MASZYNY GÓRNICZE

4/2017

KWARTALNIK NAUKOWO-TECHNICZNY

MASZYNY GÓRNICZE
MINING MACHINES
4(152)2017

Kwartalnik naukowo-techniczny
Rok XXXV, grudzień 2017

Zespół Redakcyjny:

Redaktor Naczelny:
dr inż. Antoni Kozieł

Z-ca Redaktora Naczelnego:
dr inż. Edward Pieczora

Sekretarz Redakcji:
mgr inż. Romana Zając

Redaktor statystyczny:
dr inż. Jarosław Tokarczyk

Redaktor językowy:
mgr Anna Okulińska

Redaktorzy tematyczni:
dr hab. inż. Beata Grynkiewicz-Bylina, prof. nadzw. w ITG KOMAG
prof. dr hab. inż. Adam Klich
prof. dr hab. inż. Zdzisław Kłeczek
prof. dr hab. inż. Aleksander Lutyński
dr hab. inż. Stanisław Szweda, prof. nadzw. w Pol. Śl.
prof. dr hab. inż. Teodor Winkler

Wydawca:
Instytut Techniki Górniczej KOMAG
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice
tel. 32 2374 129
http://www.komag.eu

Redakcja nie zwraca nadesłanych artykułów i nie odpowiada za treść ogłoszeń i reklam.

Wersję elektroniczną wydawanego kwartalnika należy traktować jako wersję pierwotną.

OPEN ACCESS

CC BY NC

ISSN 2450-9442

Szanowni Państwo

Kończący się 2017 rok w górnictwie węgla kamiennego, pomimo wielu trudności, należy ocenić pozytywnie. Podjęte działania restrukturyzacyjne w sferze organizacyjnej i zatrudnienia oraz wzrost cen na międzynarodowych rynkach węgla skutkował zakończenie roku 2017 z zyskiem. Niestety, brak inwestycji w poprzednich latach, szczególnie w udostępnianie nowych złóż, może wpłynąć na spadek wydobycia węgla w nadchodzących latach. Jeżeli dodać do tego ciągle niedoskonałą organizację pracy, przejawiającą się m.in. w niewykorzystaniu dostępnego czasu pracy maszyn i urządzeń górniczych, to prognozy na lata przyszłe nie są obiecujące. Wspomina o tym w niniejszym numerze Jacek Korski z FAMUR-u S.A., zwracając uwagę na źródła poważnych strat czasu w procesie wydobywania węgla. Ze zmianami organizacyjnymi wiążą się również zagadnienia: monitoringu, diagnostyki i sterowania pracą maszyn. Poruszono je w artykułach dotyczących regulacji przenośnika ścianowego oraz zarządzania informacją o przebiegu eksploatacji maszyn i urządzeń górniczych, jak również w publikacji o inteligentnej sieci górniczej M-SmartGRID, umożliwiającej podejmowanie decyzji w różnych warunkach dostaw energii elektrycznej do zakładów górniczych. W kolejnej publikacji zwraca się uwagę na ciągle aktualne zagrożenie hałasem w zakładach przeróbki mechanicznej węgla. To tylko część problemów związanych z restrukturyzacją techniczną polskiego górnictwa, o których cyklicznie piszemy w Maszynach Górniczych.

Zachęcając do lektury ostatniego w tym roku numeru naszego kwartalnika, chciałbym złożyć wszystkim naszym Czytelnikom i Współpracownikom, w imieniu całego zespołu redakcyjnego, zdrowych i radosnych Świąt Bożego Narodzenia oraz wszelkiej pomyślności i sukcesów w nadchodzącym 2018 roku.

Redaktor Naczelny
dr inż. Antoni Kozieł

PROJEKTOWANIE I BADANIA

Korski J.: Obudowa skrzyżowania ściana-chodnik a możliwość zwiększenia efektywności procesu wydobycia węgla … 3

Lutyński A.: Zagrożenie hałasem w zakładach przeróbki mechanicznej węgla kamiennego …….. 15

TRANSPORT I ODSTAWA

Nieśpiałowski K., Wójcicki M., Rosa M.: Koncepcja urządzenia do czyszczenia wozów urobkowych …… 23

Szewerda K., Świder J., Herbuś K.: Wpływ regulacji wybranych parametrów przenośnika zgrzebłowego na stan jego pracy ……... 30

NAPĘDY I UKŁADY NAPĘDOWE

Jura J., Bartoszek S.: KOGASTER – instalacja elektryczna napędów spalinowych 41

SYSTEMY ZASILANIA, STEROWANIA, MONITORINGU I DIAGNOSTYKI

Jagoda J., Rogala-Rojek J.: Zarządzanie informacją o przebiegu eksploatacji maszyn i urządzeń w aspekcie zmian w aktach prawnych …… 52

Jura M., Rogala-Rojek J., Jasiulek D., Jendrysik S.: Inteligentna, górnicza sieć energetyczna M-SmartGRID …….. 64

DESIGNING AND TESTING

Korski J.: Face-end support and a possibility of increasing the coal extraction effectiveness 3

Lutyński A.: Noise hazard in hard coal mechanical processing plants 15

TRANSPORT AND CONVEYING SYSTEM

Nieśpiałowski K., Wójcicki M., Rosa M.: Concept of a cleaning device for run-of-mine transportation cars 23

Szewerda K., Świder J., Herbuś K.: Impact of the selected parameters' adjustment on operational conditions of flight-bar conveyor 30

DRIVES AND DRIVE SYSTEMS

Jura J., Bartoszek S.: KOGASTER – electric installation for diesel drives 41

SYSTEMS FOR POWER SUPPLY, CONTROL, MONITORING AND DIAGNOSTICS

Jagoda J., Rogala-Rojek J.: Management of information about maintenance of machines and equipment in the aspect of changes in law regulations 52

Jura M., Rogala-Rojek J., Jasiulek D., Jendrysik S.: M-SmartGRID, the mine smart power grid ……. 64

Obudowa skrzyżowania ściana-chodnik a możliwość zwiększenia efektywności procesu wydobycia węgla

dr inż. Jacek Korski
FAMUR S.A.

Streszczenie:

Często pomijanym aspektem efektywności wydobycia węgla systemem ścianowym jest stopień wykorzystania dostępnego czasu pracy kompleksu ścianowego, którego miernikiem jest czas pracy maszyny urabiającej. Jednym z powodów postojów kombajnu są niezbędne operacje technologiczne na końcach ściany na styku z chodnikami przyścianowymi. Problemy operacyjne i technologiczne związane z obudową chodników i obudową skrzyżowań oraz operacjami technologicznymi na końcach ściany są źródłem poważnych strat czasu. W artykule przedstawiono propozycję zmiany podejścia do mechanizacji skrzyżowania ściana-chodnik.

Abstract:

Availability of longwall system, measured by time on mining machine operation is often neglected aspect. Indispensable technical operations at the end of longwall panels at place of longwall contact with near-longwall roadways are often reason the shearer breakdown. Operational and technical problems associated with supporting the roadways and face-end are a source of significant losses of shearer operational time. Suggestion of changing the approach to mechanization of face-end supporting process is presented.

Słowa kluczowe: systemy ścianowe, efektywność wydobycia, skrzyżowanie ściana-chodnik

Keywords: longwall mining, coal extraction effectivity, face end operations in gateroads

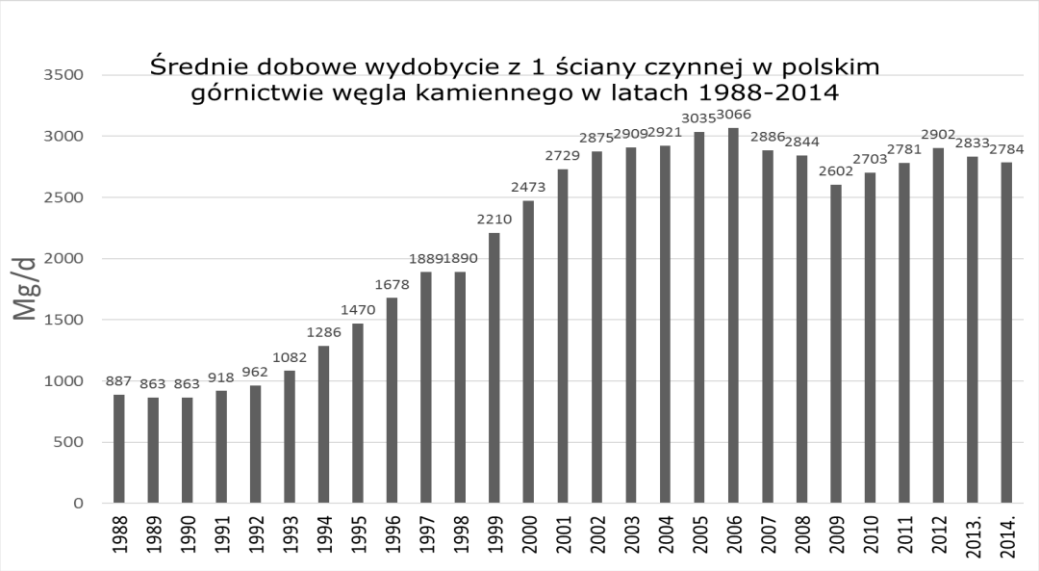
1. Wprowadzenie

Ścianowy system wydobycia węgla to systemy, które pozwalają na uzyskanie najwyższego wydobycia dobowego z jednego przodka [8]. W polskim górnictwie węglowym występuje swoista monokultura technologiczna w zakresie realizacji procesu wybierkowego – węgiel wydobywa się z w pełni zmechanizowanych (stosując terminologię oceny stopnia zmechanizowania – kompleksowo zmechanizowanych) Znane są w światowym górnictwie kompleksowo zmechanizowane przodki ścianowe wydobywające ponad 50000 Mg/d, a jako przyzwoity standard średniego poziomu wydobycia przyjmuje się 10000-12000 Mg. Tymczasem, po okresie intensywnej restrukturyzacji technicznej od 1989 roku polskie górnictwo węgla kamiennego od początku XXI wieku oscyluje wokół średniodobowego wydobycia z jednej ściany na poziomie około 3000 Mg/d (rys.1).

Szczególnie niepokojące jest przy tym występowanie kilku zaledwie ścian uzyskujących średnie dobowe wydobycie przekraczające wspomniany standard, ale jednocześnie znaczącą zawyżające średnią.

Jako podstawową przyczynę niskich wyników operacyjnych wskazuje się rosnącą głębokość eksploatacji pokładów węgla w polskich kopalniach węgla kamiennego i rosnący w związku z tym poziom zagrożeń górniczych, w tym skojarzonych. Można jednak zauważyć, że głębokość eksploatacji w Polsce rośnie systematycznie, a przez wiele lat wzrastało także średnie dobowe wydobycie ze ściany. Wykorzystując informacje dostępne we wprowadzonym przez FAMUR S.A. systemie diagnostyki i monitoringu E-kopalnia można wskazać przyczyny i ewentualne kierunku doskonalenia procesów wydobywczych w ścianach węglowych w warunkach polskich. Z chwilą wprowadzenia w polskim górnictwie węglowym

urabiania kombajnami bębnowymi (pod koniec lat 50-tych XX wieku) podjęto szereg prac, których celem była optymalizacja wykorzystania tych maszyn [6,10,11].



Rys. 1. Przeciętne średniodobowe wydobycie z 1 ściany czynnej w polskich kopalniach węgla kamiennego w latach 1988-2014 [opracowanie własne na podstawie [3]]

2. Czynniki wpływające na wydajność ściany

Bardzo często zdolność wydobywczą ściany wiąże się z potencjałem technicznym zainstalowanych maszyn i urządzeń – czyli ich techniczną wydajnością/produktywnością. Dlatego bardzo często stawia się je jako podstawowe wymaganie (warunek techniczny) w procedurze doboru i pozyskiwania tego wyposażenia. Pomija się przy tym fakt, iż wydajność czy produktywność jest wielkością rozliczaną w jednostce czasu (godzina, doba, rok) i, obok potencjału technicznego czynnikiem wpływającym na wydajność (w tym przypadku wydobycie dobowe ściany) jest stopień wykorzystania dostępnego czasu (np. doby).

Kluczowym elementem kompleksowo zmechanizowanej ściany wydobywczej jest maszyna wykonująca podstawowe operacje czyli urabianie i ładowanie urobku (współcześnie kombajn frezujący lub strug węglowy). Pozostałe urządzenia są elementami, których wydajność może ograniczać wydajność maszyny urabiającej, a postój powoduje także postój kombajnu lub struga.

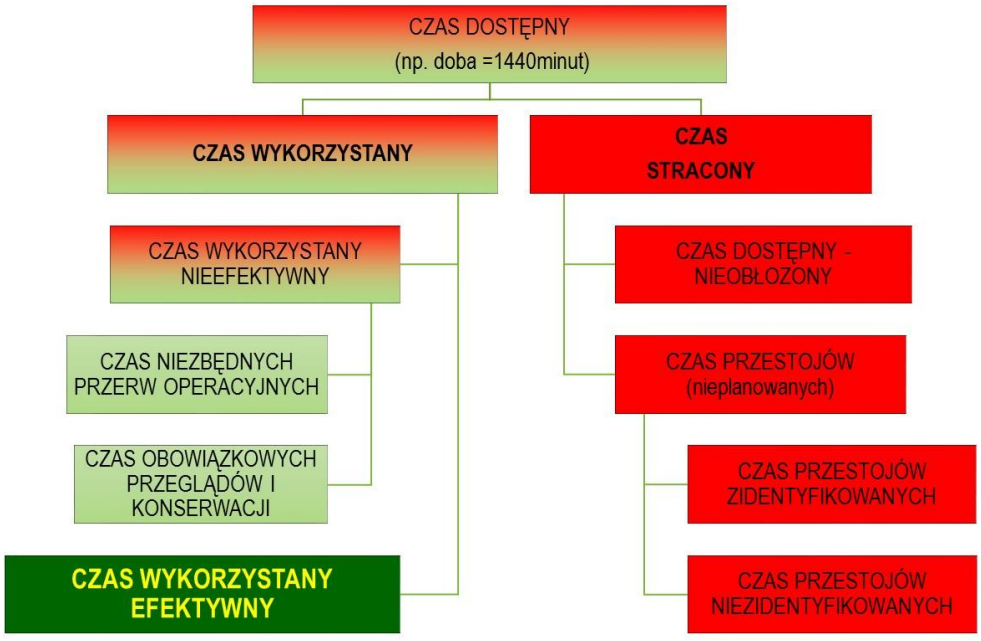
Rzeczywista wydajność ściany jest zazwyczaj niższa od potencjału technicznego ze względu na występujące ograniczenia jak:

- zaburzenia w zaleganiu pokładu,
- występujące zagrożenia (występujące zagrożenie metanowe jest często przyczyną zmniejszania prędkości urabiania kombajnem) [1].

Rys. 2. Czynniki wpływające na dobową wydajność kompleksowo zmechanizowanej ściany węglowej [opracowanie własne]

Czynnikiem ograniczającym potencjał techniczny ściany może być także stan techniczny urządzeń powodujący spowalnianie prędkości urabiania.

Rzeczywiste wykorzystanie dostępnego czasu (w okresie rozliczeniowym np. doba) jest więc iloczynem pokazanej na rysunku 2 rzeczywistej wydajności ściany (średnia wynikowa wydajność kompleksu) i rzeczywistego czasu urabiania maszyny urabiającej. Udział tego czasu w czasie dostępnym pokazano na rysunku 3 wraz z podstawowymi przyczynami powodującymi ograniczenie tego udziału.



Rys. 3. Czas wykorzystany a czas dostępny kompleksowo zmechanizowanej ściany wydobywczej [4]

Wykorzystany czas efektywny ściany zmechanizowanej w polskich warunkach stanowi relatywnie niewielki udział w dostępnym czasie pracy (doba, miesiąc) i rzadko przekracza 20%. Jako podstawową przyczynę takiego stanu rzeczy przyjmuje się niską dyspozycyjność kompleksów ścianowych, co nie znajduje w pełni potwierdzenia np. z danych rejestrowanych w systemie diagnostyki i monitoringu E-kopalnia opracowanego w FAMUR S.A. Duży udział w czasie dyspozycyjnym ma czas nieplanowanych przestojów (obejmujący nie tylko awarie całego tzw. ciągu technologicznego, ale także przestoje z przyczyn organizacyjnych i np. zadziałanie systemów bezpieczeństwa – metanometrii automatycznej). Często zdarza się, że ściany nie wykorzystują dostępnego czasu ze względu na brak załogi (jako błąd należy też wskazać prowadzenie ścian w warunkach zagrożenia metanowego lub tąpaniami z interwałem czasowym w postaci zmian nieobłożonych). Nadrzędnym postulatem musi być dążenie do eliminowania czasu traconego lub jego istotnego ograniczania. Istnieją także ograniczenia w efektywnym wykorzystaniu, pomniejszonego o czas tracony, czasu dostępnego. W systemach kompleksowo zmechanizowanych konieczne są okresowe przeglądy, czy prace konserwacyjne urządzeń nawet sprawnych technicznie. Postulatem dla producentów wyposażenia jest zmniejszenie tego czasu bez ograniczenia dyspozycyjności maszyn. Proces wydobywczy w zmechanizowanej kompleksowo ścianie obejmuje także czas, kiedy występują niezbędne przerwy operacyjne w pracy systemu technicznego ściany związane m.in.:

- koniecznością wymiany elementów zużywających się (np. noże kombajnowe),
- roboty strzałowe w ścianie,
- postoje związane z przesuwaniem napędów ścianowego przenośnika zgrzebłowego i podścianowego.

Ostatnia grupa postojów, niezbędna ze względu na technologię wybierania jest, zwłaszcza w większości polskich kopalń węgla kamiennego, źródłem istotnej rezerwy wzrostu efektywności procesu wybierkowego w ścianie.

3. Niezbędne operacje technologiczne na skrzyżowaniu ściana-chodnik jako potencjał poprawy efektywności

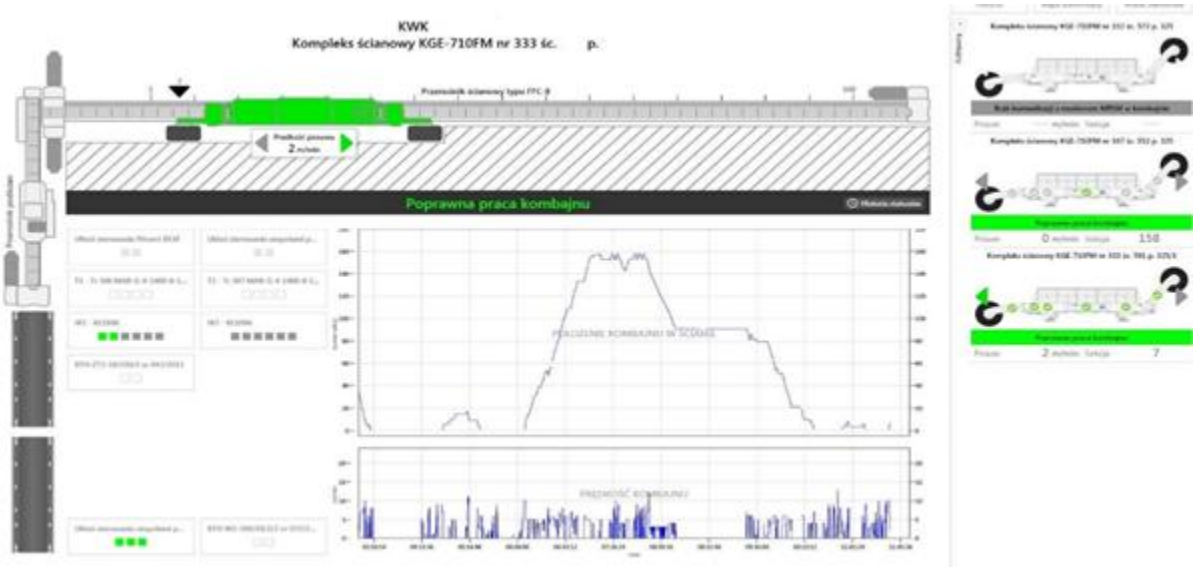
Na rysunku 4 pokazano przykładowy, rzeczywisty interfejs operacyjny (zrzut z ekranu) systemu E-kopalnia.

Przyjmując założenie, że maksymalna prędkość urabiania kombajnu wynikała z warunków lokalnych, należy zwrócić uwagę na bardzo duży udział czasu, kiedy kombajn „czekał” w sąsiedztwie chodników przyścianowych. Ten czas był znacząco dłuższy od czasu pracy kombajnu ścianowego z posuwem czyli efektywnej pracy.

W wysoko-wydajnych kompleksowo zmechanizowanych ścianach wielu krajów (m.in. Australia, USA, Chiny, Rosja) w chodnikach przyścianowych, gdzie stosuje się kotwienie stropu sekcje obudowy zmechanizowanej zamykają długość ściany między zewnętrznymi ociosami chodników przyścianowych i w istocie niemal nie występują przerwy operacyjne związane z przesuwaniem napędów (następuje zmniejszenie prędkości i zmiana kierunku ruchu kombajnu). Powoduje to znaczącą poprawę wykorzystania dostępnego czasu pracy.

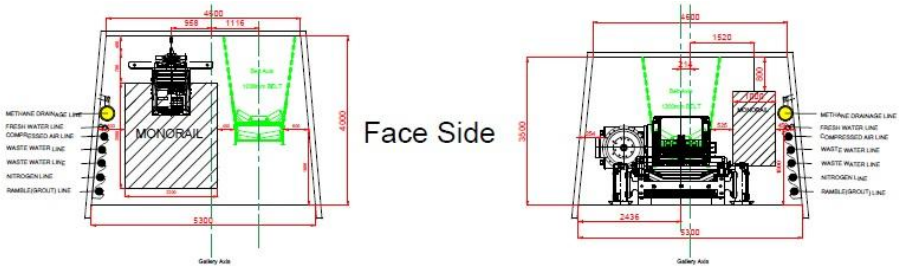
Można tu także wskazać przykład stosunkowo krótkiej ściany (142 m) w południowoafrykańskiej kopalni Matla, gdzie jedyną operacją technologiczną powodującą

zatrzymanie urabiania było uzupełnianie lub wymiana noży kombajnowych. Rozwiązania techniczne i organizacyjne zapewniały uzyskiwanie wydobycia od 425 do nawet 700 tys. Mg/mies.



Rys. 4. Przykładowy raport w systemie E-kopalnia oferowanego przez FAMUR S.A (zrzut z ekranu) – w środku pokazano przebieg pracy kombajnu, na dole - rozkład prędkości w czasie na zielono poprawną pracę kombajnu

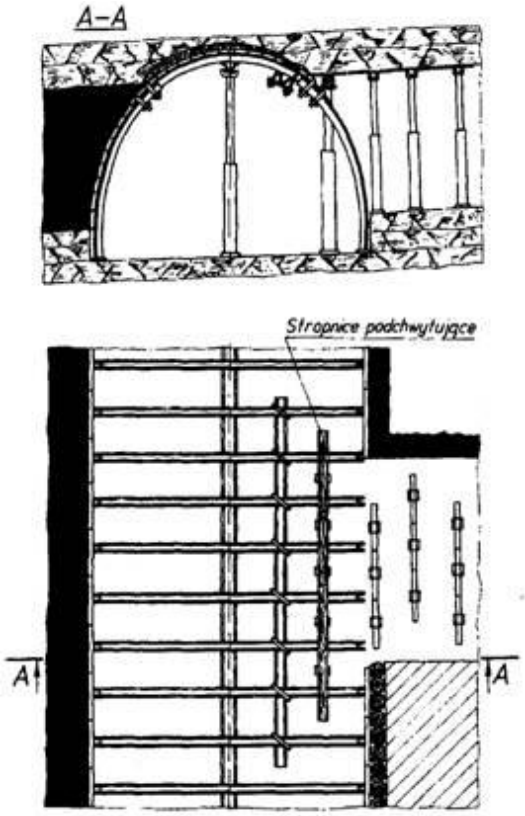
W górnictwie węglowym wielu krajów chodniki przyścianowe prowadzone są w obudowie podporowej (łukowej podatnej, innej metalowej prostokątnej lub trapezowej) (rys. 5).



Rys. 5. Przekroje chodników przyścianowych w metalowej trapezowej obudowie podporowej w jednej z kopalń tureckich [zapytanie ofertowe klienta]

Zastosowanie obudowy podporowej powoduje konieczność wykonywania dodatkowych czynności i operacji związanych z eliminacją konfliktów pomiędzy przemieszczającymi się urządzeniami ściany a obudową chodnika. Jest to źródłem wymuszonych postojów kombajnu. W polskich warunkach, lecz także w warunkach zagłębia donieckiego czynności związane z obudową ściana - chodnik są źródłem zagrożeń technicznych i niestety, wielu wypadków [9].

W warunkach polskich kopalń nadal stosuje się konwencjonalne obudowy skrzyżowania ściana-chodnik i przychodnikowej części ściany (rys. 6).



Rys. 6. Konwencjonalne rozwiązanie skrzyżowania ściana - chodnik [7]

W związku z poważnymi problemami związanymi z utrzymaniem skrzyżowań ściana-chodnik jako rozwiązanie wskazywano wprowadzenie zmechanizowanych obudów chodnikowych (rys. 7).

Rys. 7. Zmechanizowana obudowa chodnikowa produkcji FAMUR S.A. [14]

Zastosowanie kosztownych zmechanizowanych obudów podporowych na skrzyżowaniu ściana chodnik w niewielkim stopniu wpłynęło na poprawę efektywności i bezpieczeństwa.

Według zastosowanych rozwiązań zmechanizowana obudowa chodnikowa umożliwia mechanizację prac związanych z:

- podtrzymywaniem stropu wyrobiska w obudowie chodnikowej z wystarczają podpornością roboczą,
- przesuwaniem napędu (np. krzyżowego) krzyżowego przenośników wraz z postępem ściany,
- samoczynnym "przebudowywaniem" zestawu zmechanizowanej obudowy chodnikowej.

Wadą wszystkich zmechanizowanych obudów chodnikowych jest duża masa, duża długość i niska podatność transportowa.

W przypadku zastosowania podporowej obudowy chodnikowej w chodniku przyścianowym nie rozwiązano problemów związanych z demontażem stojaków łukowej obudowy podporowej w bezpośredniej bliskości skrzyżowania ściana-chodnik. Konieczność likwidacji chodnikowego w niewielkiej odległości za linią ściany ze względu na np. zagrożenie metanowe i podejmowane często próby odzyskania już zdeformowanej obudowy chodnikowej są także często przyczyną postojów. Czynność likwidacji obudowy chodnikowej w bardzo trudnym technologicznie miejscu jest także poważnym ryzykiem i przyczyną licznych wypadków.

4. Techniczne i organizacyjne możliwości usprawnienia operacji i czynności na skrzyżowaniu ściana-chodnik

Zastosowanie obudowy podporowej w chodnikach przyścianowych (np. stalowa obudowa łukowa czy inne obudowy stalowe) utrudnia wykonywanie operacji związanych z przemieszczaniem napędów przenośnika ścianowego, nawet w przypadku zastosowania zmechanizowanej obudowy chodnikowej. Stosowana w wielu krajach samodzielna obudowa kotwiowa chodników pozwala na pełną mechanizację na skrzyżowaniu ściana-chodnik. Nie wszędzie jednak występują warunki stosowania wyłącznie kotwienia stropu w chodnikach przyścianowych. Problemem jest także zabezpieczenie stropu pomiędzy sekcjami zmechanizowanej obudowy ścianowej i chodnikiem. Występowanie np. stropnic obudowy chodnikowej w świetle okna ściany uniemożliwia zastosowanie bocznych osłon wychylnych stosowanych powszechnie w obudowach zmechanizowanych w Rosji (także produkcji polskiej). Od wielu lat podejmowane są próby wprowadzenia specjalnych obudów przejścia ściana-chodnik, ale rozwiązania te nie rozpowszechniają się.

W tureckich podziemnych kopalniach węgla kamiennego od kilku lat, dla uniknięcia wyciągania stojaków metalowej obudowy chodnikowej (łukowej podatnej lub trapezowej sztywnej) przyjęto zasadę, że likwiduje się obudowę chodnikową kilka lub kilkanaście metrów przed frontem ściany zastępując ją stropnicami stalowo-członowymi podpartymi indywidualnymi stojakami hydraulicznymi (rys. 8).

Rys. 8. Przebudowa (wymiana obudowy chodnikowej na indywidualną stalowo-członową przed frontem ściany w tureckiej kopalni IMBAT [13]

Pozornie zbędna i pracochłonna operacja wymiany obudowy przed frontem ściany jest jednak bardzo efektywna ponieważ:

– zastosowanie indywidualnej obudowy stalowo-członowej upraszcza zabezpieczanie skrzyżowania w rejonie skrzyżowania ściana-chodnik (rys. 9),
– rabowanie obudowy stalowo-członowej za frontem ściany, ze względów technologicznych jest łatwiejsze i bezpieczniejsze niż demontaż typowej obudowy chodnikowej i wymuszanie zawału na lub za linią zawału ściany.

Rys. 9. Zabudowa skrzyżowania ściana-chodnik w jednej z kopalń tureckich [13]

Stosowane w tureckich kopalniach rozwiązanie ma jeszcze jedną zaletę – pozwala korygować wady wykonania chodnika przyścianowego przed frontem czynnej ściany. Bardzo częstą przyczyną postoju maszyny urabiającej w związku z operacjami na końcach ściany są wady jakościowe wykonania chodnika przyścianowego. Można tylko wskazać, że nie stosuje się podejścia procesowego [2,5], w którym drążenie wyrobisk przygotowawczych (chodnikowych) jest realizowane nie jako cel sam w sobie, ale na potrzeby wewnętrznego klienta realizującego później proces wybierkowy. W rozwiązaniu stosowanym w kopalniach tureckich, choć nie zmechanizowanym, rozwiązano i wyeliminowano lub ograniczono szereg problemów związanych z bezpieczeństwem i funkcjonalnością na skrzyżowaniu ściana-chodnik.

5. Inne spojrzenie na mechanizację skrzyżowania ściana-chodnik

Analizując w FAMUR S.A. zagadnienie mechanizacji operacji na skrzyżowaniu ściana-chodnik stwierdzono, że realizowane są w tych miejscach następujące funkcje:

- zabezpieczenie (podparcie) stropu w przestrzeni skrzyżowania,
- przemieszczanie znajdujących w strefie skrzyżowania maszyn i urządzeń ściany,
- zapewnienie swobodnego przepływu powietrza,
- zapewnienie swobodnego i bezpiecznego przejścia załogi,
- likwidacja lub zabezpieczenie chodnika przyścianowego za linią zawału ściany,
- ewentualne odzyskiwanie obudowy chodnikowej.

W czasie ruchu ściany może dojść do konieczności jednoczesnego wykonywania kilku czynności lub operacji w tym samym czasie i miejscu, co stanowi istotny konflikt i jest przyczyną postojów i ogranicza efektywny czas pracy ściany. Oznacza to bowiem konieczność szeregowego, kolejnego wykonywania poszczególnych czynności i wydłużenia sumarycznego czasu ich trwania i często oczekiwania przez kombajn.

W ramach prac nad rozwiązaniem zmechanizowanej obudowy skrzyżowania ściana-chodnik podścianowy w dwu-przenośnikowej ścianie podbierkowej (LTCC) z tylnym przenośnikiem kątowym (*roller curver)* analizowano także istniejące, podobne rozwiązania. Do chwili obecnej nie było rozwiązania obudowy chodnikowej dla dwu-przenośnikowych zmechanizowanych kompleksów podbierkowych z tylnym przenośnikiem kątowym. Istniejące rozwiązania obudów chodnikowych dla tego typu ścian w bardziej klasycznym układzie z przenośnikiem podścianowym cechowały się bardzo dużą złożonością, znaczną długością (konieczność zabezpieczenia dwóch sąsiadujących przesypów z przenośników ścianowych na wspólny przenośnik podścianowy (rys. 10). Bardzo duża była także masa takiego zestawu (np. rozwiązanie ZMJ – 85 Mg, rozwiązanie CAT – 92 Mg).

Efektywne zastosowanie takich obudów wymaga bardzo dobrych nośnych spągów ze względu na znaczną długość pożądanej prostolinijności chodnika.

Rys. 10. Przykład zmechanizowanej obudowy chodnikowej chodnika podścianowego dla dwu-przenośnikowej ściany podbierkowej [12]

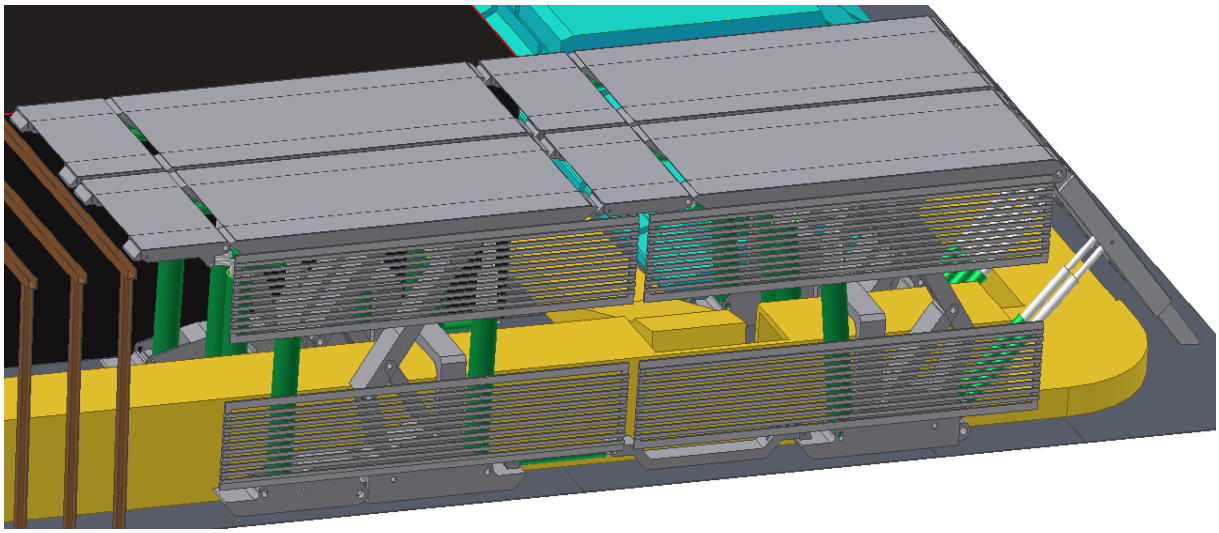
W pracach nad obudową chodnikową dla ściany podbierkowej z dwoma przenośnikami ścianowymi, w tym tylnym przenośnikiem kątowym w FAMUR S.A. postawiono jeszcze dodatkowe wymagania:

- musi istnieć możliwość wypuszczania węgla ze stropu także na szerokości chodnika podścianowego (dla zmniejszenia ilości rozkruszonego węgla pozostawionego w zrobach, który może ulec samozapaleniu),
- obudowa musi umożliwiać zabezpieczenie stropu i ociosów chodnika na odcinku gdzie uprzednio zdemontowano istniejącą obudowę chodnika,
- obudowa musi funkcjonalnie zabezpieczać strop i ociosy chodnika w miejscu i w czasie demontażu obudowy chodnikowej,
- należy rozważyć wprowadzenie urządzenia mechanizującego demontaż istniejącej obudowy w pewnej odległości przed frontem ściany.

W związku z zapytaniem klienta, który w swojej praktyce stosował obudowę chodnika w postaci stalowych odrzwi o przekroju trapezowy pierwszą koncepcję zmechanizowanej obudowy chodnikowej opracowano zgodnie z wymaganiami tego klienta. Dodatkowo klient postawił wymagania transportowe wynikające z dostępnych gabarytów klatki i dopuszczalnej masy transportowanych elementów (20 Mg).

W wyniku analiz opracowano system obudowy skrzyżowania spełniający wymagania klienta składający się z 4 niezależnych, choć powiązanych funkcjonalnie sekcji (rys. 11).

Modułowa obudowa, oprócz spełnienia wymagań transportowych, zmniejsza sztywność konstrukcji i pozwala łatwiej dostosowywać się do odchyleń w prostolinijności chodnika podścianowego. Konstrukcja modułów pozwala ich wykorzystanie także jako obudowy chodnika nadścianowego (wentylacyjnego).

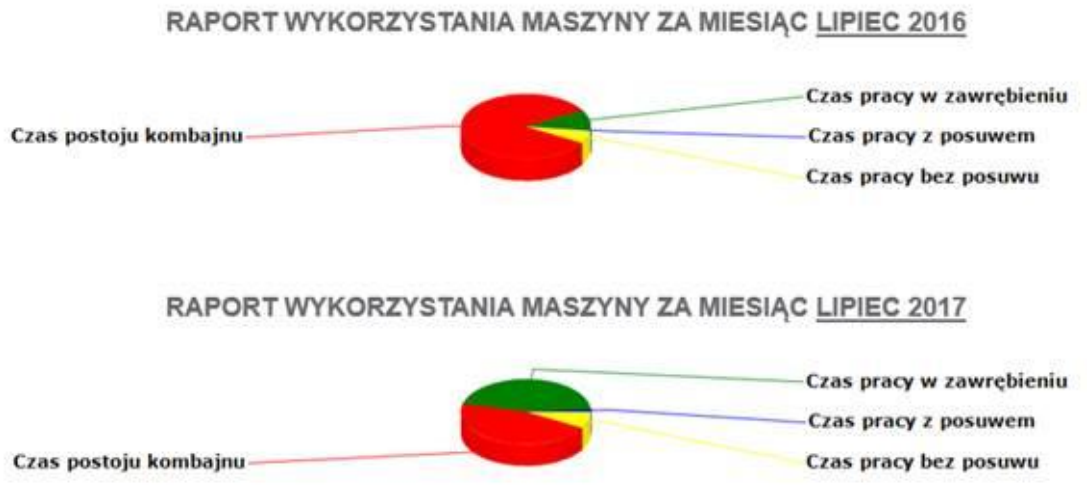


Rys. 11. Koncepcja zmechanizowanej obudowy dla dwu-przenośnikowej ściany podbierkowej z tylnym przenośnikiem kątowym [opracowanie własne]

6. Podsumowanie

Analizując operacje na skrzyżowaniu ściana-chodnik w polskich kopalniach węgla kamiennego należy także zwrócić uwagę na duży udział pracy ręcznej w tych operacjach przeczących w istocie pojęciu ściany kompleksowo zmechanizowanej czy kompleksowej mechanizacji.

Na rysunku 12 pokazano przykład zwiększenia udziału czasy efektywnej pracy tego samego kombajnu ścianowego w jednej z polskich kopalń po wprowadzeniu zmian o charakterze organizacyjnym i drobnych w obszarze technologii górniczych.



Rys.12. Poprawa efektywność wykorzystania czasu dostępnego kombajnu ścianowego [opracowanie własne w oparciu o dane archiwalne z systemu E-kopalnia]

W przykładzie, istotnemu skróceniu uległy przerwy w urabianiu wynikające z oczekiwania na zakończenie operacji na końcach ściany. Przedstawione na rysunku dane dotyczą tej samej maszyny, bez remontu pomiędzy analizowanymi miesiącami i w tej samej

ścianie. Udział efektywnego czasu pracy maszyny urabiającej – kombajnu (praca z posuwem i co najmniej 30% w stosunku do wartości nominalnej obciążeniem silników organów urabiających) w okresie rozliczeniowym wzrósł z 9,5% do 31% czas efektywnej pracy kombajnu. Potrojeniu uległo wydobycie ze ściany, przy tej samej obsadzie. Pokazuje to olbrzymi potencjał wzrostu produktywności przez eliminowanie strat czasu.

Ograniczenie czasu trwania niezbędnych operacji związanych z przemieszczaniem napędów przenośnika ścianowego wymaga działań związanych z rozwiązaniami technicznymi, technologiami górniczymi i rozwiązaniami organizacyjnymi. Najmniej kosztownymi są rozwiązania o charakterze organizacyjnym (np. rozsunięcie w przestrzeni lub/i w czasie operacji krzyżujących się – wykluczających się wzajemnie w tym samym miejscu i czasie.

Literatura

[1] Korski J., Korski W.: Bezpieczeństwo i efektywność ścian w warunkach zagrożenia metanowego. Wiadomości Górnicze 2016 nr 5 (R. LXVII)

[2] Korski J., Korski W.: Underground mine as a system of processes. „Mining – Informatics, Automation and Electrical Engineering" 2015 no 02 (electronic edition)

[3] Korski J., Tobór-Osadnik K., *Wyganowska M.:* Reasons of problems of the polish hard coal industry in connection with restructuring in period 1988-2014. Resources Policy 48, 2016

[4] Korski J.: Czas jako zasób a efektywność wydobycia. Przegląd Górniczy 2016 nr 8

[5] Korski J.: Czy podejście procesowe może podnieść efektywność polskiego górnictwa węgla kamiennego?. Materiały konferencyjne XXVI Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Kraków 22-24.02.2017

[6] Matuszewski J., Masarczyk J.: Metody usprawniania organizacji produkcji w ścianach węglowych. Wydawnictwo „Śląsk", Katowice 1976

[7] Ostrihansky R.: Podziemna eksploatacja złóż węgla kamiennego. „Śląsk" Spółka z o.o. Katowice 1996. ISBN 8371640161

[8] Piechota St.: Technika podziemnej eksploatacji złóż i likwidacji kopalń. AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2008. ISBN 9788374641319

[9] Prusek S.: Stateczność wyrobisk ścianowych podczas eksploatacji pokładów węgla kamiennego z zawałem skał stropowych. Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2016. ISBN 978836112698

[10] Przybyła H., Chmiela A.: Organizacja i ekonomika w projektowaniu wybierania węgla. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007. ISBN 9788373354203

[11] Zając E.: Organizacja produkcji w kopalni w kopalni węgla kamiennego. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice 1994. ISBN 8385623205

[12] Strona internetowa: www.woim-int.com

[13] Dokumentacja fotograficzna autora

[14] Dokumentacje oraz materiały FAMUR S.A.

Zagrożenie hałasem w zakładach przeróbki mechanicznej węgla kamiennego

prof. dr hab. inż. Aleksander Lutyński
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie:

W artykule omówiono zagadnienie zagrożenia hałasem w zakładach przeróbki mechanicznej węgla kamiennego. Opisano metodykę badań, aparaturę oraz przedstawiono wyniki badań natężenia dźwięku emitowanego przez wybrane maszyny i urządzenia układów technologicznych wzbogacania węgla na dwóch kopalniach. Dokonano krytycznej analizy wyników uzyskanych w badaniach oraz przedstawiono przykład ograniczenia oddziaływania hałasu na pracownika obsługi.

Abstract:

The article presents problems related to noise hazard in hard coal mechanical processing plants. Testing methodology, measuring equipment and the results of noise measurements emitted by selected equipment and machines in two coal processing plants are described. Critical analysis of the results and an example of reduction of maintenance staff exposure to noise are presented.

Słowa kluczowe: górnictwo, przeróbka mechaniczna, zagrożenie hałasem

Keywords: mining industry, mechanical coal processing, noise hazard

1. Wprowadzenie

Jednym z zagrożeń dla zdrowia, które występuje w zakładach przeróbki mechanicznej jest hałas emitowany przez maszyny i urządzenia pracujące w układach technologicznych wzbogacania węgla kamiennego. Zagrożenie zdrowia hałasem identyfikowane jest zgodnie z istniejącymi i obowiązującymi normatywami [7] i odnoszone do najwyższych dopuszczalnych natężeń dźwięku (NDN) w środowisku pracy, które podane są w [8, 9].

W środowisku pracy hałas definiowany jest przez [7]:

– ***równoważny poziom dźwięku - stopień ekspozycji na hałas w stosunku do ośmiogodzinnego dobowego wymiaru czasu pracy i harmonizującą mu ekspozycję tygodniową, $L_{EX,8h}$.*** W przypadku, gdy $L_{EX,8h} \geq 80$ dB na jego osobiste życzenie pracownika pracodawca jest zobligowany do udostępnienia mu środków ochrony przed hałasem. Zapewnienie pracownikowi środków ochrony przed hałasem jest obowiązkowe gdy $L_{EX,8h} \geq 85$ dB.

Poziom ekspozycji odniesiony do ośmiogodzinnego dnia pracy obliczany jest z zależności:

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,Te} + 10lg\frac{T_e}{T_0} \quad (1)$$

gdzie:

$L_{Aeq,Te}$ - równoważny poziom dźwięki A określony dla czasu ekspozycji T_e, [dB](A)

T_e - czas ekspozycji na hałas [s]

T_o – czas odniesienia (8 h = 28800s) [s]

Natomiast poziom ekspozycji odniesiony do tygodnia pracy obliczany jest z następującej zależności:

$$L_{EX,w} = 10lg\left|\frac{1}{n}\sum 10^{0,1(L_{EX,8h})i}\right| \quad (2)$$

gdzie:

i - kolejny dzień ekspozycji na hałas [-]

n – liczba dni roboczych w rozpatrywanym tygodniu [-]

- ***szczytowy poziom dźwięku C - L_{Cs},*** dotyczy dźwięków impulsowych - podczas przekroczenia wartości 135 dB pracodawca jest zobowiązany wprowadzić środki ochrony przed hałasem.
- ***maksymalny poziom dźwięku A - L_{Amax},*** podczas przekroczenia wartości 115 dB pracodawca jest zobowiązany wprowadzić środki ochrony przed hałasem.

W celu identyfikacji zagrożenia hałasem, a następnie prowadzenia profilaktyki przeciwhałasowe wykonywane są systematycznie badania emisji dźwięku na poszczególnych stanowiskach pracy. Efekty działań profilaktycznych dostrzegalne są w statystykach chorób zawodowych pracowników tych zakładów, które zanotowano na przestrzeni kilkunastu lat. Wyniki te pokazano w [3]. Przedstawione dane jednoznacznie wskazują na istotną, pozytywną zmianę w ograniczeniu zagrożenia hałasem w zakładzie przeróbki mechanicznej węgla kamiennego. Skutki tego zagrożenia, przejawiające się w notowanej, wysokiej liczbie zachorowań na chorobę zawodową (utrata słuchu), obserwowano w latach dziewięćdziesiątych. W latach dziewięćdziesiątych hałas był przyczyną choroby zawodowej, związanej z uszkodzeniem narządu słuchu, w blisko dziewięćdziesięciu procentach. W ostatnich latach istotnie spadła liczba zachorowań z wyżej wymienionego powodu, a w latach 2011 i 2012 dominującą przyczyną zachorowań na chorobę zawodową było zapylenie na stanowiskach pracy. Notowany istotny, bo ponad dziesięciokrotny, spadek zachorowań z powodu hałasu należy upatrywać we właściwie prowadzonej profilaktyce.

Mimo istniejącej poprawy sytuacji w omawianym zakresie konieczne są dalsze konsekwentne działania, w tym badania identyfikujące poziom emitowanego dźwięku przez maszyny poszczególnych stanowisk pracy oraz ocenę klimatu akustycznego w otoczeniu tych maszyn. W artykule przedstawiono wyniki takich badań przeprowadzone w dwóch zakładach przeróbczych w latach 2013 i 2014.

2. Metodyka pomiarów i użyta w nich aparatura

Pomiary natężenia dźwięku w zakładach przeróbki mechanicznej wykonywano w ramach prac dyplomowych magisterskich [1] i [2] zgodnie z zapisami norm: PN-EN ISO 9612:2011 [6] z wyłączenie punktu 10 i 11 i PN-N-01307:1994 [7]. W badaniach mierzono natężenie dźwięku L_{Aeq} na stanowiskach obsługi maszyn i urządzeń (na zewnątrz kabin i w kabinach), szczytowy poziom dźwięku C - L_{Cs} oraz maksymalny poziom dźwięku A - L_{Amax}. Stanowiska, których obsługa była potencjalnie zagrożona emisją hałasu, wytypowano arbitralnie uwzględniając aktualne dane z literatury przedmiotowej i wcześniej wykonywane badania w tym zakresie.

Podstawą oceny poziomu hałasu były wyniki trzykrotnych pomiarów na każdym wybranym stanowisku objętym badaniami podczas pracy danej maszyny lub urządzenia.

Średnie poziomy natężenia dźwięku $L_{Aeqśr}$ wyznaczono z zależności:

$$L_{Aeqsr} = 10\log\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} 10^{0.1L_{Aeq}} \tag{3}$$

gdzie:

$L_{Aeqśr}$ – średni poziom natężenia dźwięku [dB]

n – liczba pomiarów w serii [-]

L_{Aeq} – wynik pojedynczego pomiaru – równoważny poziom dźwięku A [dB].

Podstawę oceny szczytowego i maksymalnego natężenia dźwięku L_{Cs} i L_{Amax} stanowiły najwyższe spośród trzech notowanych wyników pomiarów.

Równoważny poziom dźwięku - stopień ekspozycji na hałas w stosunku do 8-mio godzinnego dobowego czasu pracy wyznaczono z zależności (1).

Do wyznaczania poziomu dźwięku emitowanego przez maszyny przeróbcze stosowano całkujący miernik poziomu dźwięku – Sonometr typu 2236 firmy Brüel & Kjær. Miernik ten posiada 1. klasę dokładności. Sonometr firmy Brüel & Kjær spełnia wymagania takich norm jak IEC 804, IEC 651, DRAFT S1.43-199X, a także ANSI-1983. Jest miernikiem umożliwiającym pomiar natężenia dźwięku zarówno na stanowiskach pracy, jak i w środowisku. Pozwala na pracę w temperaturze od -10°C do 50°C i do 30% wilgotności, bez wyników zniekształcenia pomiarów.

3. Wyniki pomiarów natężenia dźwięku na wybranych stanowiskach pracy

Wyniki badań przeprowadzonych w zakładach przeróbki mechanicznej dwóch kopalń węgla kamiennego, oznaczonych jako 1 i 2, zaprezentowano w tabelach od 1 do 5. W tabeli 1 przedstawiono przykładowo wyniki poszczególnych pomiarów natężenia dźwięku L_{Aeq}, $L_{Aeqśr}$, L_{Cs} i L_{Amax} na stanowisku obsługi młynów kulowych i rekuperacji w zakładzie przeróbki kopalni 1 [2]. W tabelach 2 i 4 zaprezentowane zostały średnie wyniki zbiorcze, które uzyskano z badań w dwóch zakładach przeróbki kopalni 1 i 2 [1], [2]. W tabelach tych, oprócz szczytowego poziomu dźwięku C, maksymalnego poziomu dźwięku A, i poziomu ekspozycji odniesionego do ośmiogodzinnego dnia pracy, podano przekroczenie tego poziomu oraz dopuszczalny czas pracy w zidentyfikowanych warunkach klimatu akustycznego. Czas ten obliczono z przekształcenia zależności (1). Przykład graficznego oszacowania tego czasu pokazano na rysunku 1.

W tabelach 3 i 5 zaprezentowano wyniki badań natężenia dźwięku w kabinach dźwiękoizolacyjnych, z których pracownicy obsługi prowadzili obserwacje i sterowali maszynami oraz urządzeniami przeróbczych układów technologicznych. W tabelach podano tylko poziom ekspozycji na hałas odniesiony do ośmiogodzinnego dnia pracy oraz przekroczenie tego poziomu.

Wyniki pomiarów natężenia dźwięku na stanowisku obsługi młynów kulowych i rekuperacji [2]

Tabela 1

Stanowisko	Mierzony parametr	Wyniki pomiarów [dB]			Podstawa oceny hałasu [dB]
		1	2	3	
Obsługa młynów kulowych i rekuperacji	L_{Aeq}	104,4	100,2	99,9	99,8
	L_{Amax}	104,0	103,2	103,8	104,0
	L_{Cs}	108,9	110,1	109,5	110,1

Wyniki badania ekspozycji na hałas na poszczególnych stanowiskach obsługi – KWK 1[2]

Tabela 2

Lp.	Stanowisko	Średni poziom ekspozycji $L_{EX,\ 8h}$ [dB]	Przekroczenie poziomu dopuszcz. [dB]	Maks. czas pracy [min]	Maks. poziom dźwięku L_{Amax} [dB]	Szczytowy poziom dźwięku C L_{Cs} [dB]
1	Młyny kulowe i rekuperacja	99,8	14,8	17	104,0	110,1
2	Przesiewacze PZ i taśmy	96,1	11,1	37	100,9	105,7
3	Przesiewacze odwadniające koncentrat	98,1	13,1	24	105,0	107,4
4	Pompownia cieczy ciężkiej	86,7	1,7	280	93,0	99,3
5	Pompownia płuczki miałowej	85,2	0,2	480	92,6	98,6
6	Pompownia Dorr'a	92,4	7,4	88	95,7	104,6
7	Filtry tarczowe	98,8	13,8	20	100,7	108,8
8	Przesiewacze klasyfikacji wtórnej	89,4	4,4	174	94,6	102,7
9	Przenośnik taśmowy	81,8	-	480	93,5	99,2
10	Taśmy przebiercze	88,5	3,5	110	93,4	102,5
11	Zbiornik kamienia	90,5	5,5	128	93,5	102,9

Wyniki badania ekspozycji na hałas w dźwiękoizolacyjnych kabinach obsługi – KWK 1 [2]

Tabela 3

Lp.	Stanowisko	Średni poziom ekspozycji $L_{EX,\ 8h}$ [dB]	Przekroczenie poziomu dopuszczalnego [dB]
1	Młyny kulowe i rekuperacja	76,3	11,3
2	Pompownia cieczy ciężkiej	75,5	10,5
3	Pompownia płuczki miałowej	77,2	12,2
4	Pompownia Dorr'a	72,4	7,4
5	Filtry tarczowe	91,6	26,6
6	Przesiewacze klasyfikacji wtórnej	65,7	0,7
7	Przenośnik taśmowy	75,3	10,3
8	Taśmy przebiercze	63,9	-

Wyniki badania ekspozycji na hałas na poszczególnych stanowiskach obsługi – KWK 2[1]

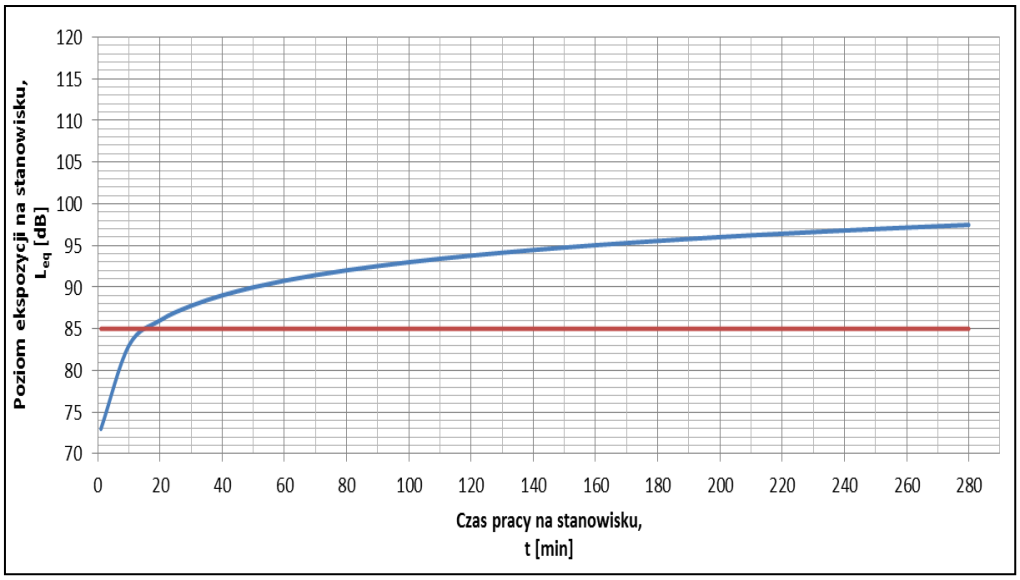
Tabela 4

Lp.	Stanowisko	Średni poziom ekspozycji $L_{EX,\ 8h}$ [dB]	Przekro-czenie poziomu dopuszcz. [dB]	Maks. czas pracy [min]	Maks. poziom dźwięku L_{Amax} [dB]	Szczytowy poziom dźwięku C L_{Cs} [dB]
1	Klasyfikacji wstępnej - podajniki i przesiewacze (1)	89,7	4,7	163	101,4	108,1
2	Przenośnik taśmowy	86,2	1,2	370	94,9	97,7
3	Przesiewacze (2)	90,0	5,0	152	98,2	102,4
4	Filtry tarczowe	87,4	2,4	274	94,0	99,3
5	Taśmy przebiercze	85,6	0,6	415	92,1	97,5
6	Pompy cieczy ciężkiej	86,3	1,3	342	95,2	99,8
7	Pompownia Dorr'a	86,8	1,8	314	97,1	100,8
8	Przesiewacze klasyfikacji końcowej	90,1	5,1	147	94,6	102,7
9	Przenośniki taśmowe – rejon klasyfikacji końcowej	85,7	0,7	406	93,5	99,2
10	Kruszarka kęsów	90,4	5,4	138	99,4	101,5
11	Przenośnik taśmowy - skip	86,5	1,5	336	94,8	99,9
12	Szczękowa kruszarka kamienia	87,0	2,0	302	98.8	102,1
13	Stożkowa kruszarka kamienia	88,5	3,5	213	102,3	105,1
14	Obsługa załadunku węgla	87,6	2,6	263	101,7	104,8

Wyniki badania ekspozycji na hałas w dźwiękoizolacyjnych kabinach obsługi – KWK 2 [1]

Tabela 5

Lp.	Stanowisko	Średni poziom ekspozycji $L_{EX,\ 8h}$ [dB]	Przekroczenie poziomu dopuszczalnego [dB]
1	Przesiewacze (2)	70,5	5,5
2	Rejon klasyfikacji końcowej	63,7	-
3	Przenośnik taśmowy - skip	77,2	12,2



Rys. 1. Poziom ekspozycji na stanowisku obsługi młynów kulowych i rekuperacji - czas pracy dla dziennego poziomu ekspozycji $L_{EX,8h}$ = 85,0 dB; t = 17 min [2]

Analizując wyniki uzyskane z badań stwierdzić należy, że poziom dźwięku emitowanego przez wybrane maszyny i urządzenia przeróbcze jest wysoki. Wprawdzie na wszystkich analizowanych stanowiskach pracy nie stwierdzono przekroczenia szczytowego poziomu dźwięku C i maksymalnego poziomu dźwięku A, jednak z dwudziestu pięciu stanowisk poddanych badaniu w przypadku dwudziestu czterech stwierdzono przekroczenia dopuszczalnego poziomu ekspozycji odniesionego do ośmiogodzinnego dnia pracy. Wynika z tego, że pracodawca, w myśl istniejących przepisów, jest zobowiązany do zapewnienia odpowiednich środków zabezpieczenia przed hałasem.

Badania przeprowadzone w ośmiu dźwiękoizolacyjnych kabinach wykazały, że tylko w dwóch z nich nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnego poziomu dźwięku. Zgodnie bowiem z istniejącymi przepisami [7] poziom ten dla kabin dyspozytorskich, obserwacyjnych i zdalnego sterownia nie powinien być wyższy niż 65 dB.

4. Podsumowanie

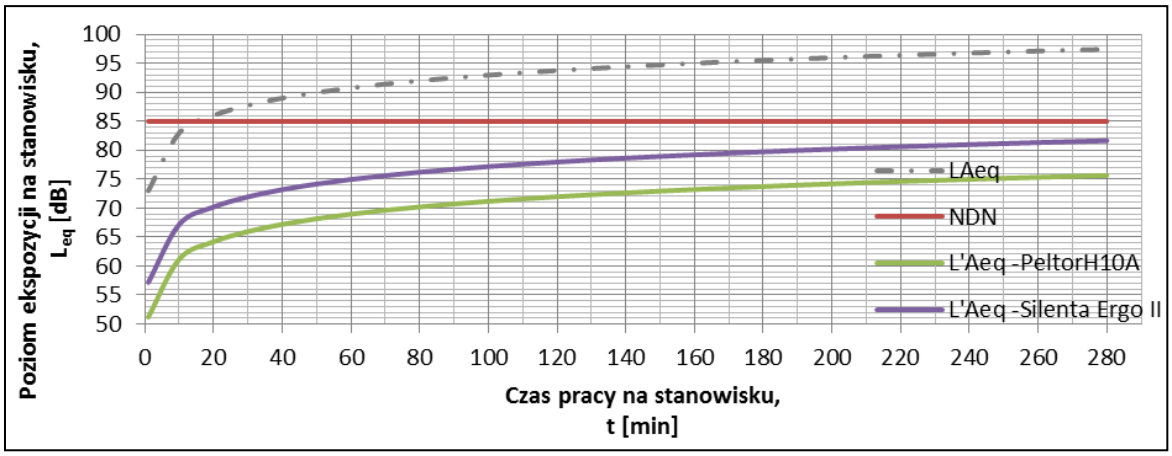
Przeprowadzone badania poziomu dźwięku na dwudziestu pięciu stanowiskach obsługi maszyn i urządzeń oraz ośmiu kabinach dźwiękoizolacyjnych w dwóch zakładach przeróbki mechanicznej kopalń i przeprowadzona analiza wyników wykazała, że mimo widocznej poprawy wykazywanej w statystykach chorób zawodowych, klimat akustyczny w zakładach przeróbki mechanicznej kopalń węgla kamiennego jest ciągle mało komfortowy. Walka z hałasem metodami technicznymi, poprzez pasywną lub aktywną redukcję emisji jego źródeł, przynosi ograniczone rezultaty. Wysoki poziom dźwięku emitowanego przez maszyny i urządzenia przeróbcze jest bowiem wynikiem specyfiki ich pracy.

Również wyniki działań organizacyjnych, jakimi są odsunięcie pracownika obsługi od źródła hałasu, umożliwienie mu obserwacji i sterowania pracą maszyn z kabiny dźwiękoizolacyjnej, nie przynoszą pożądanego rezultatu. Kabiny nie ograniczyły poziomu hałasu w stopniu pożądanym. Można przypuszczać, że wykonano je z nieodpowiednią

starannością, lub są one niewłaściwie użytkowane. Tylko odpowiednio zaprojektowane, przemysłowe kabiny dźwiękoizolacyjne, wykonane profesjonalnie, z użyciem właściwych materiałów dźwiękoizolacyjnych, mogą spełnić wymagania stawiane przedmiotowymi przepisami.

Najkorzystniejsze rezultaty w ograniczeniu oddziaływania hałasu na pracownika uzyskuje się stosując środki ochrony osobistej. Obecnie pracodawcy dysponują szeroką gamą środków ochronnych takich jak: wkładki przeciwhałasowe jednorazowego użytku, wkładki przeciwhałasowe wielokrotnego użytku, nauszniki pasywne i nauszniki z aktywnym układem redukcji hałasu [4]. Indywidualne ochronniki słuchu powinny być jednak odpowiednio dobrane do warunków i klimatu akustycznego środowiska pracy pod kątem tłumienia panującego hałasu. Służą temu odpowiednie metody, które opisano w [4].

Przykładem istotnego ograniczenia oddziaływania hałasu na pracownika, przez zastosowanie odpowiednich ochronników słuchu, jest cytowane powyżej stanowisko obsługi młynów i rekuperacji. Dla panujących na tym stanowisku warunków nauszniki ochronne dobrano stosując metodę HML. Szczegółowy sposób szacowania poziomu dźwięku A pod ochronnikami, za pomocą wymienionej metody, podany jest w normie PN-EN ISO 4869-2:2002 [5]. Graficzny obraz ograniczenia oddziaływania hałasu po zastosowaniu ochronników słuchu Pelthor H10A oraz Silenta Ergo, w porównaniu do sytuacji pokazanej na rysunku 1, przedstawiono na rysunku 2 [2].



Rys. 2. Poziomy ekspozycji na stanowisku obsługi młynów kulowych i rekuperacji po doborze nauszników ochronnych [4]

Z rysunku wynika, że oba typy nauszników ochronnych pozwalają na ośmiogodzinną pracę na analizowanym stanowisku. Użycie tych nauszników sprawia, że oddziaływanie hałasu, mimo wysokiego poziomu dźwięku emitowanego przez obsługiwane maszyny, nie jest szkodliwe dla pracownika obsługi.

Literatura

[1] Faroń J.: Analiza natężenia poziomu dźwięku na wybranych stanowiskach pracy w kopalni „X”. Praca dyplomowa magisterska Wydział Górnictwa i Geologii. Politechnika Śląska. Promotor: Lutyński A. Gliwice 2014 r.

[2] Gurst M.: Identyfikacja poziomu hałasu na poszczególnych stanowiskach technologicznych w wybranym zakładzie przeróbczym kopalni węgla

kamiennego. Praca dyplomowa magisterska Wydział Górnictwa i Geologii. Politechnika Śląska. Promotor: Lutyński A. Gliwice 2014 r.

[3] Lutyński A.: Zagrożenia metanem, pyłem i hałasem występujące w zakładach przeróbki mechanicznej kopalń węgla kamiennego. Monografia nr 16. Seria: Innowacyjne techniki i technologie mechanizacyjne. ISBN: 978-83-60708-96-5. Instytut Techniki Górniczej KOMAG. Gliwice 2016 r.

[4] Lutyński A.: Zwalczanie zagrożeń wywołanych przez metan, pył i hałas w zakładach przeróbki mechanicznej kopalń węgla kamiennego. Monografia nr 18. Seria: Innowacyjne techniki i technologie mechanizacyjne. ISBN: 978-83-65593-03-0. Instytut Techniki Górniczej KOMAG. Gliwice 2017 r.

[5] PN-EN ISO 4869-2:2002 Akustyka - Ochronniki słuchu - Część 2: Szacowanie efektywnych poziomów dźwięku A pod ochronnikami słuchu

[6] PN-EN ISO 9612:2011 Akustyka - Wyznaczanie zawodowej ekspozycji na hałas - Metoda techniczna

[7] PN-N-01307:1994 Hałas – Dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy - Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów

[8] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne (Dz.U. 2005 nr 157 poz. 1318)

[9] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. 2014 poz. 817)

Czy wiesz, że ....

...firma KOMATSU - znany producent maszyn i urządzeń, w tym dla górnictwa podziemnego - wdraża również systemy sterowania i kontroli dla kompleksów ścianowych stosowanych w kopalniach węgla kamiennego. Aparatura monitorująca pracę urządzeń zapewnia ich operatorom odpowiedni poziom bezpieczeństwa w ścianie wydobywczej. Najnowszym rozwiązaniem firmy w tym zakresie jest tzw. Centrum Zdalnego Zarządzania (ang. Remote Management Centre – RMC), które z bezpiecznej odległości umożliwia dostęp do wszystkich informacji krytycznych, dostarcza ponadto obrazy z kamer rozmieszczonych w ścianie oraz sygnalizuje stan kluczowych parametrów pracy urządzeń. System ten pozwala też obsłudze, w skrajnych sytuacjach, na przejście w tryb „ręcznego" sterowania i podejmowania decyzji z odległości na podstawie dostarczonych informacji i obrazów.

World Coal 2017 nr 9 s.21-24

Koncepcja urządzenia do czyszczenia wozów urobkowych

dr inż. Krzysztof Nieśpiałowski
mgr inż. Mateusz Wójcicki
Instytut Techniki Górniczej KOMAG
mgr inż. Marian Rosa
Polska Grupa Górnicza sp. z o. o.
oddz. KWK ROW Ruch Rydułtowy

Streszczenie:

Efektywność transportu urobku wozami kopalnianymi w istotnym stopniu zależy od ich rzeczywistej objętości. Wilgotny urobek przyklejając się do dna skrzyń wozów znacznie ją zmniejszając. Sposobem na uniknięcie tego problemu jest regularne czyszczenie wozów. W artykule przedstawiono urządzenie do czyszczenia skrzyń ładunkowych wozów urobkowych eksploatowanych w podziemnych wyrobiskach górniczych z podaniem założeń technicznych urządzenia oraz głównych jego podzespołów.

Abstract:

Efficiency of run-of-mine transportation by mining cars, depends mainly on their actually available volume. Damp run-of-mine when sticking to the bottom of the cars significantly reduces their available volume. A way of avoiding the problem is a regular cleaning of cars. Cleaning devices for load boxes of run-of-mine transportation cars used in mine workings with technical assumptions and main subassemblies of the device are presented.

Słowa kluczowe: górnictwo, transport urobku, wóz urobkowy, urządzenie czyszczące

Keywords: coal mining, run-of-mine transportation, run-of-mine transportation car, cleaning device

1. Wprowadzenie

W podziemnych wyrobiskach górniczych transport urobku prowadzi się przy pomocy przenośników taśmowych bezpośrednio w rejon podszybi szybów wydobywczych, lub pośrednio korzystając z odstawy urobku przy pomocy wozów kopalnianych. W przypadku wykorzystania wozów kopalnianych ich opróżnianie następuje w wywrotach. Ponieważ transportowany urobek zazwyczaj jest wilgotny w wyniku prowadzenia intensywnego zraszania na ciągach odstawy przenośnikowej, część transportowanego urobku przykleja się do dna skrzyni ładunkowej wozu. Powoduje to, że rzeczywista objętość skrzyni ładunkowej wozu urobkowego zmniejsza się. W związku z powyższym skrzynie ładunkowe wozów powinny być regularnie czyszczone. Jedną z metod w jaki może się to odbywać jest metoda mechaniczna poprzez wzruszenie i częściowe zeskrobanie przyklejonego urobku do dna skrzyni ładunkowej.

Mając na względzie aspekt ekonomiczny transportu urobku w ITG KOMAG podjęto prace nad urządzeniem do czyszczenia wozów urobkowych. Przewidziano, że konstrukcja urządzenia powinna być wykonana ze stalowych profili kształtowych. Natomiast mechanizm wzruszania i zeskrobywania przyklejonego urobku może być realizowany hydraulicznie, z wykorzystaniem emulsji olejowo-wodnej transportowanej rurociągiem zestawów sekcji obudowy zmechanizowanej.

Lokalizacja urządzenia powinna być przewidziana na głównych drogach przewozowych kopalnianej kolei podziemnej, a jego konstrukcja powinna zapewniać możliwość stosowania w pomieszczeniach ze stopniem „a”, „b” lub „c” niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz klasy „A” lub „B” niebezpieczeństwa wybuchu pyłu węglowego.

2. Założenia techniczne

Urządzenie do czyszczenia wozów urobkowych przeznaczone będzie do odspajania pozostałości urobku (przyklejonych do dna skrzyni ładunkowej), które nie zostały usunięte podczas procesu rozładunkowego. Urządzenie powinno umożliwiać w sposób mechaniczny, odspojenie urobku przylegającego do dna skrzyni ładunkowej wozów urobkowych tak aby istniała możliwość jego usunięcia podczas kolejnego cyklu rozładunkowego.

Budowa i sposób pracy urządzenia powinny umożliwiać jego zastosowanie w podziemnych wyrobiskach węglowych w strefach zagrożenia wybuchem metanu (pomieszczenia ze stopniem „a", „b", „c") i/lub pyłu węglowego (klasy „A" i „B") [1, 2, 5, 6].

W tabeli 1 przedstawiono parametry techniczne urządzenia do czyszczenia wozów urobkowych.

Parametry techniczne urządzenia do czyszczenia wozów urobkowych [opracowanie własne]

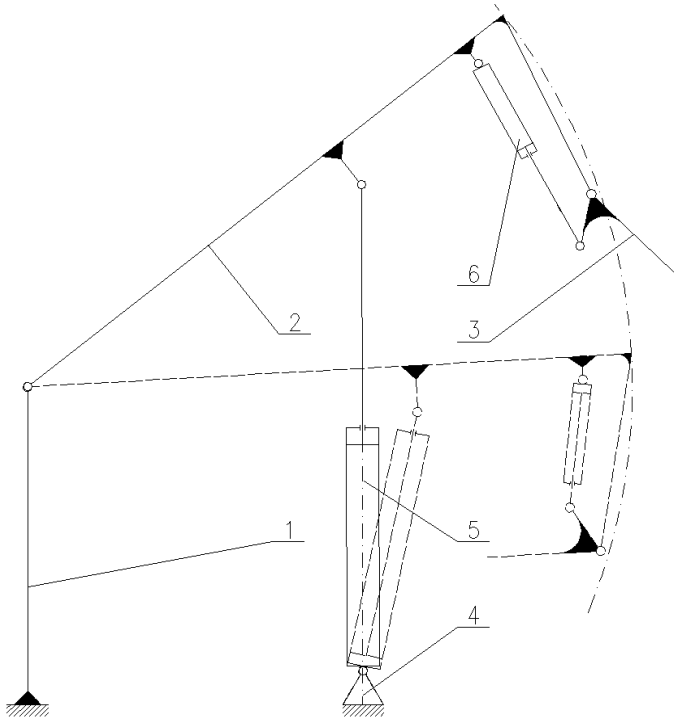
Tabela 1

Parametr	Jednostka	Wielkość
Ciśnienie zasilania	MPa	16 ÷ 25
Ciśnienie nastawy zaworu redukcyjnego	MPa	22
Sposób podłączenia zasilania	-----	gniazdo STECKO DN 10
Sposób podłączenia spływu	-----	gniazdo STECKO DN 10
Średnica nominalna przewodu zasilającego	-----	DN 10
Średnica nominalna przewodu spływowego	-----	DN 10
Zakres temperatury pracy	°C	0 ÷ +50
Maksymalna dopuszczalna wilgotność względna powietrza	%	100
Medium hydrauliczne	-----	2÷3% emulsja HFA
Dopuszczalna temperatura medium	°C	+5 ÷ +50
Temperatura otoczenia	°C	do 25

Urządzenie powinno współpracować z kolejką przetokową (np.: „Zabrze" lub innym systemem służącym do przemieszczania wozów po nawierzchniach torowych kopalnianej kolei podziemnej) oraz systemami elektrycznymi i elektronicznymi zabezpieczenia ruchu przewozowego.

3. Zasada działania urządzenia

Wóz urobkowy wtaczany jest za pomocą kolejki przetokowej do urządzenia czyszczącego i zatrzymany na wysokości wysięgnika zdzieraka. Napędzany hydraulicznie zdzierak zostaje opuszczony do wnętrza wozu i dociśnięty do jego dna. Następnie, kolejka przetokowa wprawia w ruch wóz urobkowy i w sposób mechaniczny, przyklejony urobek zostaje zeskrobany i pozostawiony na jego dnie. Po osiągnięciu tylnej burty wozu, zdzierak zostaje podniesiony, a wóz przetoczony poza urządzenie czyszczące. Zeskrobany z dna wozu materiał pozostaje w nim do czasu załadunku wozu urobkiem, po czym zostaje wysypany wraz z załadowanym urobkiem w wywrocie. Schemat kinematyczny urządzenia do czyszczenia wozów urobkowych przedstawiono na rysunku 1.

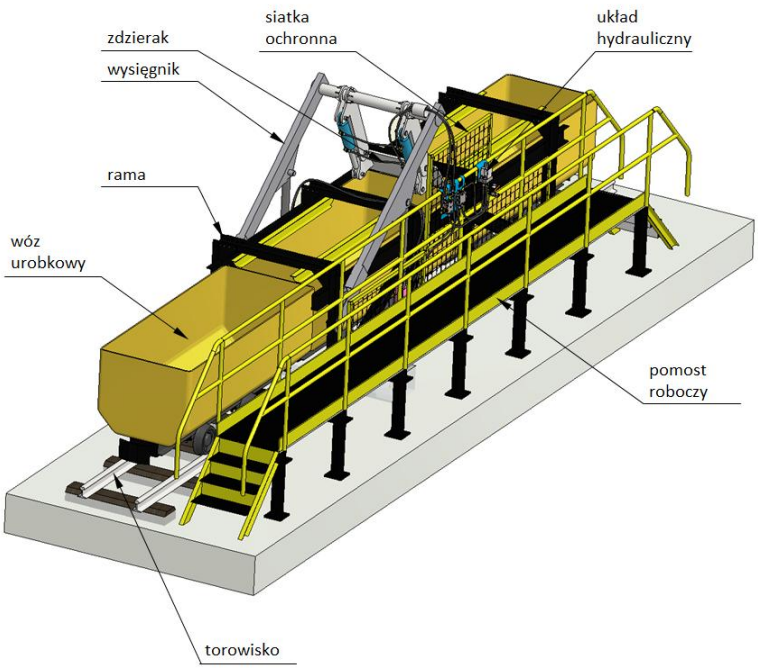


Rys. 1. Schemat kinematyczny urządzenia do czyszczenia wozów urobkowych [opracowanie własne]:
1 - rama, 2 - wysięgnik, 3 - zdzierak, 4 - podstawa montażowa cylindrów podnoszenia, 5 - cylinder hydrauliczny podnoszenia, 6 - cylinder hydrauliczny zdzieraka

4. Koncepcja urządzenia

Na rysunku 2 przedstawiono koncepcję urządzenia. Urządzenie składa się z następujących podzespołów:

- układu hydraulicznego,
- ramy,
- wysięgnika,
- zdzieraka,
- pomostu roboczego,
- podstawy montażowej cylindrów podnoszenia,
- siatek ochronnych.

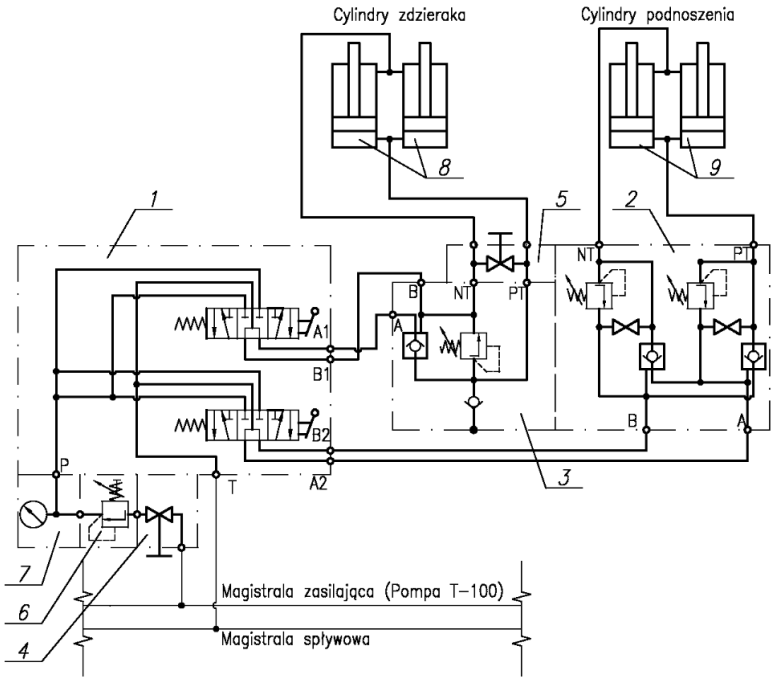


Rys. 2. Urządzenie do czyszczenia wozów urobkowych [opracowanie własne]

5. Układ hydrauliczny

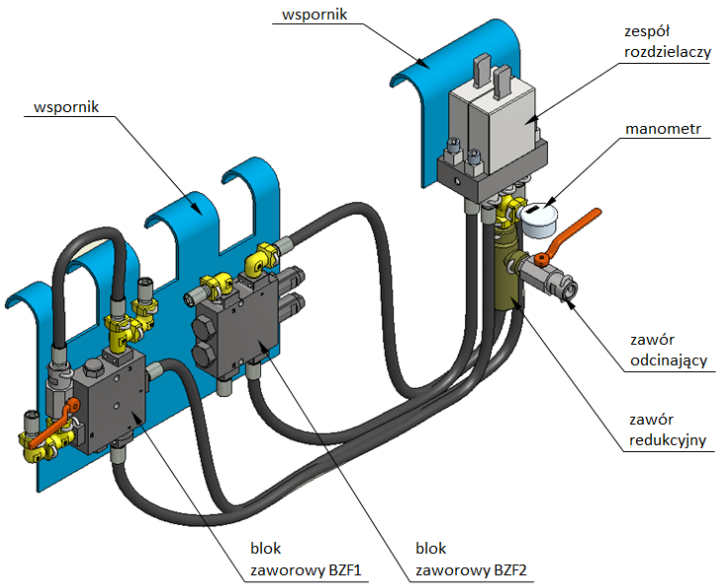
Hydrauliczny układ urządzenia do czyszczenia wozów urobkowych (rys. 3) może być zasilany z kopalnianej magistrali emulsji hydraulicznej lub indywidualnej pompy. Układ zostanie wyposażony w przelewowy zawór bezpieczeństwa. Po wykonaniu podłączeń hydraulicznych, urządzenie zostanie uruchomione poprzez przesterowanie zaworu odcinającego (poz. 4). Strumień cieczy pod ciśnieniem zostanie wówczas skierowany do zaworu redukcyjnego (poz. 6), stanowiącego zabezpieczenie przed przekroczeniem ciśnienia granicznego. Za zaworem redukcyjnym, w celu bieżącej kontroli wartości ciśnienia w układzie, zamontowano manometr (poz. 7). Następnie medium hydrauliczne kierowane jest do zespołu rozdzielaczy (poz. 1). Sterowanie rozdzielaczem odbywa się poprzez wychylanie jego dźwigni. W zależności od kierunku wychylenia dźwigni, ciecz hydrauliczna kierowana jest do przestrzeni pod- lub nadtłokowej cylindrów hydraulicznych, powodując ruch tłoczyska. Cylindry hydrauliczne utrzymywane są w zadanym położeniu (stopniu wysunięcia) dzięki zastosowaniu bloków zaworowych. W przypadku cylindrów zdzieraka (poz. 8), jest to blok zaworowy BZF1 (poz. 3). Blok będzie zabezpieczony przelewowo tylko dla jednego kierunku przepływu cieczy, gdyż obciążenie zdzieraka generowane będzie tylko na jedną stronę cylindra (efekt jednego kierunku przetaczania wozów urobkowych).

W przypadku wystąpienia awarii, w celu rozładowania ciśnienia w cylindrach zdzieraka, pomiędzy gałęziami podtłokową i nadtłokową zainstalowano zawór odcinający pełniący rolę zaworu „by-pass". Utrzymanie i zabezpieczenie stopnia wysuwu cylindrów hydraulicznych podnoszenia wysięgnika (poz. 9) reguluje blok zaworowy BZF2 (poz. 2). Posiada on zawory przelewowe dla obydwu kierunków przepływu medium hydraulicznego. Co więcej, posiada on możliwość ręcznego rozładowania ciśnienia w cylindrach hydraulicznych. Spływ medium hydraulicznego odbywa się bezpośrednio z rozdzielacza do magistrali spływowej lub zbiornika [7, 8].



Rys. 3. Ideowy schemat hydrauliczny urządzenia do czyszczenia wozów urobkowych [opracowanie własne]:
1 - zespół rozdzielaczy RB2, 2 - blok zaworowy BZF2, 3 - blok zaworowy BZF1, 4 - zawór odcinający,
5 - zawór odcinający, 6 - zawór redukcyjny, 7 - manometr, 8 - cylindry hydrauliczne zdzieraka,
9 - cylindry hydrauliczne podnoszenia wysięgnika

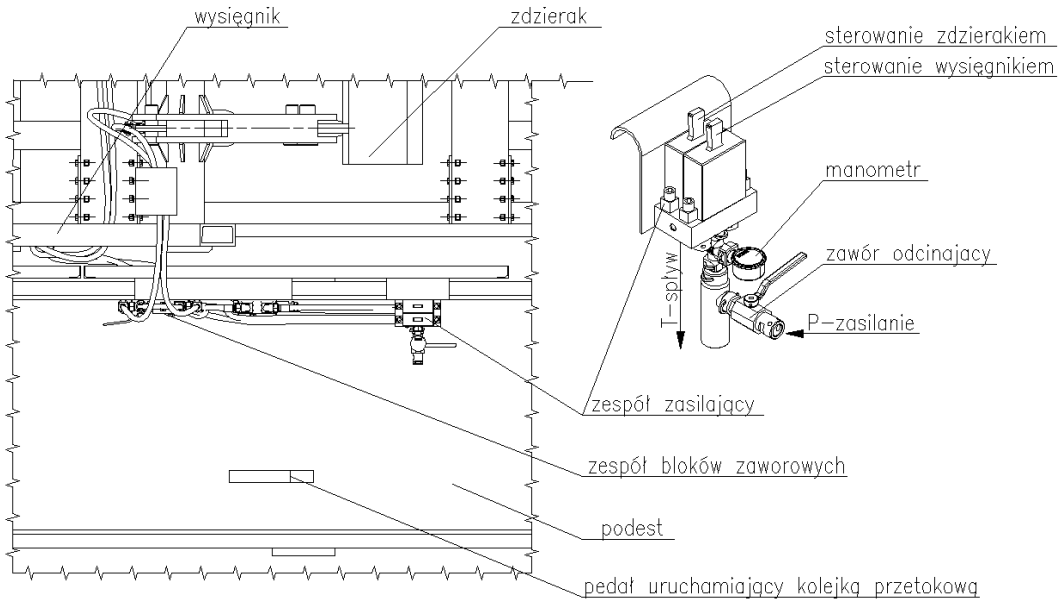
Na rysunku 4 przedstawiono model 3D hydraulicznego układu sterująco-zabezpieczającego.



Rys. 4. Model 3D hydraulicznego układu sterująco-zabezpieczającego [opracowanie własne]

6. Stanowisko operatora

Stanowisko operatora będzie znajdować się na pomoście roboczym, gdzie zostaną zamontowane dźwignie manipulacyjne układu hydraulicznego, wraz z zaworem odcinającym. Ponadto, na pomoście roboczym będzie zainstalowana dźwignia sterowania sprzęgłem kolejki przetokowej oraz pulpit sterowania systemem semaforów kopalnianych (oba urządzenia nie stanowią integralnej części urządzenia do czyszczenia wozów urobkowych). Pomost roboczy zostanie zabezpieczony przy pomocy barierek, a od przestrzeni roboczej urządzenia dodatkowo siatkami stalowymi. Założono, że pomost zostanie oświetlony. Fragment urządzenia z pokazanym stanowiskiem operatora na pomoście przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Fragment urządzenia z pokazanym stanowiskiem operatora na pomoście [opracowanie własne]

7. Podsumowanie

Na rynku nie ma urządzeń przeznaczonych do czyszczenia wozów transportujących urobek.

W artykule przedstawiono koncepcyjne rozwiązanie urządzenia do czyszczenia wozów urobkowych, eksploatowanych w podziemnych wyrobiskach górniczych.

Opierając się na Rozporządzeniu Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych. (Dz.U. 2017 poz. 1118) [1] oraz Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 29 stycznia 2013 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz.U. 2015 poz. 1702 i 2204 oraz Dz.U. 2016 poz. 949) [2] oraz właściwych normach [3, 4] zamodelowano urządzenie spełniające wymagania BHP, jak również mogące pracować w pomieszczeniach ze stopniem „a”, „b” lub „c” niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz klasy „A” lub „B” niebezpieczeństwa wybuchu pyłu węglowego.

Literatura

[1] Rozporządzeniu Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych. (Dz.U. 2017 poz. 1118)

[2] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 stycznia 2013 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych. (Dz.U. 2015 r. poz. 1702 i 2204 oraz Dz.U. 2016 poz. 949)

[3] PN-EN ISO 14122-3:2016-08 Bezpieczeństwo maszyn - Stałe środki dostępu do maszyn - Część 3: Schody, schody drabinowe i balustrady

[4] PN-EN ISO 14122-2:2016-08 Bezpieczeństwo maszyn - Stałe środki dostępu do maszyn - Część 2: Pomosty robocze i przejścia

[5] www.cza.republika.pl/zagrozenie%20metanowe.htm (8 sierpnia 2017)

[6] www.czek.eu/strona%20eksploatacji/strona%20zaszyfrowana/21.htm (8 sierpnia 2017)

[7] www.famur.com/grupa-famur/nasze-marki/--142.html (10 sierpnia 2017)

[8] www.tech-pol.com.pl (10 sierpnia 2017)

Czy wiesz, że ....

...w Norymberdze, w półtorarocznym cyklu, odbywają się największe w Europie targi POWTECH, związane z przemysłem materiałów sypkich i masowych. Tegoroczna impreza trwała od 26 do 28 września. Prezentowana na targowych stoiskach ekspozycja obejmowała urządzenia, technologie i najnowsze osiągnięcia związane z mechanicznymi procesami rozdrabniania, takimi jak: kruszenie, mielenie, segregacja wymiarowa, przesiewanie, fluidyzacja granulatów i materiałów sypkich, które wykorzystywane są w wielu różnych branżach. Na targach można było znaleźć rozwiązania m.in. dla przemysłu wydobywczego, chemicznego, spożywczego, materiałów budowlanych czy produktów farmaceutycznych. Jak podali organizatorzy, POWTECH 2017 odwiedziło ponad 14 tys. profesjonalistów związanych z branżą materiałów sypkich i masowych. W sumie na targach zaprezentowało się 835 wystawców z 29 krajów świata. Wystawcy spoza Niemiec stanowili w tym roku 39%, co jest nowym rekordem tej imprezy. Ekspozycja mieściła się na powierzchni 27,3 tys. m², w sześciu halach wystawowych. Na targach w Norymberdze wszystkie pokazane produkty, urządzenia i technologie reprezentowały najwyższy światowy poziom.

Powder & Bulk 2017 nr 7 s.7

Wpływ regulacji wybranych parametrów przenośnika zgrzebłowego na stan jego pracy

mgr inż. Kamil Szewerda
Instytut Techniki Górniczej KOMAG
prof. dr hab. inż. Jerzy Świder
dr inż. Krzysztof Herbuś
Politechnika Śląska

Streszczenie:

W długich przenośnika ścianowych, na skutek zmiennego obciążenia urobkiem oraz sprężystego wydłużenia łańcucha zgrzebłowego powstają stany okresowego lub stałego luzowania lub nadmiernego napięcia łańcucha. Stany takie często są przyczyną zerwania łańcucha. W celu poprawy stanu pracy opracowano algorytm sterowania wybranymi parametrami pracy przenośnika. W artykule przedstawiono modułowy model obliczeniowy ścianowego przenośnika zgrzebłowego, który posłużył do przeprowadzenia symulacji numerycznych. Przeprowadzono analizę wpływu regulacji wybranych parametrów pracy przenośnika na stan napięcia łańcucha zgrzebłowego. Wyniki symulacji potwierdzają możliwość poprawy stanu napięcia łańcucha poprzez regulację wybranych parametrów pracy przenośnika.

Abstract:

Due to changing the load of run-of-mine and elastic elongation of scraper chain in long armoured face conveyors (AFC), temporary or permanent loosening and tensioning during scraper chain operation occurs. Such situation often results with damage to the chain. In order to improve operation of the conveyor an algorithm for controlling its parameters was developed. Modular computational model of the AFC to conduct numerical simulation is presented in the paper. Analysis of the impact of controlling different operational parameters of the AFC on scraper chain tension is carried out. Results of the simulation confirm possibility to improve scraper chain tension through controlling different operational parameters of the AFC.

Słowa kluczowe: górnictwo, przenośnik zgrzebłowy, obliczenia numeryczne, algorytm sterowania

Keywords: mining, armoured face conveyor, numerical calculation, control algorithm

1. Wprowadzenie

Ścianowe przenośniki zgrzebłowe pracujące w przodkach wydobywczych poddawane są zmiennym obciążeniom o stochastycznym charakterze. Skutkuje to występowaniem dużych przeciążeń dynamicznych poszczególnych podzespołów przenośników, jak również sprężystych odkształceń łańcucha, co w efekcie wiąże się z występowaniem stanów luzowania lub jego dużego napięcia. Stany napięcia łańcucha są przyczyną wyżej wymienionych dynamicznych przeciążeń podzespołów przenośnika. Ograniczenie ich wpływu jest przedmiotem wielu prac badawczych w celu wprowadzania nowych rozwiązań technicznych w przenośnikach [1, 3, 4, 7]. W ostatnich latach opracowywano nowe systemy sterowania pracą przenośników ścianowych. Przykładem w tym zakresie jest opracowywany w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG algorytm sterowania wybranymi parametrami pracy ścianowego przenośnika zgrzebłowego [2, 5, 6], w którym regulacji poddawane są: wartości częstotliwości napięcia zasilania silników napędowych przenośnika oraz wielkość wysunięcia rynny teleskopowej, zabudowanej na napędzie zwrotnym przenośnika. Regulacja tych parametrów jest możliwa dzięki zastosowaniu dwóch niezależnych przemienników częstotliwości napięcia zasilania silników napędowych przenośnika.

W celu sprawdzenia funkcjonalności opracowanego algorytmu opracowano model obliczeniowy przenośnika typu RYBNIK 850, wyposażonego w dwa silniki napędowe, o mocy 315 kW. Model, po jego zweryfikowaniu posłużył do przeprowadzenia symulacji

numerycznych mających na celu: porównanie stanów napięcia łańcucha oraz sposobu współpracy silników napędowych, podczas pracy przenośnika ze zmiennym obciążeniem, w przypadku pracy bez regulacji oraz z regulacją wybranych parametrów. Podejście takie umożliwiło przeprowadzenie weryfikacji sposobu działania algorytmu sterowania, uwzględniając zmienne wartości tj.: długość przenośnika, sposób jego zabudowy czy charakter obciążenia. W niniejszym artykule zaprezentowano wyniki symulacji pracy przenośnika na upadzie o nachyleniu 30°, poddanego zmiennemu obciążeniu górnej nitki łańcucha zgrzebłowego i porównano stany pracy przenośnika w przypadku zastosowania układu sterowania i przypadku jego pominięcia [6].

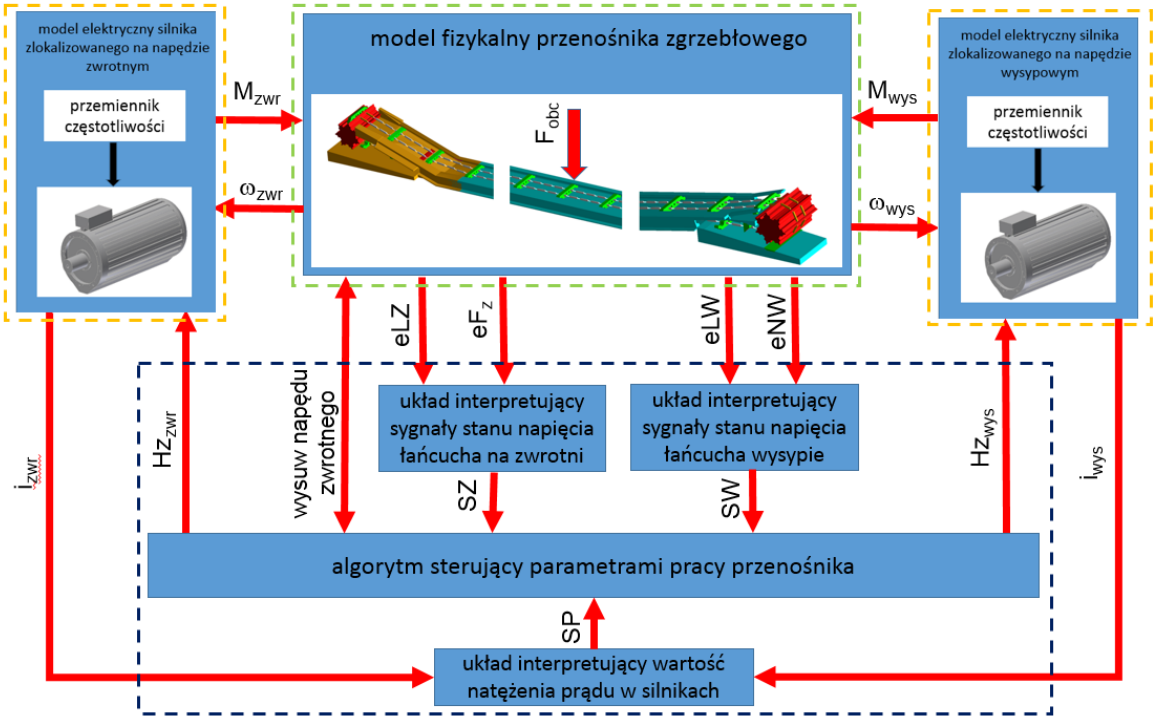
2. Model obliczeniowy przenośnika zgrzebłowego

Model obliczeniowy ścianowego przenośnika zgrzebłowego dzieli się na trzy części: model fizykalny przenośnika, model silników napędowych wraz z przemiennikami częstotliwości oraz model układu sterowania pracą przenośnika.

Model fizykalny przenośnika, oznaczony na rys. 1 zieloną, przerywaną linią, opracowano w środowisku programowym dedykowanym do analiz kinematyki i dynamiki układów wieloczłonowych. Zastosowano w nim wiele uproszczeń, w odniesieniu do rzeczywistego przenośnika, skupiając się na odwzorowaniu cech funkcjonalnych poszczególnych podzespołów przenośnika. Model obliczeniowy składał się ze sztywnych brył przedstawiających poszczególne podzespoły przenośnika ścianowego. Bryły połączono więzami geometrycznymi, elementami sprężysto – tłumiącymi oraz poprzez zdefiniowane własności kontaktów, określających interakcję pomiędzy wybranymi bryłami. Ponadto w modelu fizykalnym zdefiniowano wektory sił i momentów umożliwiające m.in. zadawanie zmiennego obciążenia górnej nitki łańcucha, podczas symulacji pracy przenośnika. Dodatkowo, w modelu tym zabudowano cztery przetworniki służące do detekcji stanu napięcia łańcucha zgrzebłowego. Przetworniki znajdowały się w miejscu zejścia łańcucha zgrzebłowego z bębnów napędowych: dwa przetworniki na napędzie wysypowym i dwa na napędzie zwrotnym przenośnika. Oba przetworniki zabudowane na napędzie wysypowym, były przetwornikami dwustanowymi, w których wystąpienie stanu wysokiego informowało o wykryciu obecności zgrzebła. Jeden z czujników służył do wykrycia stanu nadmiernego napięcia łańcucha na napędzie wysypowym, natomiast drugi do wykrycia stanu jego luzowania. Stan poprawnego napięcia łańcucha na, napędzie wysypowym, występował w sytuacji, gdy sygnały z obu przetworników przyjmowały niski stan. Na napędzie zwrotnym zabudowano również dwa przetworniki: jeden służący do detekcji stanu luzowania łańcucha oraz drugi do pomiar stopnia jego napięcia. Zasada działania przetwornika służącego do wykrywania stanu luzowania łańcucha, była taka sama, jak na napędzie wysypowym, a sygnał z tego przetwornika był sygnałem dwustanowym. Drugi z przetworników na napędzie zwrotnym służył do pomiaru siły nacisku zgrzebła, przemieszczającego się pod nim, na rynnę przenośnika. Na podstawie zmierzonej siły nacisku można było obliczyć siłę rozciągającą w łańcuchu zgrzebłowym [6].

Model silników napędowych, oznaczono na rysunku 1 przerywaną, pomarańczową linią. Został on opracowany w środowisku oprogramowania MatLab/SIMULINK. W modelu tym wyodrębniono dwa niezależne modele elektrycznych silników asynchronicznych, wraz z przemiennikami częstotliwości napięcia zasilania. Zastosowanie przemienników umożliwiło sterowanie prędkością obrotową silników, a tym samym zmianą prędkości ruchu łańcucha

zgrzebłowego. Ponadto, zastosowanie dwóch niezależnych przemienników częstotliwości, pozwoliło na wprowadzenie zróżnicowania wartości częstotliwości napięcia zasilania obu silników. Umożliwiło to poprawę współpracy obu silników w sytuacji, gdy jeden z silników obciąża drugi, za pośrednictwem łańcucha zgrzebłowego.



Rys. 1. Struktura modelu obliczeniowego. gdzie: M_{zwr} – moment na bębnie napędowym zwrotnym, M_{wys} – moment na bębnie napędowym wysypowym, ω_{zwr} – prędkość obrotowa bębna napędowego zwrotnego, ω_{wys} – prędkość obrotowa bębna napędowego wysypowego, HZ_{zwr} – częstotliwość napięcia zasilania silnika na napędzie zwrotnym, HZ_{wys} – częstotliwość napięcia zasilania silnika na napędzie wysypowym, i_{zwr} – wartość natężenia prądu w silniku zlokalizowanym na napędzie zwrotnym, i_{wys} – wartość natężenia prądu w silniku zlokalizowanym na napędzie wysypowym, eLZ – sygnał z przetwornika służącego do detekcji stanu luzowania łańcucha na napędzie zwrotnym, eFz – sygnał z przetwornika mierzącego siłę nacisku zgrzebła na rynnę przenośnika, eLW – sygnał z przetwornika służącego do detekcji stanu luzowania łańcucha na napędzie wysypowym, eNW – sygnał z przetwornika służącego do detekcji stanu nadmiernego napięcia łańcucha na napędzie wysypowym, SZ – stan napięcia łańcucha na napędzie zwrotnym, SW – stan napięcia łańcucha na napędzie wysypowym, SP – stan obciążenia i współpracy silników napędowych, F_{obc} – wektor obciążenia zewnętrznego górnej nitki łańcucha. [6]

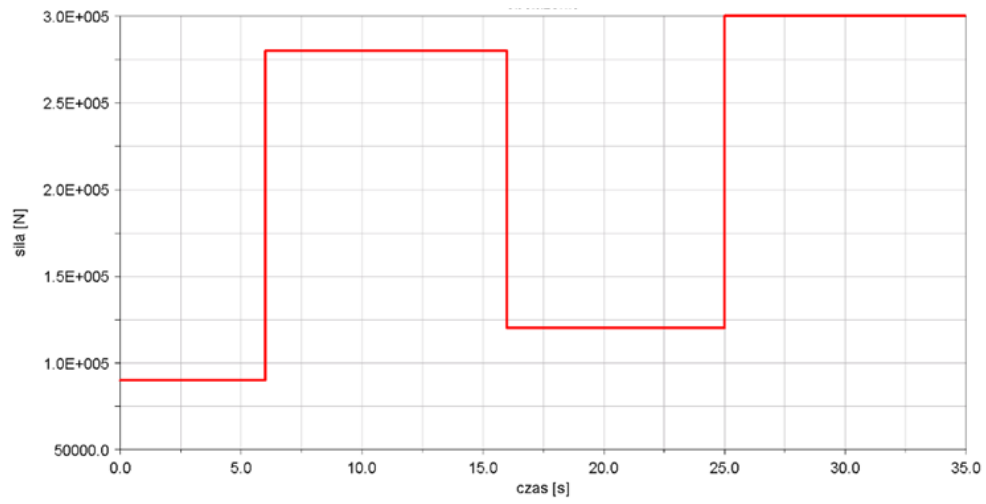
Model układu sterowania pracą ścianowego przenośnika zgrzebłowego, oznaczono na rysunku.1 granatową, przerywaną linią. Został on opracowany w środowisku programowym MatLab/SIMULINK. W module tym zaimplementowano algorytm sterowania pracą przenośnika. Do modelu układu sterowania przesyłane były wartości sygnałów z przetworników detekcji stanu napięcia łańcucha zgrzebłowego zarejestrowane w modelu fizykalnym przenośnika. Ponadto, do modelu układu sterowania przekazywano wartości natężenia prądu w silnikach napędowych oraz stopień wysunięcia rynny teleskopowej znajdującej się na napędzie zwrotnym. W modelu tym następowała interpretacja przesłanych sygnałów, a następnie określany był stan pracy przenośnika. W algorytmie zdefiniowano 37

stanów pracy. Na podstawie reguł opisujących algorytm sterowania, generowane były: korekty wartości częstotliwości napięcia zasilania każdego z silników napędowych oraz stopień wysunięcia rynny teleskopowej na napędzie zwrotnym. Zmiana tych wartości miała na celu poprawę stanu pracy przenośnika, a w szczególności minimalizację czasu, w którym występował stan luzowania łańcucha zgrzebłowego oraz stan jego nadmiernego napięcia. Ponadto, na podstawie analizy wartości natężenia prądu w silnikach napędowych, zgodnie z regułami opisującymi algorytm sterowania, prędkość ruchu łańcucha zgrzebłowego była dostosowana do bieżącego obciążenia przenośnika. Pozwoliło to na obniżenie prędkości pracy przenośnika w sytuacji małego obciążenia strugą urobku. Zastosowanie takiego sposobu regulacji skutkowało obniżeniem przebiegu przenośnika a wraz z tym, ograniczeniem ciernego zużycia jego podzespołów. Szczegółowy sposób regulacji prędkością ruchu łańcucha opisano w [5].

W opracowanym modelu obliczeniowym zdefiniowano sygnały dzięki, którym nastąpiła integracja wszystkich części modelu obliczeniowego. Integracja ta umożliwiła przeprowadzenie symulacji pracy przenośnika z zastosowaniem techniki symulacji równoległych [4, 5, 6, 7].

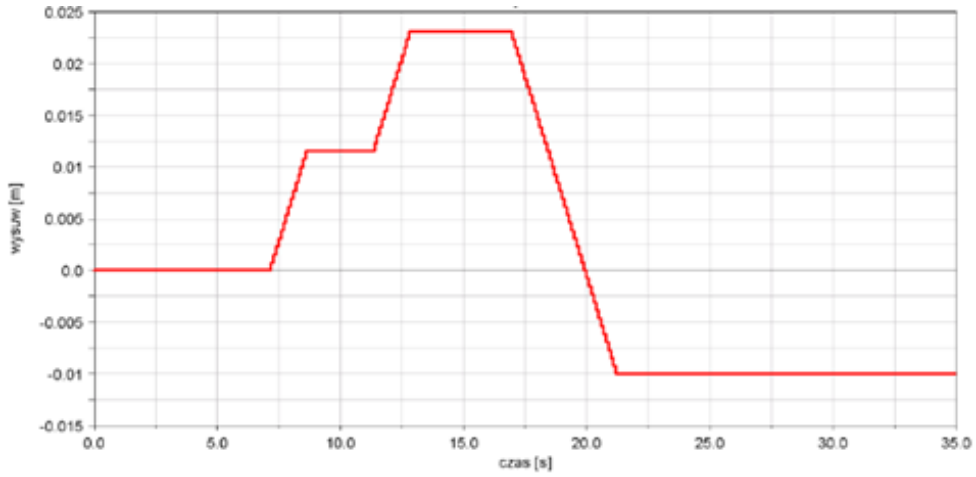
3. Analiza wpływu zmiany parametrów pracy przenośnika na stan jego pracy

Opracowany model obliczeniowy posłużył do przeprowadzenia symulacji numerycznych w celu sprawdzenia poprawności działania opracowanego algorytmu sterowania parametrami pracy przenośnika, podczas zmiennego obciążenia górnej nitki łańcucha. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki symulacji numerycznych, w odniesieniu do przenośnika transportującego urobek po upadzie, o kącie nachylenia równym 30°. Przeprowadzono dwie symulacje numeryczne: pierwszą, w której nie następowała regulacja częstotliwości napięcia zasilania silników napędowych i stopnia wysunięcia rynny teleskopowej na napędzie zwrotnym oraz drugą, w której realizowane były czynności regulacyjne. Podczas symulacji, obciążenie górnej nitki łańcucha zgrzebłowego ulegało zmianie (charakter tego obciążenia przedstawiono na rysunku 2).



Rys. 2. Zmiana obciążenia górnej nitki łańcucha zgrzebłowego podczas symulacji pracy przenośnika na upadzie [6]

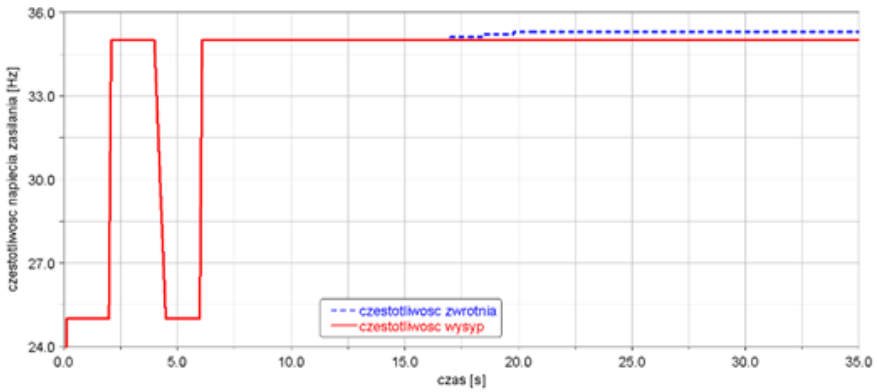
Podczas symulacji pracy przenośnika uwzględniającej proces regulacji następowała zmiana stopnia wysunięcia rynny teleskopowej na napędzie zwrotnym oraz zmiana wartości częstotliwości napięcia zasilania silników napędowych przenośnika. Na rysunku 3 przedstawiono sposób wysunięcia rynny teleskopowej podczas przeprowadzonej symulacji, uwzględniającej regulację parametrów pracy przenośnika.



Rys. 3. Sposób wysunięcia rynny teleskopowej podczas symulacji pracy przenośnika na upadzie [6]

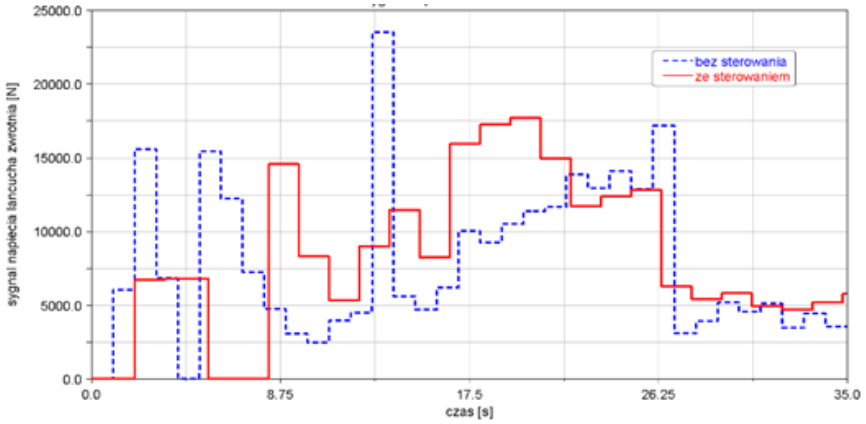
Pomiędzy 7 a 13 s symulacji wydłużenie przenośnika, poprzez wysunięcie rynny teleskopowej na napędzie zwrotnym, nastąpiło dwukrotnie. Sumarycznie rynna wysunięta została o ok. 23 mm. Wydłużenie przenośnika było reakcją na stan luzowania łańcucha, zarejestrowany na napędzie zwrotnym ok. 7 s symulacji oraz na napędzie wysypowym ok. 11,5 s. Pomiędzy 17 a 21 s symulacji nastąpiło zsunięcie rynny teleskopowej przenośnika i w efekcie jego skrócenie o ok. 33 mm. Była to reakcja na wystąpienie dużej siły nacisku zgrzebła na rynnę przenośnika na napędzie zwrotnym, której nagły wzrost zarejestrowano w 17 sekundzie symulacji. Wzrost napięcia łańcucha związany był z odciążeniem przenośnika, które nastąpiło w 16 s symulacji. Odciążenie to spowodowało zmniejszenie sprężystych odkształceń łańcucha, co skutkowało jego skróceniem, powodując zwiększenie jego napięcia.

Rysunek 4 przedstawia zmianę wartości częstotliwości napięcia zasilania silników napędowych podczas symulacji uwzględniającej regulacje parametrów pracy przenośnika. Wartość częstotliwości napięcia zasilania zmniejszała się z wartości 35 Hz, do wartości 25 Hz ok. 4 s symulacji, co było związane ze zmianą wartości prędkości zadanej. Następnie, ok. 6 s symulacji wartość częstotliwości napięcia zasilania wzrosła do wartości 35 Hz. Zmiana ta była spowodowana zwiększeniem obciążenia przenośnika. W okresie pomiędzy 17 a 20 s symulacji nastąpiła zmiana wartości częstotliwości napięcia zasilania silnika napędu zwrotnego. Wprowadzona różnica wartości częstotliwości napięcia zasilania silników napędowych, wynosząca ok. 0,3 Hz, została utrzymana do końca symulacji. Zmiana ta miała na celu poprawę stanu napięcia łańcucha oraz utrzymanie poprawnej współpracy silników napędowych.



Rys. 4. Wartość częstotliwości napięcia zasilania silników napędowych podczas symulacji pracy przenośnika na upadzie [6]

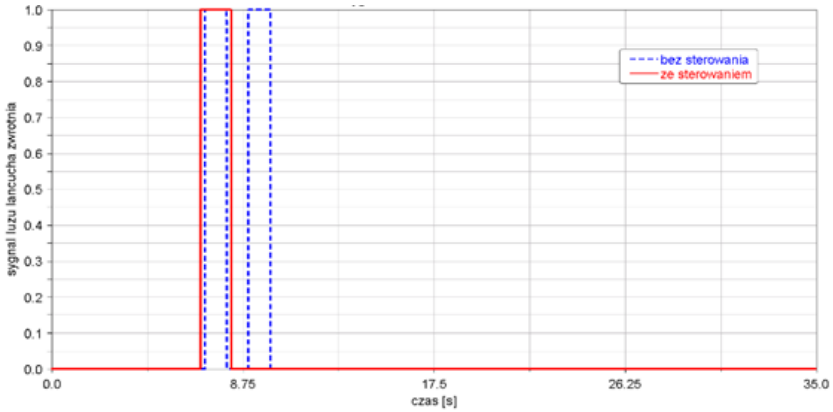
Zarówno podczas symulacji pracy przenośnika uwzględniającej proces regulacji jak i symulacji z pominięciem układu sterowania, rejestrowano sygnały pochodzące z przetworników stanu napięcia łańcucha. Następnie zestawiono wartości zarejestrowanych sygnałów. Na rysunku 5 przedstawiono wartości sił nacisku zgrzebła na rynnę przenośnika na napędzie zwrotnym, zarejestrowane podczas symulacji pracy przenośnika.



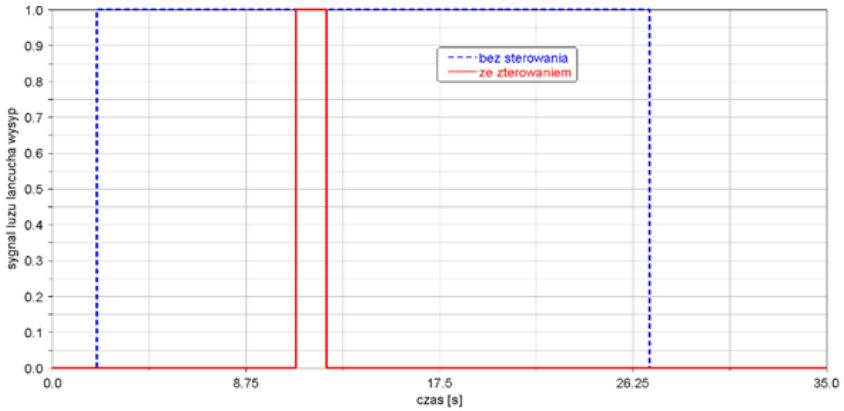
Rys. 5. Wartości siły nacisku zgrzebła na rynnę przenośnika na napędzie zwrotnym przenośnika, zarejestrowane podczas symulacji pracy przenośnika na upadzie [6]

Na rysunku 6 przedstawiono wartości sygnału z przetwornika detekcji stanu luzowania łańcucha na napędzie zwrotnym, zarejestrowane podczas symulacji pracy przenośnika. Wartość 0 oznacza brak zarejestrowanego stanu luzowania łańcucha, natomiast wartość 1 świadczy o zarejestrowaniu obecności zgrzebła w zakresie pomiarowym przetwornika.

Na rysunku 7 przedstawiono wartości sygnałów z przetwornika detekcji stanu luzowania łańcucha na napędzie wysypowym, zarejestrowane podczas symulacji pracy przenośnika.

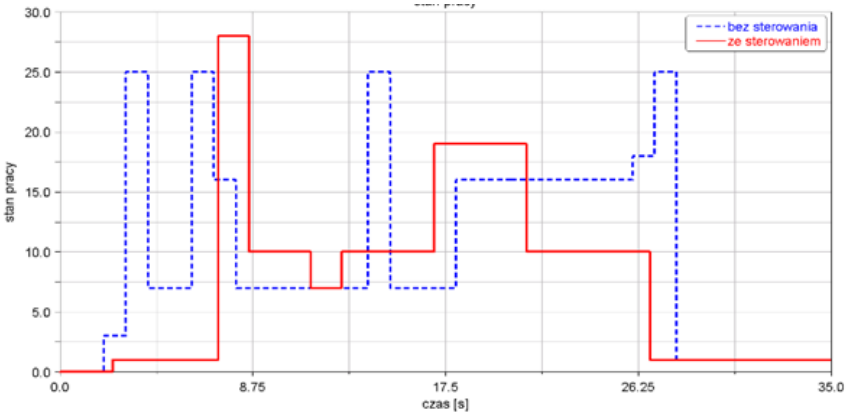


Rys. 6. Wartości sygnału z przetwornika detekcji stanu luzowania łańcucha na napędzie zwrotnym, zarejestrowane podczas symulacji pracy przenośnika na upadzie [6]



Rys. 7. Wartości sygnału z przetwornika detekcji stanu luzowania łańcucha na napędzie wysypowym, zarejestrowane podczas symulacji pracy przenośnika na upadzie [6]

Na podstawie analizy sygnałów z przetworników stanu napięcia łańcucha oraz wartości natężenia prądu w silnikach napędowych określono stan pracy przenośnika, a następnie sposób korekty parametrów jego pracy, w celu poprawy stanu napięcia łańcucha oraz poprawy współpracy obu silników napędowych. Na rysunku 8 przedstawiono stan pracy przenośnika zaobserwowany podczas symulacji ze sterowaniem (linia czerwona) i bez sterowania (linia niebieska).



Rys. 8. Wartości stanu pracy przenośnika, zarejestrowane podczas symulacji pracy przenośnika na upadzie [6]

W tabeli 1 scharakteryzowano poszczególne stany pracy zarejestrowane podczas symulacji pracy przenośnika.

Opis stanów pracy przenośnika zgrzebłowego zarejestrowanych podczas symulacji [6]

Tabela 1

Numer stanu pracy	Opis stanu napięcia łańcucha zgrzebłowego i proporcji obciążenia silników napędowych.
Stan 1	• Łańcuch zgrzebłowy, zarówno na napędzie wysypowym, jak i zwrotnym ma prawidłowy poziom jego napięcia. W tym stanie nie występuje sytuacja luzowania łańcucha zgrzebłowego i nie występuje stan dużego napięcia łańcucha. • Silniki napędowe są obciążone równomiernie i współpracują w prawidłowy sposób. Stan pracy 1 uznano za stan poprawnej pracy przenośnika. Stan ten nie wymaga korekty parametrów pracy przenośnika.
Stan 3	• Łańcuch zgrzebłowy, zarówno na napędzie wysypowym, jak i zwrotnym, posiada prawidłowy poziom napięcia. W tym stanie nie występuje sytuacja luzowania łańcucha zgrzebłowego. Jednocześnie nie występuje stan dużego napięcia łańcucha. • Silniki napędowe przenośnika nie są obciążone równomiernie i nie współpracują w prawidłowy sposób. Silnik elektryczny zlokalizowany na napędzie wysypowym jest obciążony zbyt mocno, w odniesieniu do silnika zlokalizowanego na napędzie zwrotnym.
Stan 7	• Łańcuch zgrzebłowy charakteryzuje się poprawnym stanem napięcia na zejściu z bębna, na napędzie zwrotnym. Na napędzie nie występuje stan luzowania łańcucha, ani stan jego nadmiernego napięcia. • Na napędzie wysypowym występuje stan luzowania łańcucha zgrzebłowego. • Silniki napędowe są obciążone równomiernie i współpracują w prawidłowy sposób.
Stan 10	• Łańcuch zgrzebłowy charakteryzuje się stanem napięcia na zejściu z bębna, na napędzie zwrotnym. Zmierzona siła nacisku zgrzebła na rynnę przenośnika, mieści się w przedziale wartości podwyższonych, ale nie przekracza ustalonych w algorytmie wartości dopuszczalnych. • Na napędzie wysypowym występuje stan poprawnego napięcia łańcucha zgrzebłowego. Nie występuje stan luzowania łańcucha, ani stan jego nadmiernego napięcia. • Silniki napędowe są obciążone równomiernie i współpracują w prawidłowy sposób. Pomimo występowania stanu napięcia łańcucha na napędzie zwrotnym w algorytmie uznano ten stan pracy jako quazi-poprawny i nie przewidziano zmiany nastaw parametrów pracy przenośnika. Wynikało to z faktu, że w 10 stanie pracy, silniki napędowe były obciążane w poprawny sposób i nie występował stan luzowania łańcucha na przenośniku. Jest to stan bezpieczny z punktu widzenia pracy przenośnika. Ponadto, przy takim napięciu łańcucha występuje ograniczona możliwość znaczących, dynamicznych przeciążeń układu. Poprzez kontrolę siły nacisku zgrzebła na rynnę przenośnika kontrolowany jest stan napięcia łańcucha. W sytuacji, gdy osiągnie on zbyt wysoką wartość, podjęte zostaną czynności regulacyjne.

Stan 16	• Łańcuch zgrzebłowy charakteryzuje się wystąpieniem stanu napięcia na zejściu z bębna napędowego na napędzie zwrotnym. • Na napędzie wysypowym występuje stan luzowania łańcucha zgrzebłowego. • Silniki napędowe są obciążone równomiernie i współpracują w prawidłowy sposób.
Stan 18	• Łańcuch zgrzebłowy charakteryzuje się wystąpieniem stanu napięcia na zejściu z bębna napędowego na napędzie zwrotnym. • Na napędzie wysypowym występuje stan luzowania łańcucha zgrzebłowego. • Silniki napędowe przenośnika nie są obciążone równomiernie i nie współpracują w prawidłowy sposób. Silnik elektryczny zlokalizowany na napędzie wysypowym jest obciążony zbyt mocno, w odniesieniu do silnika zlokalizowanego na napędzie zwrotnym.
Stan 19	• Łańcuch zgrzebłowy charakteryzuje się wystąpieniem stanu dużego napięcia na zejściu z bębna napędowego na napędzie zwrotnym. • Na napędzie wysypowym występuje stan poprawnego napięcia łańcucha zgrzebłowego. Na tym napędzie nie występuje, stan luzowania łańcucha, ani stan jego nadmiernego napięcia. • Silniki napędowe są obciążone równomiernie i współpracują w prawidłowy sposób.
Stan 25	• Łańcuch zgrzebłowy charakteryzuje się wystąpieniem stanu dużego napięcia łańcucha zgrzebłowego na zejściu z bębna napędowego na napędzie zwrotnym. • Na napędzie wysypowym występuje stan luzowania łańcucha zgrzebłowego. • Silniki napędowe są obciążone równomiernie i współpracują w prawidłowy sposób.
Stan 28	• Łańcuch zgrzebłowy charakteryzuje się wystąpieniem stanu luzowania na zejściu z bębna napędowego na napędzie zwrotnym. • Na napędzie wysypowym występuje stan poprawnego napięcia łańcucha zgrzebłowego. Na tym napędzie nie występuje, stan luzowania łańcucha, ani stan jego nadmiernego napięcia. • Silniki napędowe są obciążone równomiernie i współpracują w prawidłowy sposób.

Obliczono sumaryczny czas występowania stanów luzów, napięcia i poprawnej pracy łańcucha zgrzebłowego, zarejestrowanych podczas symulacji pracy przenośnika ze zmiennym obciążeniem na upadzie, z układem regulacji i bez regulacji. Zestawienie sumarycznych czasów występowania określonego stanu napięcia łańcucha przedstawiono w tabeli 2.

Zestawienie stanów napięcia łańcucha zarejestrowanych podczas symulacji pracy przenośnika na upadzie [6]

Tabela 2

Stan pracy	Bez sterowania	Ze sterowaniem
luz łańcucha na napędzie zwrotnym	0 s	1,4 s
napięcie łańcucha na napędzie zwrotnym	14 s	4,2 s
napięcie łańcucha na napędzie wysypowym	0 s	0 s
luz łańcucha na napędzie wysypowym	25 s	1,4 s
poprawna praca	8 s	25,6 s

Analiza wyników symulacji, umożliwiła określenie następujących zależności:

- w wyniku przeprowadzonych zabiegów regulacji, zaobserwowano zdecydowaną poprawa stanu napięcia łańcucha na napędzie wysypowym, podczas symulacji pracy przenośnika ze sterowaniem. Sumaryczny czas, w którym występowało luzowanie łańcucha na napędzie wysypowym, podczas symulacji pracy bez sterowania, wynosił 25 s. Analogiczny czas podczas symulacji pracy ze sterowaniem wynosił tylko 1,4 s,
- sumaryczny czas, w którym zarejestrowano prawidłowy stan napięcia łańcucha, uległ wydłużeniu. Podczas symulacji pracy bez sterowania czas ten wynosił 8 s, natomiast podczas symulacji pracy ze sterowaniem wynosił 25,6 s,
- nastąpiło skrócenie sumarycznego czasu, w którym występuje stan nadmiernego napięcia łańcucha na napędzie zwrotnym. Czas ten wynosił 14 s, w przypadku symulacji pracy bez sterowania oraz 4,2 sekundy, przy symulacji pracy przenośnika ze sterowaniem.

4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono strukturę numerycznego modelu obliczeniowego ścianowego przenośnika zgrzebłowego. Omówiono symulacje numeryczne przeprowadzone z zastosowaniem modelu, a następnie sprawdzono poprawność działania algorytmu sterowania pracą przenośnika. Zaletą stosowania symulacji numerycznych, a w szczególności techniki symulacji równoległej była możliwość przeprowadzenia testów poprawności działania nowych algorytmów sterowania, przy zmieniających się warunkach obciążenia przenośnika. Ponadto, w opracowanym modelu istniała możliwość przeprowadzenia symulacji pracy przenośnika pracującego w poziomie oraz pracującego na nachyleniu, o dowolnym kącie, zarówno na upadzie, jak i po wzniosie.

W artykule przedstawiono następnie wyniki symulacji numerycznej pracy przenośnika na upadzie, o kącie nachylenia równym 30°. Zastosowania identycznych warunków brzegowych podczas dwóch symulacji (z i bez układu sterowania) pozwoliło na określenie wpływu zmian wybranych parametrów pracy przenośnika na poprawność napięcia łańcucha zgrzebłowego oraz sposób współpracy silników napędowych. Zmiana stopnia wysunięcia rynny teleskopowej oraz zmiana wartości częstotliwości napięcia zasilania silników napędowych skutkowały wydłużeniem czasu, w którym napięcie łańcucha zgrzebłowego było uznane za prawidłowe, oraz skracało czas występowania luzowania łańcucha na napędzie wysypowym i jego napięcie na napędzie zwrotnym. Ograniczenie stanu luzowania łańcucha, skutkuje wzrostem bezpieczeństwa pracy maszyny w wyniku minimalizacji możliwości zakleszczenia luźnych ogniw łańcucha lub zgrzebła. Natomiast ograniczenie stan nadmiernego napięcia łańcucha powoduje zmniejszenie cierne zużycie podzespołów przenośnika. Można zatem przypuszczać, że zastosowanie układu sterowania i regulacja parametrów pracy przenośnika poprawi warunki pracy łańcucha zgrzebłowego oraz zmniejszy ryzyko wystąpienia poważnych awarii przenośnika.

Artykuł jest wynikiem prac realizowanych w ramach grantu doktoranckiego finansowanego przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG.

Obliczenia wykonano na komputerach Centrum Informatycznego Trójmiejskiej Akademickiej Sieci Komputerowej.

Literatura

[1] Dolipski M.: Dynamika przenośników łańcuchowych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1997. ISBN 8385718575

[2] Opracowanie wirtualnego dyskretnego modelu przenośnika wraz z modelem jego sterowania, przeprowadzenie testowych symulacji numerycznych modelu.
Raport projektu badawczego ICON: System wyrównywania obciążeń napędów wysoko wydajnych przenośników zgrzebłowych. Ścieżka programowa In-Tech. Gliwice, 2012 (materiały niepublikowane)

[3] Suchoń J.: Górnicze przenośniki zgrzebłowe. Budowa i zastosowanie. Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2012. ISBN 9788360708651

[4] Szewerda K., Świder J., Herbuś K.: Analysis of impact of longitudinal inclination of a chain conveyor on dynamical phenomena during operation. W: Materiały na konferencję: CoSME '16, The 4th International Conference on Computing and Solutions in Manufacturing Engineering 2016, Brasov, Romania, November 3-4, 2016 s. 1-7

[5] Szewerda K., Świder J., Herbuś K.: Koncepcja algorytmu sterowania wydajnością przenośnika ścianowego. Maszyny Górnicze 2016, nr 4, s. 93-103

[6] Szewerda K.: Metoda parametryzacji i doboru algorytmów sterowania przenośników zgrzebłowych. Instytut Techniki Górniczej KOMAG. Gliwice 2016 (materiały niepublikowane)

[7] Świder J., Herbuś K., Szewerda K.: Dynamic analysis of scraper conveyor operation with external loads. Materiały na konferencję: CoSME '16, The 4th International Conference on Computing and Solutions in Manufacturing Engineering 2016, Brasov, Romania, November 3-4, 2016 s. 1-6

KOGASTER – instalacja elektryczna napędów spalinowych

mgr inż. Jerzy Jura
dr inż. Sławomir Bartoszek
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie:

W artykule opisano system sterowania KOGASTER w konfiguracji przeznaczonej do górniczych maszyn z napędem spalinowym. Sprecyzowano wymagania jakie muszą spełniać instalacje elektryczne napędów spalinowych. Opisano podzespoły systemu KOGASTER realizujące funkcje sterujące, w tym najnowszy komponent - modułowy zasilacz z podtrzymaniem akumulatorowym i magistralą komunikacyjną. Przedstawiono połączenie modułów systemu KOGASTER dedykowane do sterowania napędem spalinowym w mobilnej maszynie górniczej.

Abstract:

KOGASTER control system arranged for mining machines with diesel engine is presented. Requirements for electrical installations of diesel engines are specified. KOGASTER system subassemblies used for controlling purpose, including the latest component - modular power supply with battery backup and CAN system are described. Connections of the KOGASTER system modules intended for controlling the diesel engine in mobile mining machines are given.

Słowa kluczowe: CAN, CANopen, sterownik PLC, górnictwo, iskrobezpieczeństwo, ATEX

Keywords: CAN, CANopen, PLC controller, mining, intrinsic safety, ATEX

1. Wprowadzenie

System Sterowania KOGASTER został opracowany w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG i jest produkowany przez P.H.U. Gabrypol Sp. J. Z. i R. Juszczyk. Charakteryzuje się on: otwartą strukturą, budową rozproszoną, a także kompatybilnością z przetwornikami i modułami różnych producentów, co umożliwia sterowanie różnymi maszynami i pozwala spełnić wysokie wymagania ich użytkowników.

Wszystkie moduły systemu KOGASTER spełniają wymagania dyrektywy 2014/34/UE ATEX dla urządzeń grupy I, zatem mogą pracować w warunkach, gdzie występuje zagrożenie wybuchem metanu lub/i pyłu węglowego. Moduły komunikują się poprzez magistralę CAN, zgodnie ze standardem CANopen [1, 3].

Otwarta struktura systemu pozwala na łączenie jego elementów z elementami (przetwornikami, czujnikami) innych producentów oraz stosowanie uniwersalnych programów do ich konfiguracji. Moduły systemu KOGASTER mogą być wykorzystane w maszynach z obwodami iskrobezpiecznymi [2] i nieiskrobezpiecznymi, co umożliwia ich stosowanie w maszynach górniczych.

W artykule przedstawiono koncepcję instalacji układu sterowania i rozruchu mobilnych maszyn górniczych z napędami spalinowymi z wykorzystaniem modułów sterownika KOGASTER.

2. Moduły systemu KOGASTER realizujące funkcje sterujące

Jak już wspomniano, system sterowania KOGASTER dedykowany jest do górniczych maszyn mobilnych. W tym aspekcie jego ważną zaletą jest modułowa struktura oraz

zastosowanie, jako łącza wymiany danych, magistrali komunikacyjnej CAN i protokołu CANopen [1, 3]. Modułowa budowa systemu KOGASTER umożliwia elastyczne dostosowanie sterowania do konkretnej maszyny i pozwala spełnić wymagania dla napędu spalinowego. Poza funkcjami związanymi ze sterowaniem, system umożliwia rejestrację i monitoring wybranych parametrów pracy maszyny i jej napędu.

Do realizacji funkcji związanych ze sterowaniem, system KOGASTER wykorzystuje następujące moduły:

- Panel operatorski PO-1;
- Moduł inteligentnego sterownika MIS-1;
- Kasetę sterującą KS-1;
- Moduł wejść-wyjść MWW-1;
- Modułowy zasilacz z podtrzymaniem akumulatorowym i magistralą komunikacyjną.

Podstawowym modułem systemu sterowania KOGASTER jest Panel operatorski PO-1 (rys. 1). Pełni on funkcję interfejsu człowiek – maszyna oraz sterownika rozproszonego układu sterowania z redundantną magistralą komunikacyjną CAN.

Rys. 1. Panel operatorski PO-1 [4]

Panel PO-1 wyposażony jest w cyfrowe interfejsy CAN, Ethernet i USB. Może pełnić funkcję rejestratora zdarzeń i zapisywać je w pamięci wymiennej typu PENDRIVE poprzez iskrobezpieczny interfejs USB [6].

W mniej rozbudowanych aplikacjach można wykorzystać moduł MIS-1 jako sterownik (rys. 2), który charakteryzuje się mniejszym wyświetlaczem oraz mniejszą liczbą linii typu wejścia-wyjścia. Programowo jest on kompatybilny z Panelem Operatorskim PO-1, oba moduły wyposażone są w dwa niezależne, iskrobezpieczne interfejsy CAN i mogą być zasilane z dwóch niezależnych źródeł iskrobezpiecznego napięcia.

Wykonanie 1 Wykonanie 2

Rys. 2. Moduł inteligentnego sterownika MIS-1 [7]

Prezentowany system (wykorzystujący moduły PO-1 lub MIS-1), instalowany w maszynach mobilnych z napędem spalinowym zapewnia: sterowanie, komunikację z operatorem, rejestrację parametrów pracy maszyny i napędu, a także kontrolę parametrów decydujących o bezpieczeństwie w trakcie jego uruchamiania i pracy. Stosowanie napędów spalinowych w strefach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego, występujących w kopalniach węgla kamiennego, wymaga bowiem spełnienia pewnych warunków bezpiecznej pracy, tj. braku:

- granicznej obecności metanu,
- przekroczenia temperatur w wyznaczonych miejscach,
- przekroczenia ciśnienia oleju w układzie hydraulicznego rozruchu.

Do podłączenia czujników pomiarowych przewidziano moduł wejść-wyjść analogowych i cyfrowych MWW-1, współpracujący z modułami PO-1 lub MIS-1 w układach rozproszonego sterowania. Moduł posiada dwa wykonania. W wykonaniu pierwszym (rys. 3) połączenia realizowane są za pomocą złącz umożliwiając szybki demontaż i wymianę modułu oraz bezproblemowe odłączenie zespołów współpracujących z modułem. W drugim wykonaniu (rys. 4) wykorzystano dławnice, a przewody czujników i przetworników łączy się do listwy zaciskowej. Na obudowie modułu możliwe jest również zabudowanie przełączników i sygnalizatorów, pełniących rolę lokalnego panelu sterującego. Wejścia modułu MWW-1 przystosowano do podłączenia czujników zasilanych napięciem 12 V, posiadających wyjścia analogowe o zakresie: 0-10 V, 0-20 mA lub 4-20 mA oraz przetworników wielkości nieelektrycznych, tj.: mostki tensometryczne, rezystory

termometryczne, przetworniki wydłużenia siłowników hydraulicznych, indukcyjne czujniki zbliżeniowe typu NAMUR. Moduł MWW-1 w wykonaniu pierwszym charakteryzuje się niewielkimi gabarytami (rys. 3), natomiast w wykonaniu drugim indywidualnie ustalaną liczbą przepustów i podłączeń przetworników oraz czujników do listew zaciskowych (rys. 4). Moduły i podłączone przetworniki powinny być zasilane z jednego zasilacza iskrobezpiecznego. Wyjątkiem są wyjścia dwustanowe, w postaci styków niespolaryzowanych.

Rys. 3. MWW-1/1 Moduł wejść - wyjść analogowych i cyfrowych wykonanie 1 [5]

Rys. 4. MWW-1/2 Moduł wejść - wyjść analogowych i cyfrowych wykonanie 2 [5]

3. Zasilacz z wbudowanym źródłem buforowym

Instalacja elektryczna wraz z układem sterowania, mobilnej maszyny górniczej z napędem spalinowym powinna zapewniać bezpieczną pracę. W związku z powyższym monitorowane są parametry związane z pracą napędów spalinowych, tj.:

- temperatura kolektora spalin,
- temperatura płynu chłodzącego,

- temperatura oleju,
- temperatura powierzchni zewnętrznej płuczki,
- stężenie metanu,
- temperatura oleju hydraulicznego,
- ciśnienie robocze w układzie hydraulicznym,
- poziom oleju, wody, płynu chłodzącego itp.

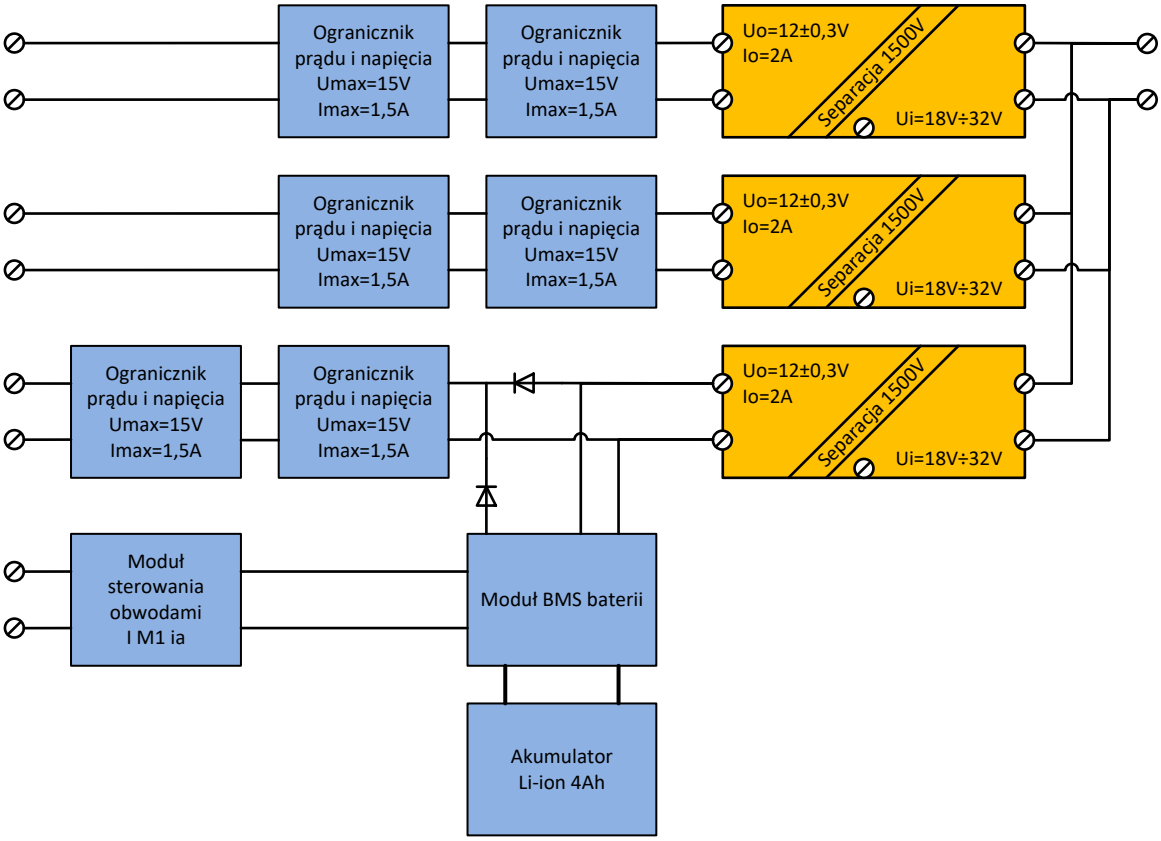
Funkcje systemu sterowania umożliwiające bezpieczną eksploatację napędu spalinowego obejmują zatem kontrolę stanu przed uruchomieniem napędu oraz w trakcie jego pracy awaryjne wyłączenie. Do realizacji ww. funkcji oprócz modułów sterujących, niezbędny jest zasilacz z dodatkowymi funkcjami, umożliwiającymi:

- podanie napięcia do układu sterowania, w celu dokonania sprawdzenia możliwości bezpiecznego uruchomienia napędu spalinowego,
- uruchomienie rozrusznika hydraulicznego,
- awaryjne odłączenie napięcia w przypadku pojawienia się zagrożenia, które mogłoby doprowadzić do zapłonu lub wybuchu metanu i/lub pyłu węglowego.

Ponieważ źródłem zasilania podzespołów elektrycznych i elektronicznych górniczej maszyny z napędem spalinowym, w trybie normalnej pracy, jest prądnica zabudowana w obudowie ognioszczelnej, moduły systemu sterowania KOGASTER i współpracujące z nim podzespoły powinny być podłączone do zasilacza dostarczającego iskrobezpieczne napięcie 12 V. Dodatkowo, aby spełnić ww. wymagania, zasilacz musi posiadać wbudowane źródło zasilania buforowego, umożliwiającego zadziałanie obwodów kontrolnych, przed rozruchem napędu i załączeniem prądnicy. Umożliwia to podtrzymanie zasilania w wybranych obwodach w przypadku wyłączenia napędu maszyny. Z powyższych powodów system KOGASTER wyposażono w modułowy zasilacz z podtrzymaniem akumulatorowym i magistralą komunikacyjną.

Zasilacz posiada dwie wersje, różniące się pojemnością akumulatora, co ma uzasadnienie techniczne i ekonomicznie. W pierwszej wersji zasilacza zastosowano akumulator Li-Ion o pojemności 4 Ah. W instalacji maszyny z napędem spalinowym zasilacz w tej wersji można podłączyć do sterownika (lub części jego obwodów), czujników i przetworników temperatury, ciśnienia i poziomu, a także rozdzielaczy siłowników i rozrusznika hydraulicznego. Ze względu na niedużą pojemność akumulatora może dojść do jego całkowitego rozładowania. Stąd umożliwiono wymianę modułu akumulatora w miejscu jego pracy. Uproszczony schemat blokowy zasilacza w wersji pierwszej przedstawiono na rysunku 5.

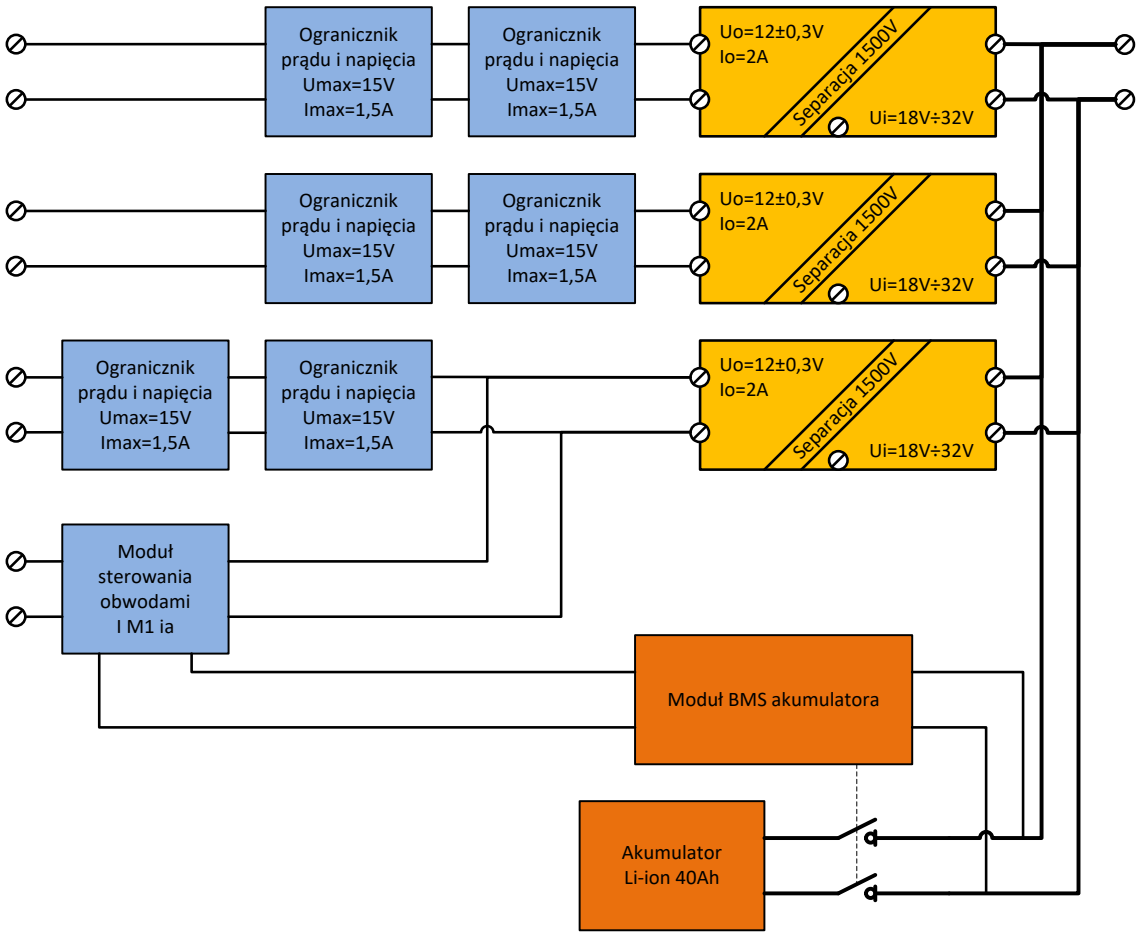
Jeden z modułów zasilacza wyposażono w obwody (wejścia dwustanowe) iskrobezpieczne typu I M1 o poziome zabezpieczenia „ia”, sterujące przekaźnikami załączającymi napięcie na wyjściach zasilacza. Ich zasilenie umożliwia kontrolę warunków bezpiecznej pracy (np. stężenia metanu) przed rozpoczęciem procedury rozruchu lub podaniem napięcia do zasilacza urządzenia grupy I kategorii M2, pracujących w strefach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego. Zasilacz, w przedstawionej konfiguracji, został zabudowany w obudowie ognioszczelnej (rys. 6).



Rys. 5. Schemat blokowy wersji pierwszej zasilacza z wyjściem buforowym akumulatora o pojemności 4 Ah [opracowanie własne]

Rys. 6. Obudowa ognioszczelna zasilacza [8]

W wersji drugiej zasilacza zastosowano akumulator zbudowany z ogniw Li-Ion o pojemności 40 Ah. Akumulator wraz z układem BMS, oraz układami sterującymi podzespołami rozrusznika hydraulicznego maszyny spalinowej, znajduje się w dodatkowej skrzyni ognioszczelnej. Zastosowanie akumulatorów o większej pojemności pozwala na realizację dodatkowych funkcji, np. ładowanie hydro-akumulatora układu rozruchu hydraulicznego maszyny. Schemat blokowy tej wersji zasilacza został przedstawiony na rysunku 7.



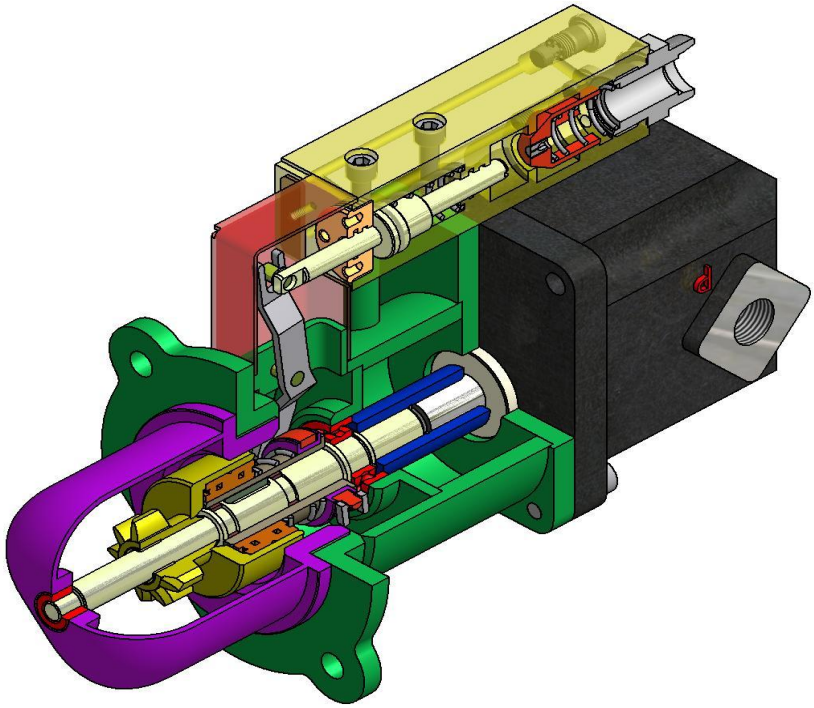
Rys. 7. Schemat blokowy wersji drugiej zasilacza z akumulatorowym buforowaniem zasilania o pojemności 40 Ah [opracowanie własne]

Rozrusznik hydrauliczny górniczej maszyny z napędem spalinowym (rys. 8) wymaga naładowania hydro-akumulatora. Hydro-akumulator zasila również siłowniki otwierające dolot powietrza, wylot spalin oraz siłownik odcinający dopływ paliwa. Ładowanie hydro-akumulatora jest realizowane za pomocą pompy hydraulicznej napędzanej silnikiem elektrycznym oraz pomocniczej pompki ręcznej. Ręczne ładowanie trwa około 10-15 min. Zastosowanie akumulatora wraz z silnikiem elektrycznym o mocy 1 kW i pompą hydrauliczną pozwala naładować akumulator hydrauliczny w czasie około 2,5 min.

Zastosowanie akumulatora o pojemności 40Ah pozwala na wykonanie około 20 rozruchów, bez ładowania akumulatora.

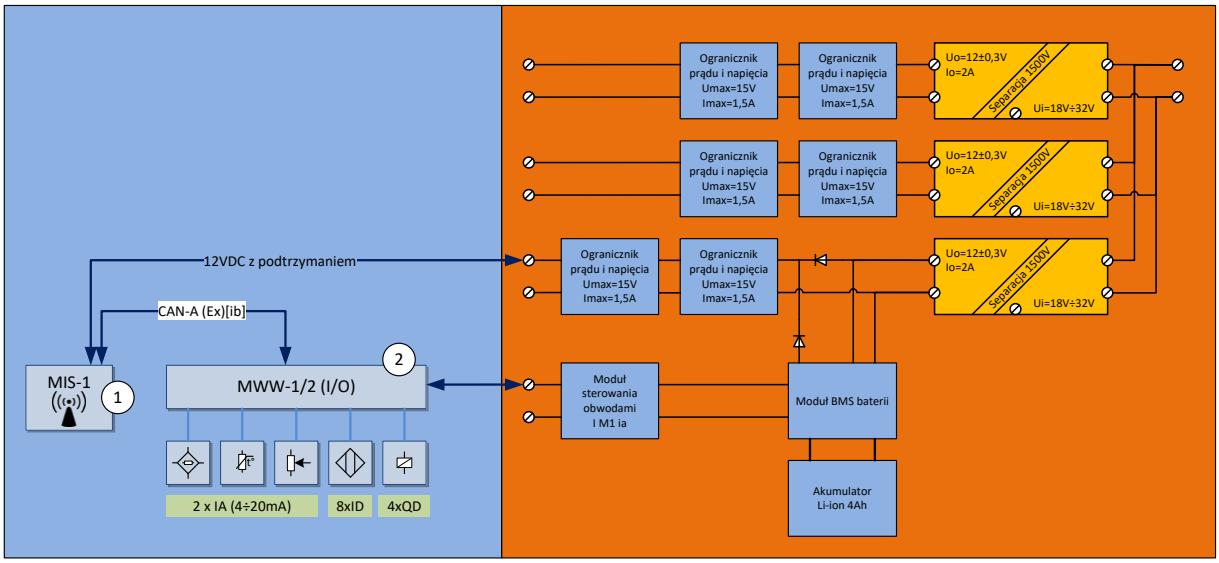
4. Konfiguracja układu sterowania mobilnej maszyny górniczej z napędem spalinowym

Podstawowymi elementami systemu KOGASTER w konfiguracji przeznaczonej do maszyn mobilnych z napędami spalinowymi są: modułowy zasilacz z podtrzymaniem akumulatorowym i magistralą komunikacyjną, sterowniki MIS-1 lub PO-1 oraz moduły wejść – wyjść MWW-1. Przykładową konfigurację układu sterowania przedstawiono na rysunku 9.



Rys. 8. Rozrusznik hydrauliczny RH-1 [6]

Sterownikiem jest moduł MIS-1 (1), który korzysta z jednego z dwóch interfejsów CAN do komunikacji z modułem wejść-wyjść MWW-1 (2). Zasilacz z podtrzymaniem zasila moduły MIS-1, MWW-1, przetworniki i czujniki kontroli stanu pracy napędu spalinowego oraz rozdzielacze hydrauliczne awaryjnego wyłączenia napędu i uruchomienia rozruchu hydraulicznego.

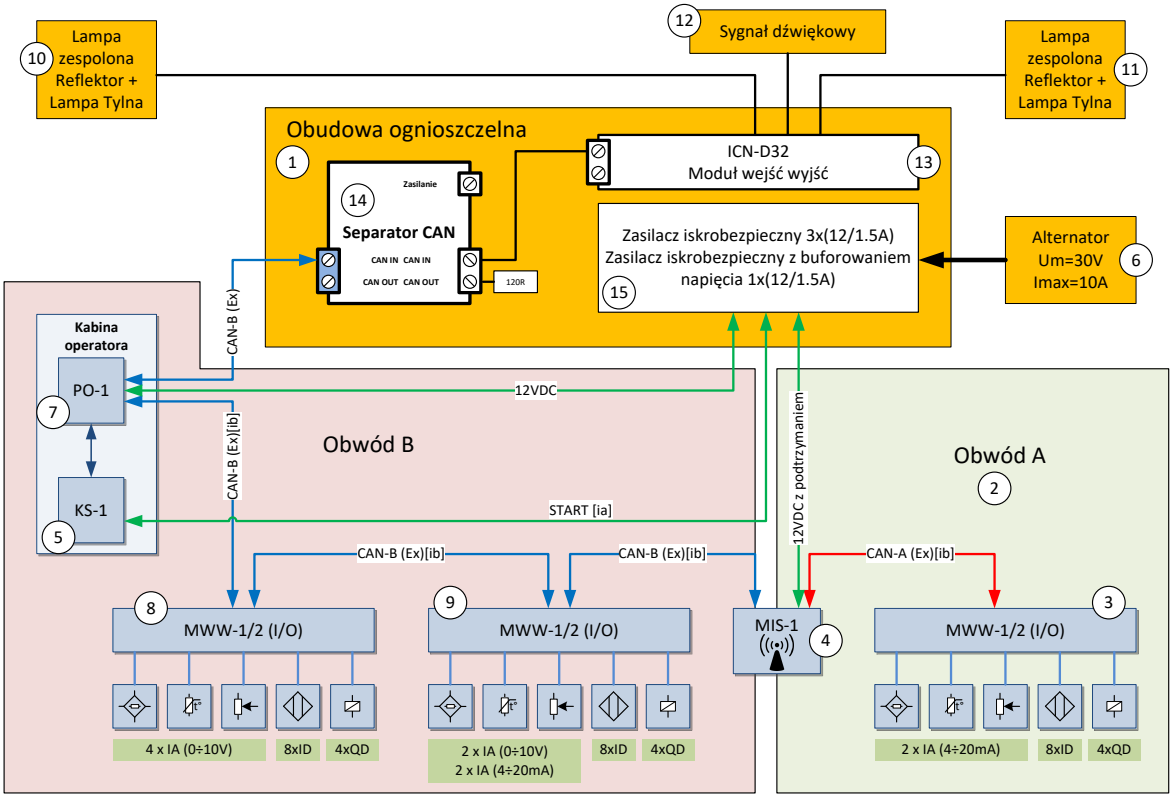


Rys. 9. Schemat blokowy układu sterowania mobilnej maszyny górniczej z napędem spalinowym [opracowanie własne]

W układzie jak na rysunku 9 wyświetlacz modułu MIS-1 (1) prezentuje wszystkie informacje o stanie pracy układu. Natomiast do modułu MWW-1 podłączone są przetworniki, czujniki oraz rozdzielacze hydrauliczne. Układ posiada funkcję umożliwiającą odłączenie zasilania.

W zależności od konfiguracji maszyny, układ sterowania może zostać rozbudowany o dodatkowe zasilacze iskrobezpieczne, przeznaczone do zasilania pozostałych obwodów układu sterowania.

Na rysunku 10 zaprezentowano rozbudowany schemat blokowy układu sterowania. Układ sterowania wykorzystuje zespoły zabudowane w obudowach ognioszczelnych oraz zespoły w wykonaniu iskrobezpiecznym. Układ sterowania składa się z zasilacza (1) zainstalowanego w obudowie ognioszczelnej. Zasilacz posiada trzy iskrobezpieczne obwody wyjściowe o parametrach 12 V / 1,5 A. Zasilacz wyposażony jest w akumulator o pojemności 4 Ah, przeznaczony do podtrzymania napięcia. Zadaniem zasilacza z akumulatorem jest zasilenie obwodu „A" (2) zawierającego moduł wejść-wyjść MWW-1 (3) oraz sterownika MIS-1 (4). Załączenie napięcia zasilania przy wyłączonym silniku następuje po przyciśnięciu przycisku START na kasecie KS-1 (5). Pozostałe elementy układu zasilane są, po uruchomieniu silnika, z alternatora.



Rys. 10. Schemat blokowy układu sterowania maszyny górniczej z napędem spalinowym i rozrusznikiem hydraulicznym [opracowanie własne]

Do modułu MWW-1 podłączone są przetworniki i czujniki temperatury, ciśnienia oraz metanomierz. W przypadku przekroczenia określonej wartości temperatury lub osiągnięcia innych wartości kontrolowanych parametrów uniemożliwiających uruchomienie silnika, sterownik MIS-1 wyświetla odpowiednie komunikaty.

Wyjścia modułu MWW-1 sterują zaworami hydraulicznymi rozrusznika hydraulicznego i systemu awaryjnego zatrzymania silnika. Zasilanie wyjść z modułu odbywa się z zasilacza z akumulatorowym podtrzymaniem napięcia.

Po uruchomieniu silnika alternator (6) podaje napięcie na wejścia pozostałych zasilaczy iskrobezpiecznych, które dostarczają energię wszystkim zespołom i modułom maszyny. Po podaniu zasilania panelu PO-1 (7) i pozostałych modułów MWW-1 (8, 9) włączane są wszystkie pozostałe funkcje maszyny. Na panelu PO-1 (7) pokazywane są: temperatura w wybranych punktach, wartości napięć, prędkość jazdy. Istnieje również możliwość sterowania reflektorami i światłami (10, 11) oraz sygnałem dźwiękowym (12), zasilanymi bezpośrednio z alternatora (6). Obwodami elektrycznymi zainstalowanymi w obudowie ognioszczelnej (1) zarządza moduł wejść-wyjść ICN-D32 (13). Działaniem modułu ICN-D32 steruje panel PO-1 (7) poprzez magistralę CAN z separatorem CAN (14).

Dodatkowymi funkcjami układu sterowania są:

- zegar czasu rzeczywistego zabudowany w modułach PO-1 i MIS-1,
- rejestracja parametrów pracy oraz występujących awarii w pamięci PENDRIVE z uwzględnieniem daty i czasu zdarzenia.

5. Podsumowanie

W ostatnim czasie asortyment modułów wchodzących w skład systemu KOGASTER uzupełniono o modułowy zasilacz z podtrzymaniem akumulatorowym i magistralą komunikacyjną. Zaproponowane dwie wersje zasilacza, pozwalają dobrać odpowiednią konfigurację do potrzeb w konkretnej aplikacji układu sterowania. Zastosowanie akumulatora buforowego znacznie poprawia ergonomię obsługi maszyny, umożliwiając zasilanie silnika pompy hydraulicznej, co skraca czas do kolejnego rozruchu silnika oraz umożliwia prowadzenie diagnostyki wstępnej, przed rozruchem maszyny. Poprzez zastosowanie akumulatora o odpowiedniej pojemności i wydajności prądowej, zasilacz eliminuje konieczność używania ręcznej pompy hydraulicznej w układach rozruchowych (wg szacunków skraca to czas ładowania hydro-akumulatora z 10 min do 2,5 min).

Projekt modułowego zasilacza z podtrzymaniem akumulatorowym i magistralą komunikacyjną został zrealizowany w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, Oś priorytetowa II: Wsparcie otoczenia i potencjału przedsiębiorstw do prowadzenia działalności B+R+I, Poddziałanie 2.3.2 Bony na innowacje dla MŚP. Instytucją pośredniczącą jest Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości.

Literatura

[1] Karta katalogowa: BOSCH GmbH: CAN Specyfication ver 2.0, 1991

[2] PN-EN 60079-11:2012 Atmosfery wybuchowe - Część 11: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą iskrobezpieczeństwa „i".

[3] CAN in Automation (CiA) 301. CANopen application layer and communication profile

[4] Jura J. i inni: Iskrobezpieczny system sterowania maszyn górniczych bazujących na magistrali CAN i protokole CANopen. ITG KOMAG Gliwice 2010-2015 (materiały niepublikowane)

[5] Jura J. i inni: Instrukcja Obsługi Modułu Wejść Wyjść MWW-1. ITG KOMAG Gliwice 2013 (materiały niepublikowane)

[6] Lokomotywa z napędem akumulatorowym przeznaczona do eksploatacji w atmosferze potencjalnie wybuchowej. Projekt celowy ROW-III-235/2012. ITG KOMAG Gliwice 2012 (materiały niepublikowane)

[7] Jura J.: Instrukcja Obsługi Modułu Inteligentnego Sterownika MIS-1. ITG KOMAG Gliwice 2015 (materiały niepublikowane)

[8] http://www.bohamet.pl/

Zarządzanie informacją o przebiegu eksploatacji maszyn i urządzeń w aspekcie zmian w aktach prawnych

mgr inż. Jerzy Jagoda
dr inż. Joanna Rogala-Rojek
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie:

Artykuł poświęcono prezentacji nowej wersji systemu iRIS umożliwiającego identyfikowanie urządzeń, elementów i podzespołów maszyn górniczych poprzez zastosowanie technologii RFID. Opisano funkcjonalność oprogramowania oraz przedstawiono nowe wersje aplikacji dedykowanych do urządzeń mobilnych, w których uwzględniono istotne dla użytkowników maszyn i urządzeń górniczych zmiany, wprowadzone rozporządzeniem Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych. Zaprezentowano również, współpracujące z systemem, rozwiązania sprzętowe nowej generacji.

Abstract:

The article is dedicated to presentation of new version of iRIS system, which enable identifying the machines as well as subassemblies and components of mining machines by use of RFID technology. Software functionality is described and new versions of applications dedicated to mobile devices in which changes implemented by the regulation of Ministry of Energy of 23 November 2016 on detailed requirements for transportation in underground mining plants are entered, are presented. Hardware of new generation cooperating with iRIS system is also presented.

Słowa kluczowe: technologia RFID, system ewidencji, oprogramowanie iRIS

Keywords: RFID technology, registry system, iRIS software

1. Wprowadzenie

Ocena stanu technicznego maszyn i urządzeń jest jednym z najbardziej istotnych etapów w procesie ich eksploatacji. Nowe wytyczne związane ze sposobem jej przeprowadzania oraz zasady bezpiecznego użytkowania maszyn i urządzeń górniczych zostały ujęte w Rozporządzeniu Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 roku, w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych (Dz. U. 2017, poz. 1118).

W celu udoskonalenia istniejącego autorskiego systemu elektronicznej ewidencji maszyn i urządzeń górniczych - iRIS, jak i w celu dostosowania go do obowiązujących przepisów i bieżących potrzeb użytkowników, podjęto w ITG KOMAG stosowne prace.

2. Wymagania w zakresie bezpieczeństwa użytkowania oraz oceny stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej

Wprowadzone nowe Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w dalszym ciągu zobowiązuje do trwałego i jednoznacznego oznakowywania każdego elementu podstawowego sekcji, przy czym ich liczba uległa zwiększeniu. Ograniczony został jednak zakres informacji, do rejestracji których zobowiązani są użytkownicy sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej, co przedstawiono w tabeli 1.

Analiza porównawcza Rozporządzeń w odniesieniu do wymogu znakowania podstawowych elementów sekcji obudowy zmechanizowanej [6, 7]

Tabela 1

Obowiązujący akt prawny Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r.	**Akty uznane za uchylone** Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. (z późn. zm.).
2.1.9. Do elementów podstawowych sekcji obudowy zmechanizowanej należą: 1) stropnica; 2) spągnica; 3) osłona odzawałowa; 4) łączniki układu lemniskatowego; 5) stojaki i podpory stropnic; 6) sworznie łączące elementy podstawowe, z wyjątkiem sworzni łączących stojaki z konstrukcją obudowy; **7) nadstawka spągnicy.** 2.1.10.1. Element podstawowy sekcji obudowy zmechanizowanej oznakowuje się trwale i jednoznacznie. **2.1.10.2. Wymaganie określone w pkt 2.1.10.1 nie dotyczy nadstawek wprowadzonych do obrotu lub użytkowania przed dniem wejścia w życie rozporządzenia.**	4.1.9. Do elementów podstawowych sekcji obudowy zmechanizowanej należą: 1) stropnica; 2) spągnica; 3) osłona odzawałowa; 4) łączniki układu lemniskatowego; 5) stojaki i podpory stropnic; 6) sworznie łączące elementy podstawowe, z wyjątkiem sworzni łączących stojaki z konstrukcją obudowy.
2.1.11. Ewidencja elementów podstawowych sekcji obudowy zmechanizowanej jest prowadzona przez użytkownika tej sekcji; ewidencja określa w szczególności: 1) nazwę producenta; 2) rok produkcji; 3) rok, w którym wykonano remont; 4) zakres remontu; 5) podmiot, który wykonał remont; 6) rok, w którym wykonano modernizację; 7) zakres modernizacji; 8) podmiot, który wykonał modernizację.	4.1.11. Użytkownik sekcji obudowy zmechanizowanej prowadzi ewidencję elementów podstawowych tej sekcji określającą co najmniej: 1) nazwę producenta; 2) rok produkcji; 3) rok, w którym wykonano remont; 4) zakres remontu; 5) podmiot, który wykonał remont; 6) rok, w którym wykonano modernizację; 7) zakres modernizacji; 8) podmiot, który wykonał modernizację; **9) wielkości wybiegu ścian, w których był stosowany element podstawowy sekcji obudowy zmechanizowanej.**

W tabeli 2 przedstawiono analizę porównawczą Rozporządzeń w aspekcie procedur oceny stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej.

Analiza porównawcza Rozporządzeń w odniesieniu do procedur oceny stanu technicznego sekcji [6, 7]

Tabela 2

Obowiązujący akt prawny Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r.	**Akty uznane za uchylone** Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. (z późn. zm.).
2.1.13. Użytkowane sekcje obudowy zmechanizowanej podlegają kontroli: 1) codziennej – przeprowadzanej przez osoby obsługujące; 2) miesięcznej – przeprowadzanej przez osoby wyższego dozoru ruchu w specjalności mechanicznej – maszyny i urządzenia dołowe oraz w specjalności górniczej.	4.1.13. Użytkowane sekcje obudowy zmechanizowanej, **dla których od roku produkcji upłynęło do 10 lat,** podlegają kontroli: 1) codziennej, przeprowadzanej przez osoby obsługujące; 2) miesięcznej, przeprowadzanej przez wyznaczoną osobę dozoru ruchu o specjalności mechanicznej. 4.1.14. Użytkowane sekcje obudowy zmechanizowanej, **dla których od roku produkcji upłynęło powyżej 10 lat,** podlegają kontroli: 1) codziennej, przeprowadzanej przez osoby obsługujące; 2) miesięcznej, przeprowadzanej przez osoby wyższego dozoru ruchu o specjalności mechanicznej oraz specjalności górniczej.

Z analizy porównawczej wynika, że zmieniono wytyczne dotyczące oceny stanu technicznego sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej. W świetle obowiązujących przepisów procedura oceny stanu technicznego sekcji nie jest już związana z okresem, jaki upłynął od daty jej wyprodukowania. Obowiązkowe pozostaje natomiast szerokie dokumentowanie przez użytkowników historii eksploatacji każdego elementu sekcji.

Zgodnie z treścią nowego Rozporządzenia Ministra Energii ewidencja urządzeń budowy przeciwwybuchowej powinna być prowadzona w zakładach górniczych z użyciem techniki informatycznej – tabela 3. Programy komputerowe do ewidencjonowania urządzeń powinny spełniać szereg wymagań, które przedstawiono w tabeli 4.

Analiza porównawcza Rozporządzeń w odniesieniu do wymagań prowadzenia w zakładzie górniczych ewidencji urządzeń budowy przeciwwybuchowej [6, 7]

Tabela 3

Obowiązujący akt prawny Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r.	**Akty uznane za uchylone** Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. (z późn. zm.).
9.3. W zakładach górniczych w których są wyrobiska zagrożone wybuchem metanu lub pyłu węglowego klasy B, osoba dozoru ruchu elektrycznego, która organizuje nadzór nad eksploatacją urządzeń, jest wyznaczana przez kierownika ruchu zakładu górniczego. Osoba ta jest odpowiedzialna za: 1) zorganizowanie służby nadzoru nad urządzeniami; **2) prowadzenie ewidencji urządzeń;** 3) opracowanie procedur przeprowadzania odbioru, kontroli, napraw i remontów 4) urządzeń, które zatwierdza kierownik ruchu zakładu górniczego; 5) nadzór nad przestrzeganiem procedur przeprowadzania odbioru, kontroli, napraw i remontów urządzeń; 6) nadzorowanie terminowości i prawidłowości przeprowadzanych kontroli.	10.6. W zakładach górniczych posiadających wyrobiska zagrożone wybuchem metanu lub pyłu węglowego za prawidłowe użytkowanie urządzeń odpowiedzialna jest osoba dozoru ruchu wyznaczona przez kierownika ruchu zakładu górniczego, która powinna zorganizować właściwy nadzór nad eksploatacją, konserwacją oraz naprawą urządzeń.
9.9. W zakładach górniczych ewidencję urządzeń prowadzi się z użyciem techniki informatycznej. 9.9.1. Ewidencja urządzeń zawiera w szczególności: 1) karty ewidencyjne urządzeń; 2) numer zaświadczenia fabrycznego albo deklaracje zgodności WE.	10.11.1. Ewidencję urządzeń prowadzi służba nadzoru powołana zgodnie z pkt 10.9, która przechowuje wszystkie dokumenty dotyczące urządzeń, w szczególności: 1) karty ewidencyjne urządzeńń, 2) zaświadczenia fabryczne lub deklaracje zgodności WE, 3) wykazy rodzajów i typów urządzeń stosowanych w zakładzie górniczym. 10.11.6. Ewidencjonowanie urządzeń i przeprowadzonych kontroli ich stanu technicznego **może być** prowadzone za pomocą techniki komputerowej (...).

Analiza porównawcza Rozporządzeń w zakresie wymagań dotyczących programów komputerowych przeznaczonych do ewidencjonowania urządzeń budowy przeciwwybuchowej [6, 7]

Tabela 4

Obowiązujący akt prawny Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r.	**Akty uznane za uchylone** Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. (z późn. zm.).
9.9.4. Programy komputerowe do ewidencjonowania urządzeń spełniają następujące wymagania: **1) ich uruchomienie jest możliwe wyłącznie za pomocą hasła lub metod uwierzytelnienia;** 2) dokumentowanie przeprowadzonych odbiorów, kontroli, napraw, remontów jest możliwe **za pomocą haseł identyfikacyjnych** uprawnionych osób; **3) automatycznie wykonują kopię bezpieczeństwa danych;** 4) umożliwiają tworzenie z możliwością wydruku: a) kart ewidencyjnych, b) wykazów urządzeń według rodzajów typów, lokalizacji, terminów kontroli, oraz dat i miejsc zainstalowania urządzeń; 5) umożliwiają kasowanie przez przekreślenie kart ewidencyjnych z odpowiednią adnotacją; **6) samoczynnie tworzą rejestr zdarzeń obejmujący co najmniej czynności wymienione w ppkt 1, 2 i 4;** **7) spełniają wymagania bezpieczeństwa dla systemów informatycznych;** 8) **raportują o przekroczeniu terminów kontroli urządzeń.**	Programy komputerowe do ewidencjonowania urządzeń powinny spełniać następujące wymagania: 1) system powinien być zabezpieczony przed dostępem osób niepowołanych do wprowadzenia zmian w informacjach w nim zawartych, 2) wprowadzenie do systemu potwierdzenia przeprowadzenia wymaganych kontroli powinno być możliwe wyłącznie **przy użyciu keya lub kodowanych dyskietek identyfikacyjnych** osób dokonujących zapisów, 3) zawarte w pamięci systemu informacje **powinny być zabezpieczone** przed zniszczeniem lub zniekształceniem poprzez utrzymywanie kopii ich zapisów na zewnętrznych nośnikach informacji, 4) system powinien umożliwiać wydruki: a) kart ewidencyjnych, b) wykazów urządzeń według typów, lokalizacji, terminów kontroli, oraz dat i miejsc zainstalowania urządzeń, c) list osób uprawnionych do przeprowadzania kontroli.

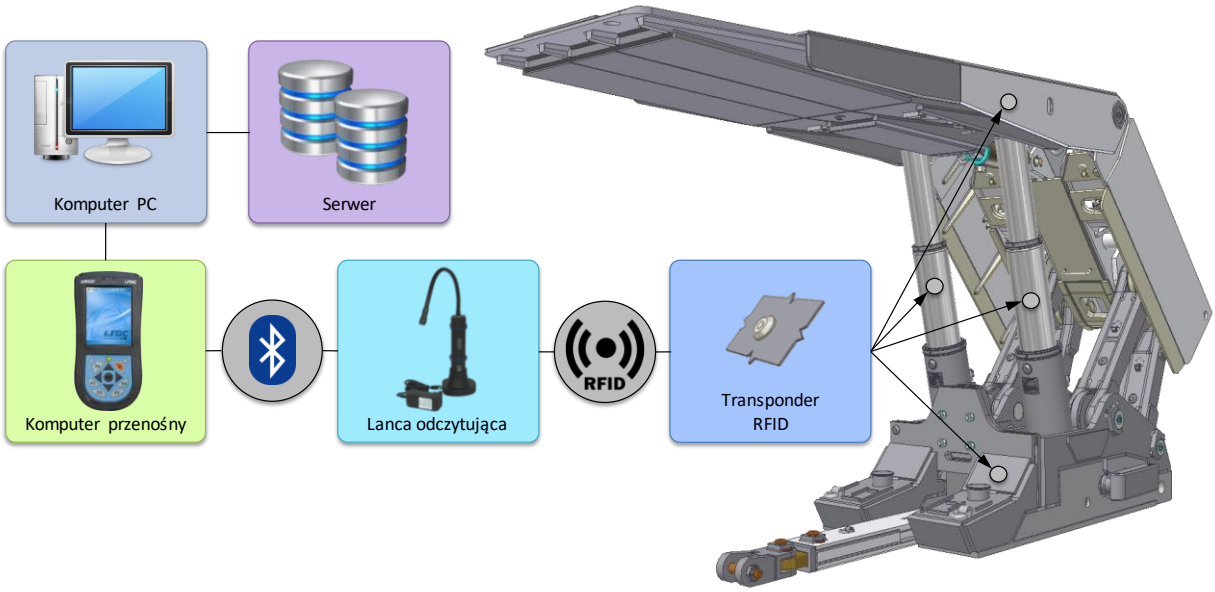
3. System elektronicznej identyfikacji iRIS

W Instytucie KOMAG od szeregu lat prowadzone są prace badawcze mające na celu rozwój istniejących systemów elektronicznej identyfikacji, wykorzystujących technologię RFID. Główną ich ideą jest usprawnienie procesu pozyskiwania, opracowywania i archiwizacji danych, stanowiących źródło wiarygodnej informacji o faktycznym stanie eksploatowanych elementów maszyn i urządzeń [4, 5, 8].

W skład elektronicznego systemu identyfikacji wchodzą zarówno komponenty sprzętowe, jak i oprogramowanie służące do gromadzenia i przetwarzania danych (rys. 1).

Składniki sprzętowe systemu to:

- umieszczane na identyfikowanych elementach transpondery pasywne RFID,
- lanca, z odpowiednim obwodem antenowym, odczytująca transpondery RFID i wyposażona w moduł komunikacji bezprzewodowej bluetooth,
- komputer przenośny typu PDA/smartfon.



Rys. 1. Schemat przepływu danych w systemie

Mając na uwadze rozwój systemu podjęto współpracę z firmą Intertex, która w swojej ofercie posiada przystosowane do zastosowania do identyfikacji elementów maszyn górniczych transpondery RFID oraz lancę dedykowaną do ich odczytu (rys. 2). Lanca odczytująca transpondery RFID TransTag umożliwia komunikację z innymi urządzeniami elektronicznymi wyposażonymi w interfejs bluetooth (rys. 3).

Rys. 2. Lanca do odczytu transponderów RFID (Intertex) [1]

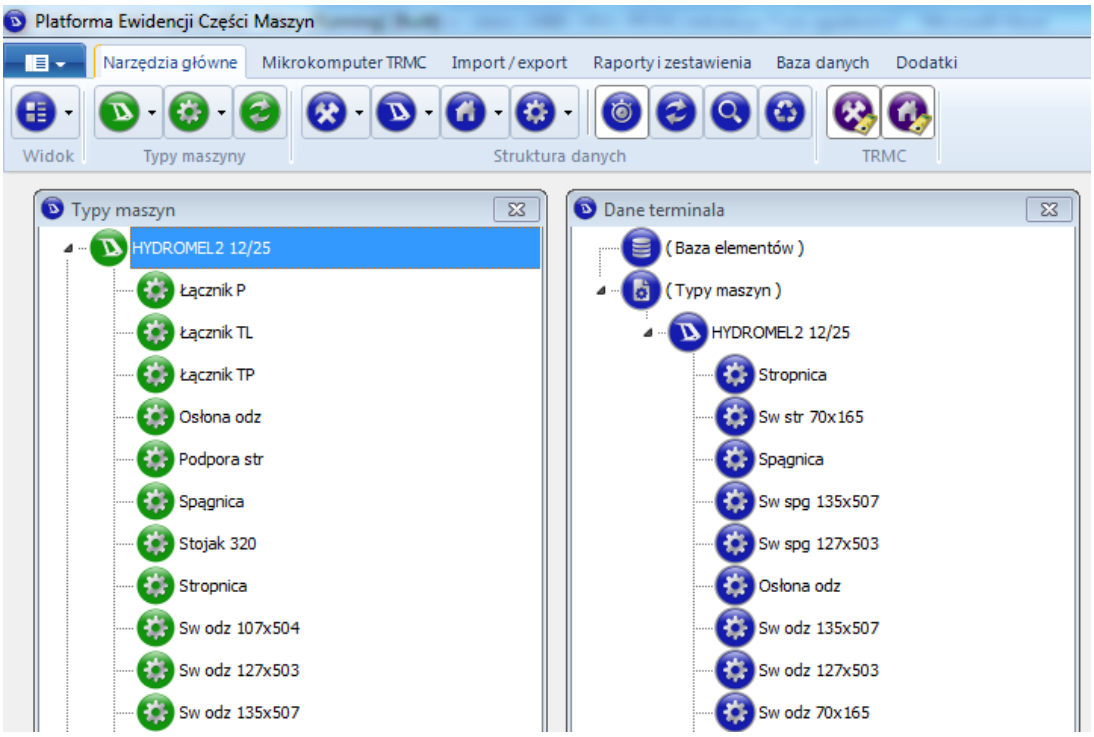
Rys. 3. Urządzenia przenośne typu PDA [9]

Integralną częścią systemu identyfikacji stanowi oprogramowanie iRIS pełniące w systemie rolę zarządzającą [4, 5]. Oprogramowanie składa z szeregu platform, służących do rejestracji i przetwarzania danych elementów maszyn i urządzeń górniczych, spośród których można wyróżnić:

- PECM – platformę przeznaczoną do ewidencjonowania maszyn, urządzeń i części stosowanych w wyrobiskach podziemnych,
- PEUBP – platformę przeznaczoną do ewidencjonowania maszyn i urządzeń budowy przeciwwybuchowej.

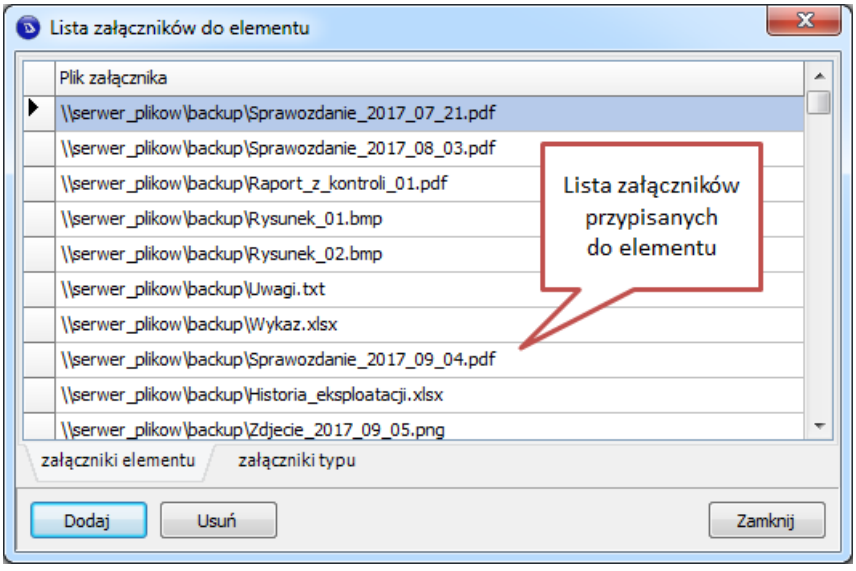
Platforma PECM może być wykorzystywana m.in. do ewidencjonowania elementów sekcji obudowy zmechanizowanej. Umożliwia ona przygotowanie urządzeń mobilnych do odpowiedniego trybu pracy, a tym samym realizację odpowiednich zadań związanych z ewidencją elementów w systemie (dodawanie i grupowanie elementów w sekcje oraz zmiany lokalizacji) i pozwala na przetwarzanie niezbędnych danych w celu oceny stopnia zużycia elementów sekcji.

W celu spełnienia oczekiwań klientów w ITG KOMAG opracowano nową wersję platformy. Wprowadzono obsługę nowego typu urządzenia przeznaczonego do odczytu transponderów RFID oraz dokonano modyfikacji zwiększających efektywność przetwarzania danych. Nowy interfejs użytkownika umożliwia również wygodne zarządzanie strukturą danych maszyn górniczych i ich elementów, poprzez zastosowanie metody „drag&drop” (rys. 4).

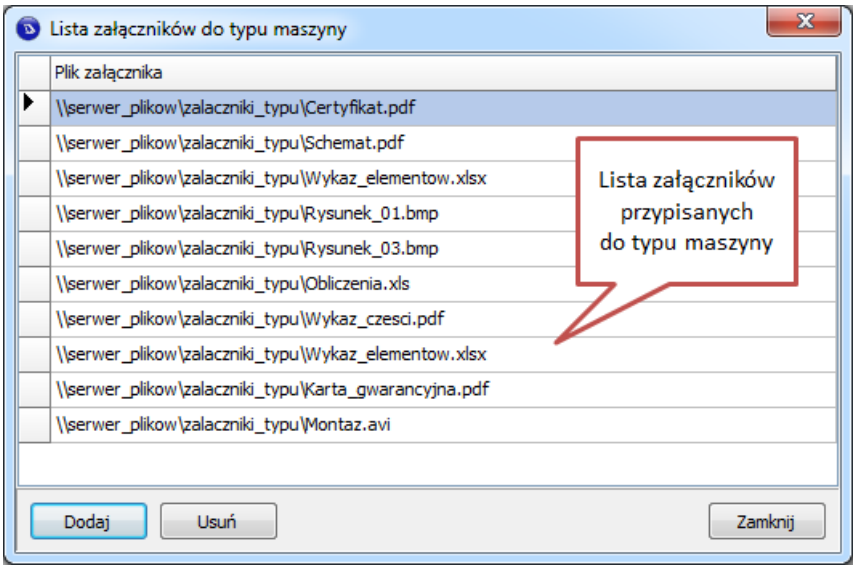


Rys. 4. Struktura danych programu oraz danych przygotowanych dla termianala [3]

W celu wspomagania użytkowników w dokumentowaniu historii eksploatacji każdego elementu sekcji, funkcjonalność oprogramowania PECM rozszerzono o możliwość skojarzenia z wybranym typem maszyny lub elementem określonych załączników (rys. 5 i rys. 6).

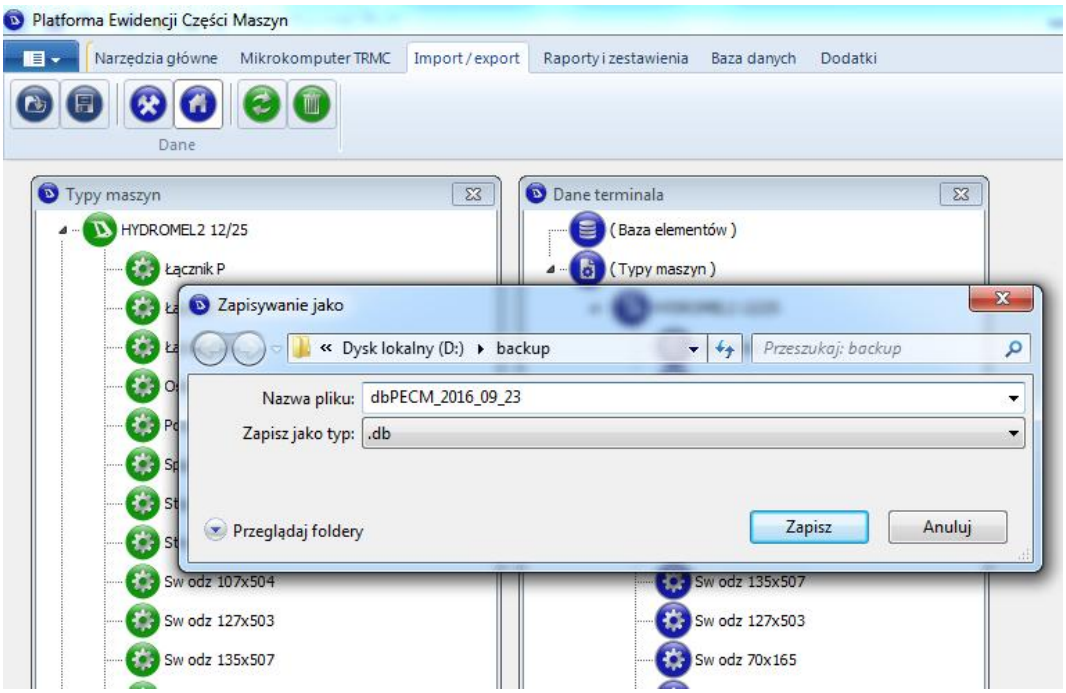


Rys. 5. PECM – wykaz załączników przypisanych do elementu [3]



Rys. 6. PECM – wykaz załączników przypisanych do typu maszyny [3]

Przygotowanie danych dla aplikacji mobilnej oraz wymiana danych pomiędzy serwerami są możliwe dzięki zaimplementowanym funkcjom importu i eksportu danych z/do plikowej bazy danych (rys. 7).



Rys. 7. Zapis danych terminala do folderu wymiany [3]

Usprawniony system wymiany danych oraz aplikacje przeznaczone do urządzeń mobilnych, wyposażone w system operacyjny Windows Mobile lub Android, zapewniają możliwość współpracy oprogramowania z nowym typem urządzeń przeznaczonych do odczytu transponderów RFID.

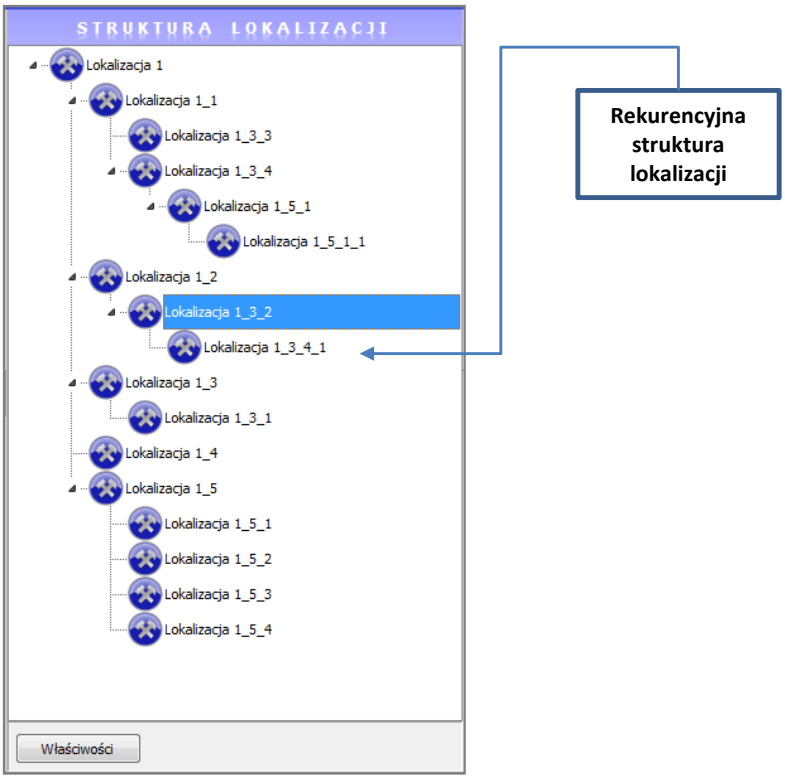
Wersja aplikacji przeznaczona do urządzeń mobilnych realizuje funkcjonalność oprogramowania urządzeń przenośnych dotychczas współpracujących z systemem. Opracowane moduły komunikacyjne umożliwiają obsługę interfejsu Bluetooth w systemie Windows Mobile lub Android zapewniając tym samym współpracę z nowym typem urządzeń

przeznaczonych do odczytu transponderów RFID. Instalowanie aplikacji może być przeprowadzone zarówno w urządzeniach przystosowanych do pracy w podziemiach kopalń oraz nowej generacji (typu smartfon).

Opracowane w ITG KOMAG oprogramowanie PEUBP uwzględnia również wytyczne dotyczące stosowania i eksploatacji urządzeń budowy przeciwwybuchowej w podziemiach kopalń, które zostały określone w załączniku nr 3 do Rozporządzenia Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 roku [7].

Z uwagi na bezpieczeństwo informacji przechowywanych w bazie danych w bieżącej wersji programu zaimplementowano mechanizmy ich szyfrowania.

W celu umożliwienia użytkownikom tworzenia struktur lokalizacji oraz kategorii i typów urządzeń o dowolnej liczbie zagnieżdżonych poziomów (rys. 8 i rys. 9), zmodyfikowano architekturę bazy danych, w celu przechowywania w tabelach danych hierarchicznych.



Rys. 8. Rekurencyjna struktura lokalizacji [2]

W programie wprowadzono możliwość aktualizacji typów urządzeń w bazie danych użytkownika, zgodnie z bazą danych opracowywaną w ITG KOMAG. Aplikacja po nawiązaniu połączenia z serwerem, weryfikuje aktualny stan bazy użytkownika z numerem wersji bazy danych dostępnej na serwerze. O dostępności nowej bazy urządzeń użytkownik informowany jest stosownym komunikatem.

W trakcie eksploatacji urządzeń w przestrzeniach zagrożonych wybuchem należy przestrzegać terminów kontrolnych, określonych w instrukcji eksploatacji, a zwłaszcza terminów oględzin, przeglądów okresowych, oceny stanu technicznego i pomiarów kontrolnych oraz oceny ryzyka [7].

Za prawidłowy stan techniczny użytkowanych, urządzeń zapewniający bezpieczeństwo, odpowiedzialne powinny zostać wyznaczone osoby obsługi, które w razie stwierdzenia

nieprawidłowości powinny je natychmiast wyłączyć i zgłosić osobie dozoru ruchu elektrycznego [7].

W związku z powyższym, w oprogramowaniu wprowadzono procedury umożliwiające przygotowanie harmonogramów zadań istotnych, z punktu widzenia prowadzenia ewidencji urządzeń budowy przeciwwybuchowej, informujące użytkownika o przekroczonych lub zbliżających się (zgodnie ze zdefiniowanym w ustawieniach programu przedziałem czasowym) terminach kontroli.

Zgodnie z wytycznymi ujętymi w obowiązującym Rozporządzeniu, oprogramowanie zapewnia rejestracje istotnych zdarzeń związanych z użytkowaniem programu.

4. Podsumowanie

Powodem działań podejmowanych w Instytucie KOMAG w zakresie rozwoju systemów identyfikacji jest potrzeba dostarczenia użytkownikowi rozwiązań, dzięki którym prowadzenie ewidencji elementów maszyn i urządzeń będzie odbywało się w sposób prosty. Opracowane w Instytucie KOMAG oprogramowanie może wspomagać użytkowników w prowadzeniu gospodarki elementami maszyn górniczych oraz urządzeniami budowy przeciwwybuchowej, poprzez obniżenie pracochłonności czynności związanych z gromadzeniem informacji o historii ich pracy. W czasie opracowywania nowych wersji oprogramowania uwzględniono wymagania ujęte w aktualnie obowiązujących przepisach. W oprogramowaniu zaimplementowano ponadto szereg funkcji i procedur poprawiających bezpieczeństwo i efektywność przetwarzania danych oraz usprawniających korzystanie z programu.

Literatura

[1] Rogala-Rojek J. i in.: iRIS – System identyfikacji maszyn, urządzeń, środków trwałych oraz transportu. Modyfikacja funkcjonalności platformy PECM systemu iRIS w zakresie możliwości współpracy z nowymi wersjami aplikacji mobilnych. ITG KOMAG, Gliwice 2016 (materiały niepublikowane)

[2] Rogala-Rojek J. i in.: iRIS – System identyfikacji maszyn, urządzeń, środków trwałych oraz transportu. Modyfikacja funkcjonalności platformy PEUBP systemu iRIS w celu dostosowania oprogramowania do obowiązujących przepisów prawa. ITG KOMAG, Gliwice 2017 (materiały niepublikowane)

[3] Rogala-Rojek J. i in.: iRIS – System identyfikacji maszyn, urządzeń, środków trwałych oraz transportu. Opracowanie koncepcji i wykonanie (zaimplementowanie) modułów komunikacyjnych lanca-PDA-PC. ITG KOMAG, Gliwice 2016 (materiały niepublikowane)

[4] Rogala-Rojek J., Latos M., Piecha A., Mikuła S., Warzecha M.: Gospodarka majątkiem przedsiębiorstwa z wykorzystaniem systemu iRIS. W: Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność – Niezawodność. KOMTECH 2012. Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2012 s. 541-554

[5] Rogala-Rojek J., Piecha A.: Innowacyjne podejście do zarządzania maszynami i urządzeniami górniczymi z wykorzystaniem systemu iRIS. Maszyny Górnicze 2015 nr 1 s. 33-38

[6] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych (Dz.U. 2017, poz. 1118)

[7] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 marca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U. Nr 139 poz. 1169) wraz ze zmianami wprowadzonymi rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 9 czerwca 2006 r. (Dz.U. Nr 125 poz.863) oraz z dnia 25 czerwca 2010 r. (Dz.U. Nr 126 poz. 855)

[8] Warzecha M., Stankiewicz K., Jasiulek D., Rogala-Rojek J., Piecha A.: iRIS - system elektronicznej ewidencji środków trwałych w zakładach górniczych. Maszyny Górnicze 2011, nr 3, s. 92-96

[9] Witryna internetowa: https://www.ecom-ex.com

Czy wiesz, że ....

...silniki synchroniczne wzbudzane magnesami trwałymi są obecnie stosowane w wielu gałęziach przemysłu, w coraz większym zakresie aplikacji. Konsorcjum złożone z instytutów KOMEL, ITI EMAG oraz przedsiębiorstwa DFME DAMEL, przy współpracy z firmą ENEL-PC, opracowało prototypowe modele napędów z silnikami synchronicznymi, wzbudzanymi magnesami trwałymi typu IPMSM (Interior Mounted Permanent Magnet Synchronous Motor), do zastosowania w napędzie posuwu górniczego kombajnu ścianowego. W celu przeprowadzenia badań laboratoryjnych została zbudowana platforma badawcza, na której zostały umieszczone dwa nowo opracowane silniki typu dSMKwsK 180M-4, połączone wałami przez momentomierz, służący do pomiaru momentu przekazywanego pomiędzy silnikami. Platforma jest sterowana poprzez dedykowany pulpit sterowniczy. Na stanowisku zostały sprzęgnięte dwie maszyny tego samego typu (jedna jest maszyną napędzającą). Dodatkowo platformę wyposażono w szerokopasmowy analizator mocy NORMA D6000.

Napędy i Sterowanie 2017 nr 11 s.47-48

Inteligentna, górnicza sieć energetyczna M-SmartGRID

mgr inż. Marcin Jura
dr inż. Joanna Rogala-Rojek
dr inż. Dariusz Jasiulek
dr inż. Sebastian Jendrysik
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie:

Ciągłość dostaw energii elektrycznej jest podstawowym czynnikiem warunkującym prowadzenie działalności w zakładach górniczych i jest podstawą bezpieczeństwa pracy ludzi oraz ochrony środków produkcji. Przerwy w dostawach energii stwarzają zagrożenie dla takich procesów jak: przewietrzanie wyrobisk podziemnych, transport załogi z i na powierzchnię kopalni. Instalacje elektryczne są często bardzo złożone i przesyłają dużą ilości energii, zwłaszcza, gdy szczytowe wartości mocy obciążenia są kilka razy wyższe niż jego średnia moc. Stąd istotne jest zarządzanie kopalnianą siecią elektroenergetyczną i jej monitorowanie oraz prognozowanie obciążeń i wspomaganie podejmowania decyzji w różnych warunkach funkcjonowania sieci. W niniejszym artykule przedstawiono oprogramowanie opracowane w ITG KOMAG.

Abstract:

Reliability of energy supply is essential for operation of mining plants. Lack of supply poses a risks to such processes as: ventilation of workings, personnel transportation from and to the mine surface, and is fundamental for personnel safety and protection of means of production. Electrical installations are often very complex, they distribute large amount of power, especially when the peak power is a few times greater than the average power consumption. That is why it is essential to manage the mining power grid and its monitoring as well as forecasting the loads and assisting in making decisions at different conditions of the grid operation. Software developed by KOMAG is presented.

Słowa kluczowe: górnictwo, sieć energoelektryczna, oprogramowanie

Keywords: mining industry, electrical network, software

1. Wprowadzenie

Ciągłe dostarczanie energii elektrycznej do zakładów górniczych jest podstawową czynnością ich funkcjonowania. Jest ona wymagana ze względu na zapewnienie bezpieczeństwa pracy ludzi i ochrony środków produkcji. W przypadku przerw w dostawie energii procesy takie jak: przewietrzanie wyrobisk podziemnych, transport załogi z i na powierzchnię kopalni mogą stanowić poważne zagrożenia bezpieczeństwa.

Instalacje elektryczne stosowane w strukturach górniczych (często bardzo złożone) przesyłają dużą ilości energii, zwłaszcza, gdy szczytowe wartości mocy obciążenia są kilka razy wyższe niż średnia moc obciążenia. Dzięki planowaniu zużycia energii możliwe jest rozłożenie zapotrzebowania na energię w czasie. Planowanie możliwe jest jednak tylko wtedy gdy zużycie energii jest monitorowane i osoby decyzyjne mają rzetelne informacje związane ze zużyciem energii. Planowanie pozwala na zmniejszenie obciążeń sieci oraz elastyczność w dopasowaniu się do taryf sprzedaży energii elektrycznej.

Wobec pojawiających się zagrożeń zarówno w zakresie deficytu pierwotnych zasobów energii jak i zbyt niskiej efektywności jej wytwarzania, przesyłu, rozdziału i użytkowania narasta przekonanie o potrzebie wprowadzenia nowej jakości do sieci elektroenergetycznych, w tym stworzenia inteligentnych systemów dostawy energii znanych powszechnie jako „smart grid”. Takie działania są rozwijane przez jednostki naukowe [13] i prowadzone są na

skalę regionalną i krajową [14]. Można zauważyć, że zainteresowanie tego typu systemami wykazują także duże przedsiębiorstwa z wielu gałęzi przemysłu, również z górnictwa.

W kopalniach węgla kamiennego, podstawowe maszyny są wyposażone w urządzenia pozwalające na monitorowanie zużycia energii. Przykładem może być system rozproszony KOGASTER opracowany w ITG KOMAG [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 17] stosowany w układach sterowania maszyn. Jego funkcjonalność, związana z komunikacją bezprzewodową [15, 16], monitoringiem i diagnostyką [8] umożliwia pomiar natężenia prądu pobieranego przez napędy maszyn.

W latach 2013-2016 ITG KOMAG uczestniczył w projekcie M-SmartGRID, współfinansowanym przez Europejski Fundusz Węgla i Stali (RFCS). Głównym celem projektu było opracowanie inteligentnych komponentów kopalnianych sieci energetycznych. Zadaniem ITG KOMAG w projekcie M-SmartGRID [12] było opracowanie oprogramowania, które pozwoliłoby na integrację komponentów systemu, jego obsługę oraz przeprowadzanie symulacji działania, oraz pełniło funkcję szkoleniową, związaną z obsługą sieci.

2. Kopalniany układ elektroenergetyczny

W zakładach przemysłowych znaczenie mają odbiorniki energii elektrycznej, gdyż ich poprawna praca decyduje o efektach gospodarczych i bezpieczeństwie. Kopalnie są szczególnie wymagającymi i wrażliwymi odbiorcami energii elektrycznej. Decydują o tym, przede wszystkim, względy bezpieczeństwa, związane z zapewnieniem właściwego przewietrzania wyrobisk podziemnych i transportu załogi na powierzchnię kopalni, w przypadku wystąpienia zagrożeń. Problem ciągłości pracy głównych wentylatorów jest szczególnie istotny w przypadku kopalń silnie metanowych. Zaburzenia w ruchu kopalni mogą być groźniejsze, jeżeli jednocześnie przerwane zostanie zasilanie urządzeń stacji odmetanowania, ponieważ przyspiesza to dodatkowo wystąpienie niebezpiecznych stężeń metanu w wyrobiskach eksploatacyjnych. Dla kopalń groźna jest również możliwość nagłego i nadmiernego dopływu wody.

Najczęściej kopalnie zasilane są dwiema niezależnymi liniami napowietrznymi. W przypadku spełnienia stosownych przepisów [18] za niezależne źródło zasilania energią może być uznana również elektrownia przemysłowa, znajdująca się na terenie kopalni. Podobnie aby linie napowietrzne i linie kablowe, mogły być uważane za elementy dwóch niezależnych źródeł zasilania, muszą spełniać odpowiednie warunki.

Odbiorniki energii elektrycznej dzieli się zwykle na trzy kategorie, w zależności od skutków jakie powoduje przerwa w zasilaniu [10]:

- I kategoria - to odbiorniki, których przerwa w zasilaniu może wywołać zagrożenie życia ludzi albo znaczne straty gospodarcze (wentylatory głównego przewietrzania, maszyny wyciągowe niezbędne do wyjazdu załogi, stacje odmetanowania, pompy głównego odwadniania, systemy łączności i bezpieczeństwa),
- II kategoria - to odbiorniki, których przerwa w zasilaniu powoduje przestoje urządzeń produkcji podstawowej, a w związku z tym znaczne straty produkcyjne (skipowe maszyny wyciągowe wydobywcze, sprężarki, odbiorniki w zakładach przeróbczych, odbiorniki w łaźniach i lampowniach),
- III kategoria - to odbiorniki pozostałe (niezaliczone do I i II kategorii).

Kopalnie muszą posiadać co najmniej dwa niezależne źródła zasilania energią elektryczną, jedno zasilanie powinno pokryć pełne zapotrzebowanie mocy kopalni, drugie zasilanie powinno zapewnić minimalne zapotrzebowanie na moc, gwarantujące bezpieczeństwo ludzi, mienia i środowiska.

Obiekty podstawowe zakładu górniczego, które powinny posiadać dwa niezależne źródła zasilania w energię elektryczną to [18]:

- górnicze wyciągi szybowe w szybach i szybikach,
- stacje wentylatorów głównych,
- stacje odmetanowania,
- wewnętrzne instalacje i sieci elektroenergetyczne wysokiego i średniego napięcia, zasilające podstawowe obiekty i urządzenia na powierzchni,
- centrale i dyspozytornie wraz z systemami łączności, bezpieczeństwa i alarmowania,
- główne stacje sprężarek,
- urządzenia i układy głównego odwadniania wraz z rozdzielniami zasilającymi.

3. Oprogramowanie systemu M-SmartGRID

Projekt M-SmartGRID miał na celu opracowanie i wdrożenie nowego inteligentnego systemu obsługi kopalnianej sieci energetycznych, skupiającego istniejące komponenty oraz te nowe utworzone w ramach projektu. System zarządzania siecią energetyczną kopalni M-SmartGRID zapewnia prognozowanie obciążeń, monitorowanie powierzchniowej i dołowej sieci elektroenergetycznej oraz wspomaganie podejmowania decyzji w różnych warunkach funkcjonowania sieci. Głównym zadaniem ITG KOMAG w projekcie było opracowanie oprogramowania. Oprogramowanie zostało podzielone na systemy:

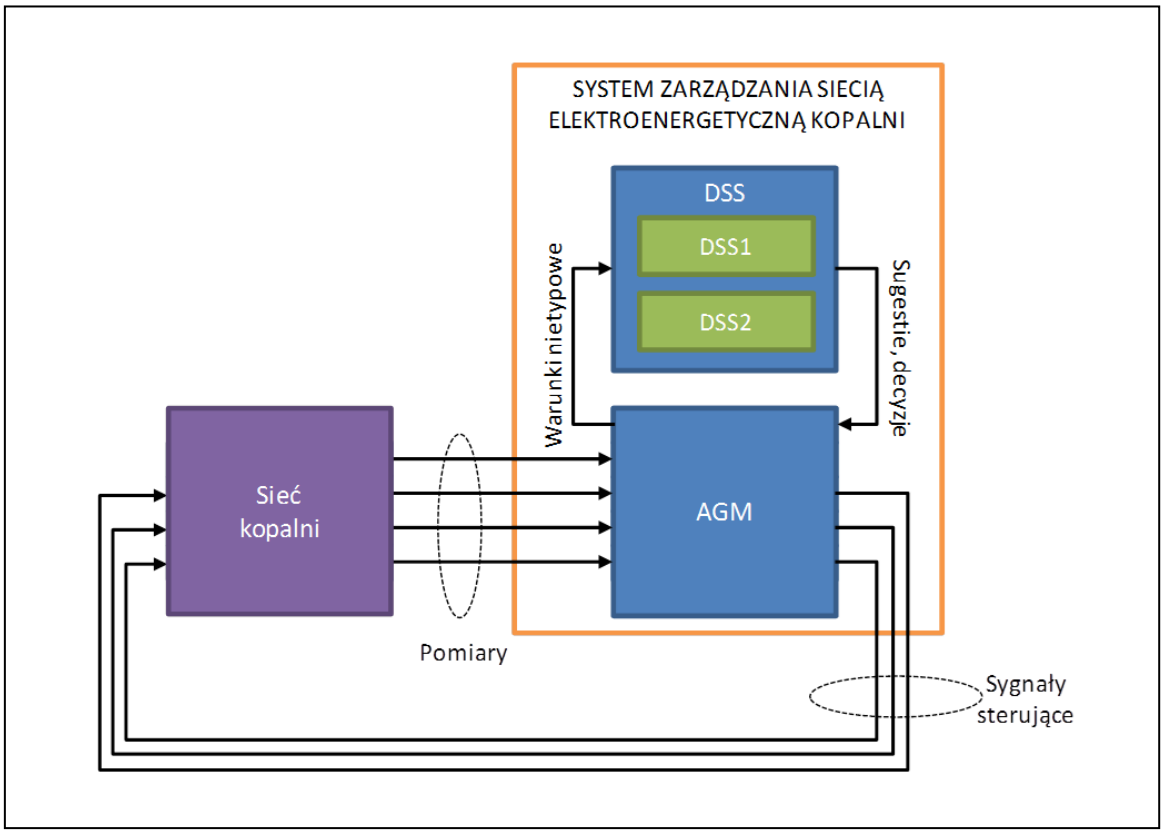
AGM - automatyczne zarządzanie siecią elektryczną,

DSS 1 - zarządzanie siecią w niestandardowych warunkach,

DSS 2 - zarządzanie siecią w sytuacjach niebezpiecznych,

które połączono w jeden nadrzędny system zarządzający siecią elektryczną kopalni. Strukturę systemu przedstawiono na rysunku 1.

„Pomiary” to wartości obciążeń sieci w wyznaczonych punktach rozdzielni, „Sygnały sterujące” to informacje o sposobach rozpływu energii w sieci. W sytuacjach niestandardowych i awaryjnych moduł AGM wymienia informacje poprzez podmoduł ekspertowy z modułem DSS. Moduł DSS1 związany jest z sytuacjami niestandardowymi, natomiast moduł DSS2 z sytuacjami awaryjnymi.



Rys. 1. Struktura systemu zarządzania siecią elektroenergetyczną kopalni [opracowanie własne]

Oprogramowanie opracowano przy wykorzystaniu środowiska programistycznego RAD Studio XE5. Przyjęto, że oprogramowanie powinno posiadać przejrzysty interfejs użytkownika, umożliwiający intuicyjną obsługę oraz powinno umożliwiać efektywne przetwarzanie dużych zbiorów danych za pomocą określonych algorytmów i poleceń SQL.

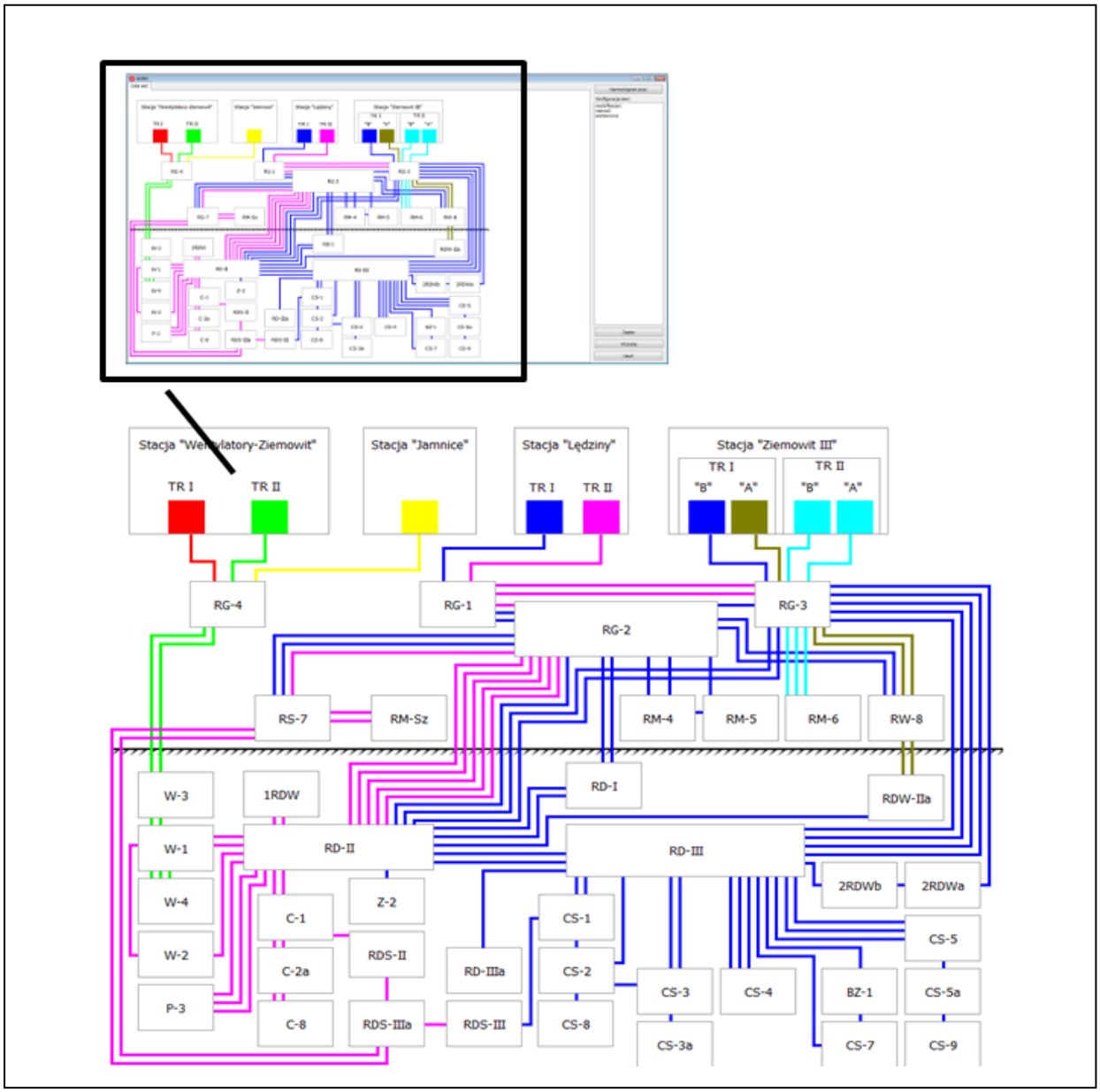
System zarządzania siecią energetyczną kopalni pobiera informacje ze sterowników oraz mierników zainstalowanych w rozdzielniach zarówno powierzchniowych jak i dołowych. Komunikacja odbywa się z wykorzystaniem protokołu Modbus, z możliwością rozszerzenia bazy obsługiwanych protokołów.

Moduł zarządzania siecią energetyczną kopalni stanowi najważniejszy element opracowywanego systemu i swoją funkcjonalnością obejmuje m.in.:

- wizualizację sieci,
- identyfikację stanu sieci,
- prognozowanie zużycia energii,
- wspomaganie podejmowania decyzji operatora,
- obsługę danych.

W ramach realizacji projektu przeprowadzono prace związane z opracowaniem interfejsu głównego oraz interfejsami okien pomocniczych, do prezentacji szczegółowych danych rozdzielni oraz umożliwiających analizę przebiegów czasowych. W celu jak najlepszego dopasowania systemu do potrzeb przyszłych użytkowników opracowano kilka wariantów graficznych, które skonsultowano z przedstawicielami kopalni. Główne okno programu

przedstawia schemat sieci elektroenergetycznej kopalni KWK „ZIEMOWIT” (rys. 2). W zależności od wykorzystanego źródła zasilania, poszczególne części sieci oznaczono różnymi kolorami w celu rozpoznania jej aktualnej konfiguracji.

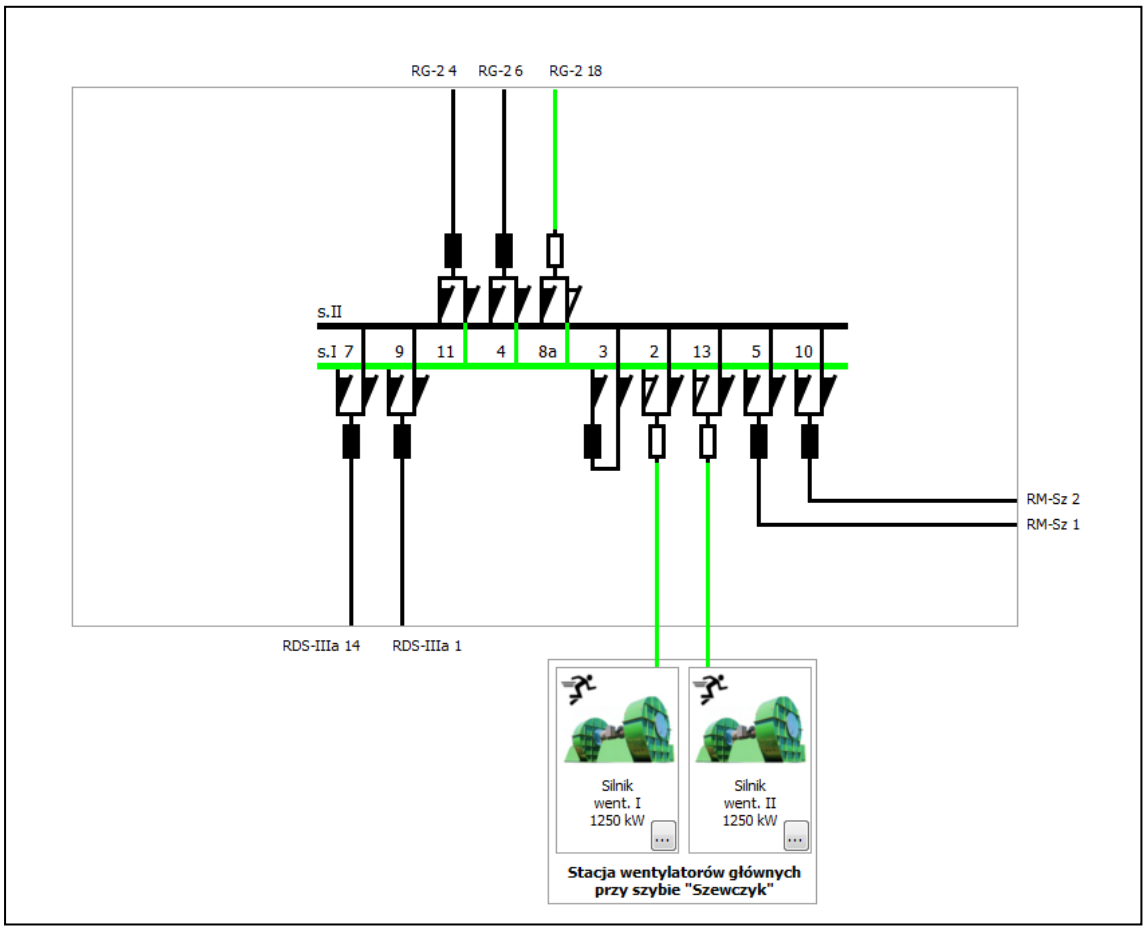


Rys. 2. Okno główne programu – schemat szczegółowy sieci energetycznej kopalni KWK „Ziemowit” [opracowanie własne]

Oprogramowanie wykonane w ITG KOMAG przygotowano do podłączenia do systemu monitorującego obciążenie sieci elektroenergetycznej, a następnie aplikację przetestowano przy pomocy sterownika PLC symulującego komponenty sprzętowe systemu.

Zmiana konfiguracji sieci odbywa się poprzez zmianę stanu wyłączników mocy i odłączników w rozdzielniach elektrycznych. Wybranie określonej rozdzielni powoduje otwarcie zakładki z aktualnym schematem jej połączeń (rys. 3). Zmiana stanu konfiguracji sieci dokonywana jest poprzez wybranie wyłącznika mocy lub odłącznika. Jeżeli aplikacja

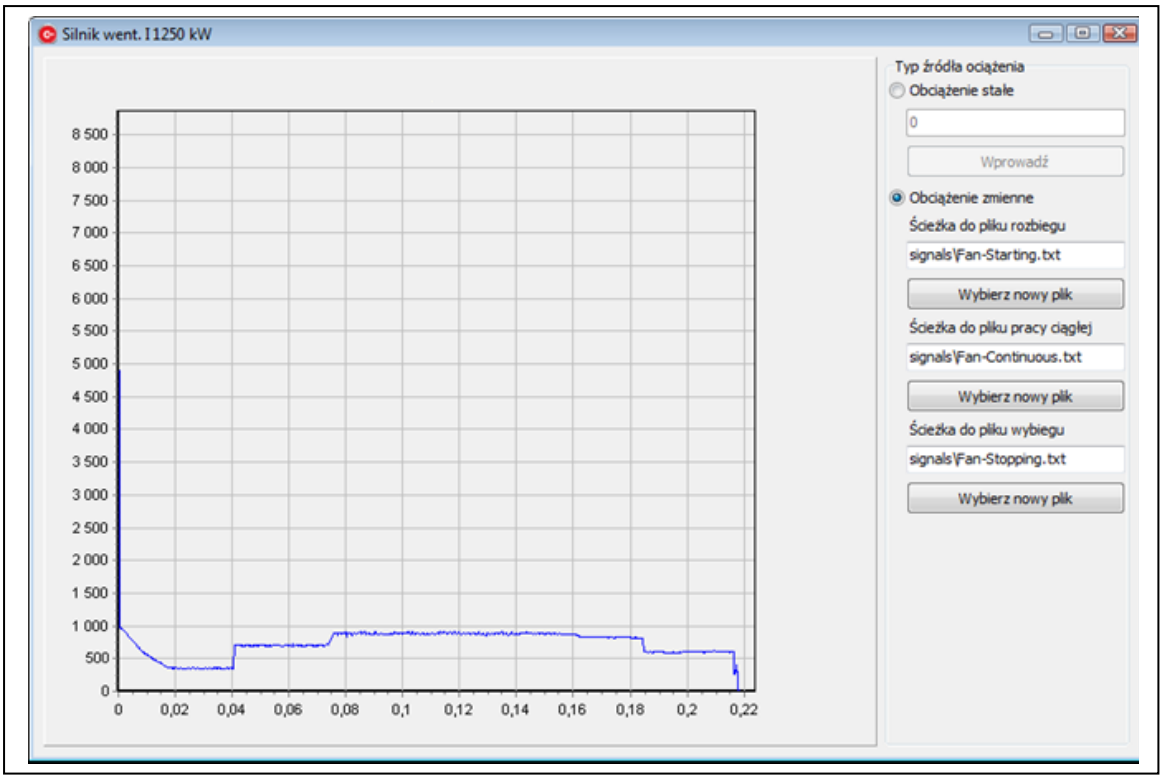
otrzyma potwierdzenie wykonania przełączenia, zmienia się automatycznie kolor połączeń, zgodnie z nową konfiguracją (kolory odpowiadają źródłu zasilania w danym miejscu sieci).



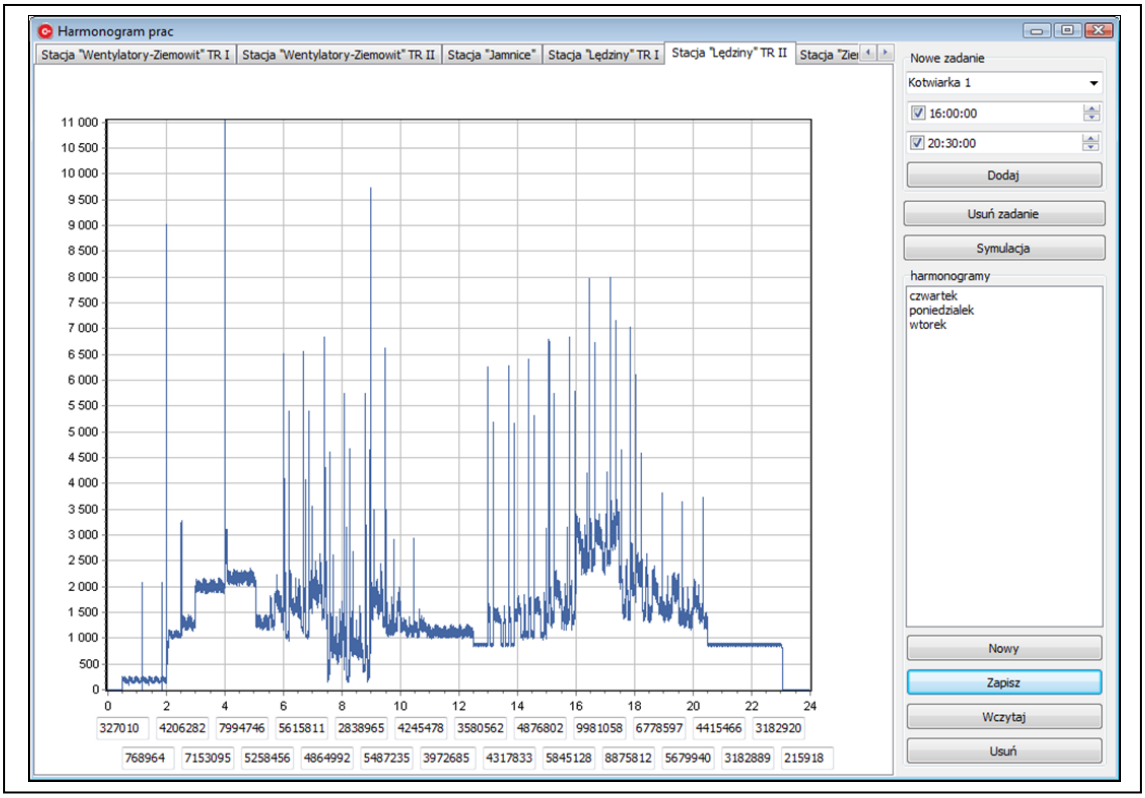
Rys. 3. Interfejs użytkownika z wybraną zakładką przedstawiająca rozdzielnię RS-7 z odbiornikami końcowymi w KWK „Ziemowit” [opracowanie własne]

Na rysunku 3 przedstawiono rozdzielnię, do której podłączone są końcowe odbiorniki energii. Przebieg czasowy obciążenia danego odbiornika można podejrzeć poprzez naciśnięcie na przycisk „...” obok symbolu odbiornika. Na rysunku 4 przedstawiono przykładowy wykres pozyskany na „KWK Ziemowit” prezentujący pobór mocy wentylatora w czasie. Parametry pracy urządzenia wczytano z pliku zawierającego symulowane obciążenie. Możliwe jest także pokazanie przebiegu w odniesieniu do transformatora, na który składają się wszystkie obciążenia (natężenie prądu) urządzeń do niego podpiętych.

Aplikacja również umożliwia wygenerowanie wykresów mocy w czasie z dnia wybranego przez użytkownika lub określonej symulacji (rys. 5) (system automatycznie wylicza godzinową średnią i maksymalną wartość obciążenia).



Rys. 4. Okno wprowadzania obciążeń wykorzystywanych do symulacji [opracowanie własne]



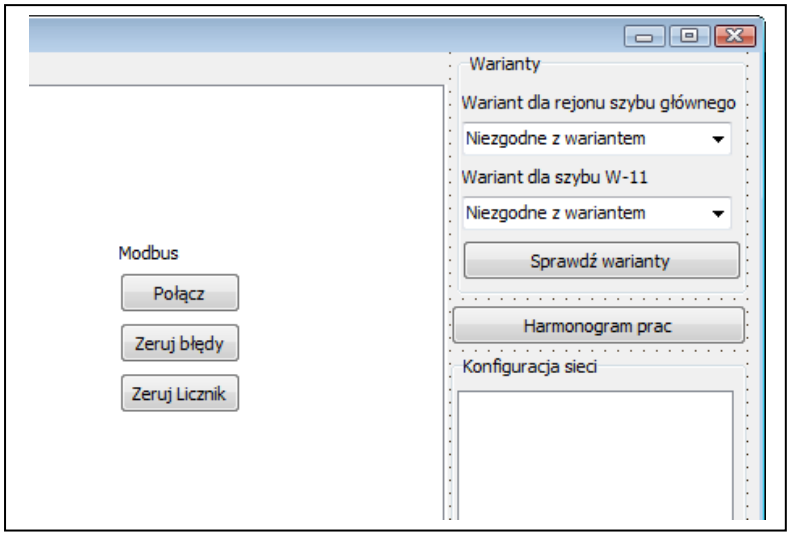
Rys. 5. Okno poglądu wykresów obciążeń transformatorów [opracowanie własne]

System zarządzania siecią elektroenergetyczną kopalni może również wspomagać podejmowanie decyzji operatora. Ma to szczególne znaczenie podczas występowania awarii lub planowanych przełączeń. Operator ma możliwość sprawdzenia wszystkich alternatywnych sposobów doprowadzenia zasilania do konkretnej rozdzielni, co pozwala to na zasilenie urządzeń znajdującym się za uszkodzonym lub remontowanym połączeniem. Proces doboru sposobu połączeń wspomagany jest przez interfejs użytkownika przedstawiający sieć energetyczną, a kolory przypisane transformatorom pozwalają na intuicyjną zmianę połączeń miedzy rozdzielniami i doprowadzenia zasilania z innego źródła.

Dla kolejno prezentowanych transformatorów, na podstawie danych o połączeniu sieci i harmonogramu prac, system automatycznie wylicza czy nie zostanie przekroczona graniczna wartość średniej i maksymalnej mocy w poszczególnych gałęziach systemu.

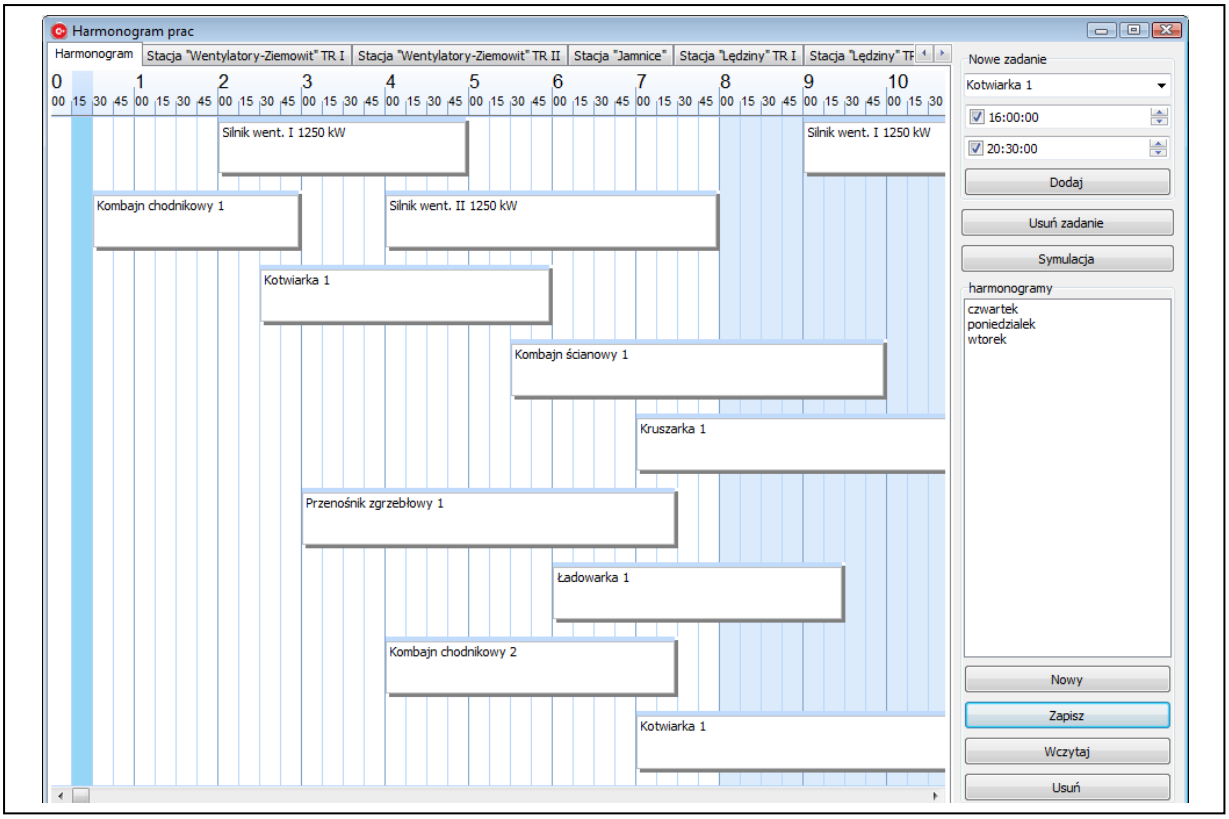
W aplikacji zaimplementowano także warianty przełączeń sieci, które umożliwiają zmianę jej konfiguracji w sytuacjach awaryjnych. Warianty przygotowano w formie gotowych schematów połączeń. Program przełączeń dodatkowo jest dostępny w programie w formie listy kontrolnej. Możliwe jest także automatyczne wykonywanie poleceń z listy kontrolnej w połączeniu z wizualizacją działań na schemacie sieci energetycznej.

W prawym górnym rogu głównego okna aplikacji (rys. 6) przedstawiane są warianty aktualnie używane w sieci. Przedstawiają one sposób podłączenia transformatorów do głównych rozdzielni. W przypadku, gdy połączenia rozdzielni nie odpowiadają żadnemu z wariantów, wyświetlana jest informacja o braku przynależności danej konfiguracji do wariantów. Rozwijane listy podają nie tylko aktualne warianty, ale także pozwalają na szybką ich zmianę. Opcja ta pozwala, w razie awarii transformatorów, na szybką zmianę połączeń wewnątrz sieci energoelektrycznej.



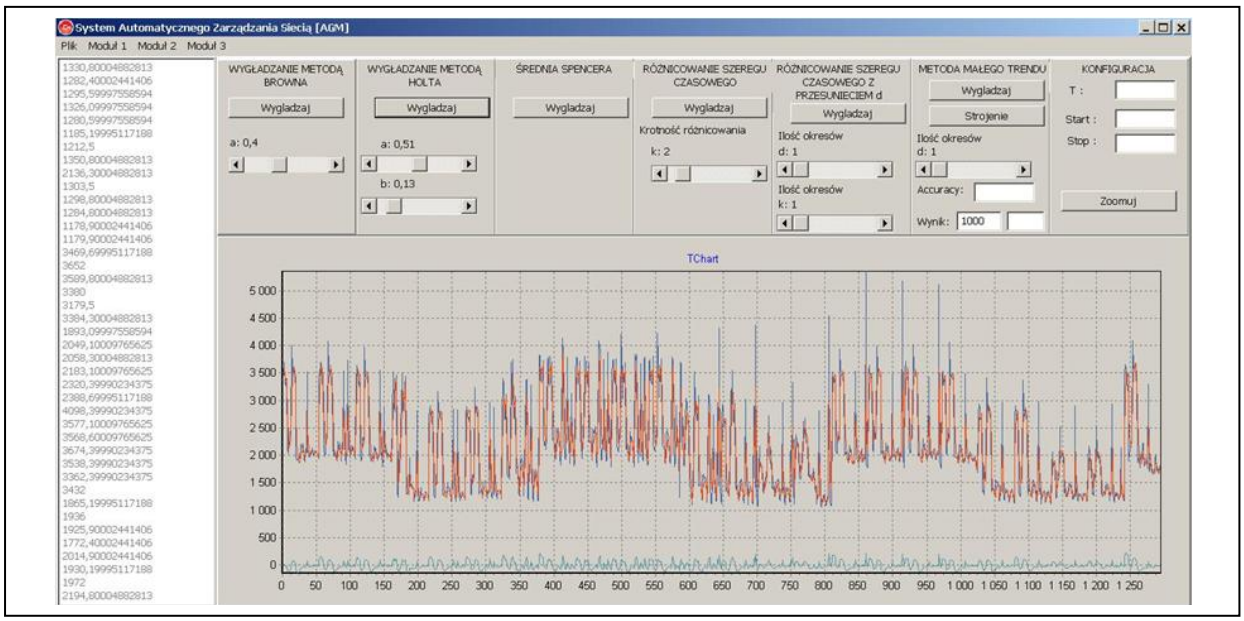
Rys. 6. Fragment okna z wyborem wariantów i opcjami testowania połączenia ze sterownikiem [opracowanie własne]

Kolejnym elementem systemu jest moduł planowania załączeń i prognozowania obciążenia. Oprogramowanie do prognozowania zużycia energii zrealizowano w oparciu o model sieci energoelektrycznej oraz model obciążeń. Planowanie załączeń odbywa się przy pomocy interfejsu użytkownika, przystosowanego do czasowego planowania zadań (rys. 7).



Rys. 7. Interfejs użytkownika – harmonogram prac [opracowanie własne]

Moduł prognozowania obciążeń jest realizowany w oparciu o predykcję zachowań modeli, zidentyfikowanych na podstawie sygnałów obciążeń. Każdy sygnał z punktu pomiarowego rozdzielni jest modelowany niezależnie. Do modelowania używane są dane historyczne, zarejestrowane podczas pracy urządzeń. Prawidłowe przeprowadzenie prognozowania obciążenia, wymaga wcześniejszego przygotowania sygnałów historycznych. Sygnał jest filtrowany i normalizowany. Na rysunku 8 przestawiono przykładowe okno aplikacji do obróbki sygnałów.



Rys. 8. Okno aplikacji do obróbki sygnałów [opracowanie własne]

4. Podsumowanie

Dokładna analiza sieci elektroenergetycznej kopalni pozwoliła na zaprojektowanie systemu do jej zarządzania w celu zwiększenia bezpieczeństwa pracy w zakładach górniczych i zapewnienia oszczędności finansowych, dzięki możliwości zarządzania poborem energii elektrycznej. Dane pozyskane z kopalni „KWK Ziemowit" wykorzystano do zamodelowania odbiorników i przeprowadzenia symulacji na utworzonym oprogramowaniu. Symulacje potwierdziły prawidłowe działania oprogramowania i gotowość do zastosowania w kopalni.

Interfejs użytkownika oprogramowania zaprojektowano tak by wymagał jak najkrótszego czasu wdrożenia. Efekt ten uzyskano dzięki rozmowom z potencjalnymi użytkownikami i wykorzystaniu pojęć używanych przez nich. Interfejs opracowano tak, by aktualnie wyświetlany jego fragment był czytelny i wygodny w obsłudze.

Projekt M-SmartGRID

m-smartgrid
mining smart electrical grids

Literatura

[1] Jasiulek D.: Propozycje zastosowania czujników samozasilających się w przemyśle wydobywczym. Przegląd Górniczy 2014, nr 1

[2] Jasiulek D., Bartoszek S., Jagoda J., Jura J.,. Krzak Ł.: Możliwości funkcjonalne systemu rozproszonego sterowania KOGASTER. W: Mechanizacja, Automatyzacja i Robotyzacja w Górnictwie. Red. nauk. Krauze K.. Lędziny, Kraków, 2015

[3] Jasiulek D., Stankiewicz K., Woszczyński M.: Intelligent self-powered sensors in the state-of-the-art control systems of mining machines. Archives of Mining Science Vol 61, No 4 (2016)

[4] Jasiulek D., Świder J.: Mechatronic systems in mining roadheaders - examples of solutions. Pomiary Automatyka Robotyka 2013 nr 1

[5] Jendrysik S., Jasiulek D., Stankiewicz K.: System sterowania ścianowym przenośnikiem zgrzebłowym. Maszyny Górnicze 2015, nr 1, s. 29-32

[6] Jura J., Bartoszek S., Jagoda J., Jasiulek D., Stankiewicz K., Krzak Ł.: Innowacyjny system sterowania KOGASTER. Napędy i Sterowanie 2014, nr 7/8

[7] Jura J., Bartoszek S., Jagoda J., Jasiulek D., Stankiewicz K., Krzak Ł.: System sterowania KOGASTER – nowe trendy w budowie maszyn górniczych. Maszyny Górnicze 2014, nr 2, s. 43-49

[8] Kostka M., Krzak Ł., Gawliński A., Jasiulek D., Latos M., Rogala-Rojek J., Stankiewicz K., Bartoszek S., Jendrysik S., Jura J.: Systemy monitoringu, diagnostyki i sterowania maszyn górniczych. Maszyny Górnicze 2015, nr 3, s. 88-96

[9] Kozieł A., Jasiulek D., Stankiewicz K., Bartoszek S.: Inteligentne systemy mechatroniczne w maszynach górniczych. Napędy i Sterowanie 2012, nr 2. s. 112-116

[10] Popczyk J.: Elektroenergetyczne układy przesyłowe. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1984

[11] Rogala-Rojek J.: Systemy informatyczne i narzędzia inżynierskie wspomagające procesy produkcyjne surowców mineralnych. Maszyny Górnicze 2016, nr 4 s. 104-115

[12] Rogala-Rojek J., Jendrysik S., Jura M., Jasiulek D.: Smart system for electric grid management in coal mines. Studia Informatica 2017, nr 3 s. 101-114

[13] Rohjans S., Uslar M., Bleiker R., González J., Specht M., Suding T., Weidelt T.: Survey of smart grid standardization studies and recommendations. Smart grid communications (SmartGridComm) 2010, s. 583-588

[14] Smoleński R.: Conducted electromagnetic interference (EMI) in smart grids. Springer Science & Business Media 2012

[15] Stankiewicz K.: A method for the self-organization of a sensor network in belt conveyor exploitation. Problemy Eksploatacji – Maintenance Problems 2016, nr 3, pp. 145-254

[16] Stankiewicz K.: Koncepcja środowiska symulacyjnego do oceny samoorganizacji trasowania w sieci sensorycznej. Maszyny Górnicze 2015, nr 2, s. 3-8

[17] Stankiewicz K., Jasiulek D., Jagoda J., Jura J.: Rozproszone systemy sterowania maszyn i urządzeń górniczych. Maszyny Górnicze 2016, nr 3, s. 54-66

[18] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych (Dz.U. 2017 poz. 1116)

Czy wiesz, że ....

...do 2019 roku północne Chiny mają być w 50% ogrzewane czystymi paliwami, a do roku 2021 odsetek ten ma wynieść 70% - wynika z pięcioletniego planu przejścia na czyste ogrzewanie, oparte na energii geotermalnej, biomasie czy gazie ziemnym. Władze zmuszają miliony mieszkańców i tysiące firm do zastąpienia pieców węglowych czystszymi alternatywami, a lokalne rządy zakazują palenia węglem.

Rzeczpospolita 2017 nr z 19 grudnia s.B10