje alarm II stopnia. Brak ponownego zadziałania tego samego lub innego elementu w tej samej strefie w czasie 60 s powoduje, że centrala uzna poprzednie zadziałania za fałszywe. Zadziałanie ręcznego ostrzegacza pożarowego ROP lub jednego z podsystemów bezzwłocznie generuje alarm II stopnia.

Ochronę przeciwpożarową na koparce SRs 2000 realizuje się w dwóch pętlowych liniach dozoru z bocznymi odejściami do ręcznych ostrzegaczy pożarowych zabudowanych na zewnątrz pomieszczeń (przejścia i pomosty maszyny). Pierwsza

linia dozoru obejmuje pomieszczenia podwozia maszyny druga nadwozie maszyny. Druga linia dozoru doprowadzona jest do centrali pożarowej przez przewijaki kablowe. Wymagało to zamontowania dodatkowego przewodu sterowniczego ekranowego do wiązki przewodów sterowniczych maszyny w pomieszczeniu przewijaków. Wejście i wyjście dodatkowego przewodu z przewijaków kablowych podłączono do istniejących skrzynek przyłączeniowych S1 i S2, które zabudowano na koparce w czasie jej modernizacji.

Podsumowanie

Istotną cechą opracowywanego systemu sygnalizacji przeciwpożarowej koparki SRs 2000 jest pełna ochrona przeciwpożarowa koparki obejmująca zarówno pomieszczenia, w których panują warunki atmosferyczne zbliżone do warunków występujących w budownictwie oraz pomieszczenia technologiczne, przenośniki taśmowe i ruchome elementy maszyn (dotychczas niechronione) pracujące w warunkach atmosferycznych zbliżonych do warunków zewnętrznych.

Dodatkowe podsystemy sygnalizacji pożarowej dotyczą pomieszczeń niewidocznych dla obsługi w czasie pracy maszyny. Wejście obsługi do przewijaków kablowych całkowicie osłoniętych stalową obudową ma miejsce sporadycznie, a i przenośnik II maszyny jest w dwóch trzecich osłonięty konstrukcją koparki. Na maszynach, gdzie zastosowano pierścienie ślizgowe wejście do tego pomieszczenia w czasie pracy maszyny jest niemożliwe.

Literatura

- [1] Babiarz S., Dudek D., *Kronika awarii i katastrof maszyn podstawowych w polskim górnictwie odkrywkowym*. Wrocław, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej 2007
- [2] Alenowicz J., Sobczyński E., *Sterowanie maszyn podstawowych w kopalniach węgla brunatnego*. Konferencja KOM-TECH 2008, Szczyrk 2008
- [3] Alenowicz J., Sobczyński E., Tejszowski J., Woszczyński M., Kot D., Korotkiewski J., *Nowe rozwiązania systemów sterowania maszyn podstawowych w kopalniach węgla brunatnego*. Katowice, Kwartalnik Nr I/2008 Głównego Instytutu Górniczego 2008
- [4] Sobczyński E., *Koncepcja rozbudowy konwencjonalnych systemów sygnalizacji pożarowej o ochronę specyficznych dla górnictwa węgla brunatnego elementów maszyn*. Praca nie publ. Poltegor-Institut, Wrocław, 2010
- [5] Sobczyński E., Jędrzychowski W., *Kompleksowy system monitorowania i sygnalizacji zagrożeń pożarowych maszyn podstawowych*. Górnictwo Odkrywkowe nr 6, 2010
- [6] Sobczyński E., Jędrzychowski W., *Projekt wstępny kompleksowego systemu sygnalizacji pożarowej koparki SRs 2000*, Praca nie publ. Poltegor-Institut, Wrocław, 2011

Pracę zrealizowano w ramach projektu pt. *Mechatroniczny system sterowania, diagnostyki i zabezpieczeń w maszynach górnictwa odkrywkowego*, nr umowy UDA-POIG.01.03.01-00-043/08-00, zadanie 2.

Pracę realizowano we współpracy z Politechniką Wrocławską w ramach umowy o „Wspólnej realizacji projektu rozwojowego” z dnia 23.06.2008r. i Kopalnią Bełchatów w ramach umowy „O współpracy i rozwoju innowacyjnych technologii w przemyśle węgla brunatnego” nr umowy 244/2010

Artykuł recenzował dr inż. Jerzy Alenowicz
Rękopis otrzymano 16.08.2011 r. *2211