

<https://doi.org/10.32056/KOMAG2019.4.4>

Akumulatorowy układ zasilania urządzenia wierzącego realizowanego w ramach projektu INDIRES

Tomasz Trawiński
Marcin Szczygieł
Przemysław Deja
Bartosz Polnik

Battery power supply system for the drilling device
developed as part of the INDIRES project

Streszczenie:

W artykule przedstawiono wyniki pracy jakie zrealizowano w ramach projektu europejskiego INDIRES. Głównym celem realizowanego projektu jest poprawa bezpieczeństwa pracy w górnictwie, poprzez opracowanie nowych technologii wspomagających pracę ratowników górniczych, powiązanych z innowacyjnymi technologiami komunikacyjnymi możliwymi do zastosowania w przestrzeniach potencjalnie zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego.

Słowa kluczowe: górnictwo, maszyny elektryczne, zasilanie akumulatorowe, urządzenie wierzące

Keywords: mining, electric machines, battery supply, drilling device

Abstract:

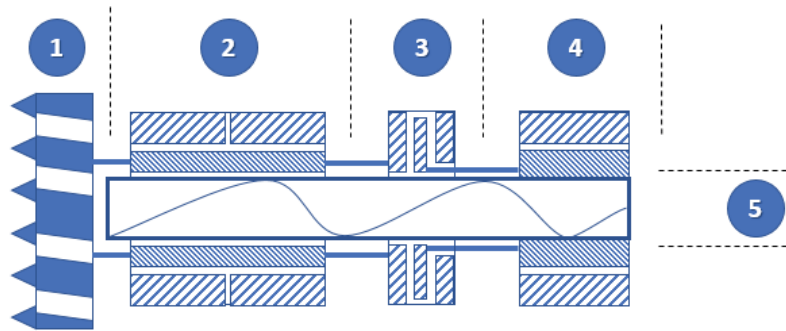
In the list of search results implemented as part of the INDIRES public project. The main goal of the implemented project is to improve work safety in mining, by developing new technologies supporting the work of mining rescuers, using innovative communication technologies that can be used in potentially explosive methane and / or coal dust.

1. Wprowadzenie

INDIRES, to trzyletni projekt badawczy, który otrzymał dofinansowanie z Europejskiego Funduszu Badawczego Węgla i Stali (RFCS). Podstawowym celem Funduszu Badawczego Węgla i Stali jest realizacja programów badań i rozwoju technologicznego, wspierających konkurencyjność sektora badawczego w tych dwóch obszarach [5]. Głównym celem projektu INDIRES jest poprawa bezpieczeństwa pracy w górnictwie, poprzez opracowanie nowych technologii wspomagających pracę ratowników górniczych, powiązanych z innowacyjnymi technologiami komunikacyjnymi możliwymi do zastosowania w przestrzeniach potencjalnie zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego. Prace badawcze w projekcie INDIRES prowadzone są przez interdyscyplinarne konsorcjum. Konsorcjum obejmuje cztery instytucje badawcze (DMT Niemcy, polskie instytuty: EMAG, GIG i KOMAG), dwóch producentów węgla (Premogovnik Velenje Słowenia i Polska Grupa Górnicza sp. z o.o.), spółkę inżynierską specjalizującą się w robotach podziemnych (Geocontrol Hiszpania) oraz trzy uniwersytety (University of Exeter Wielka Brytania, Universidad Carlos III de Madrid Hiszpania oraz Politechnika Śląska Polska) [6].

Jednym z zadań projektu jest opracowanie nowej metody wiercenia, która wyeliminuje wady wiercenia udarowego. Zastosowanie drgań skrętnych przy częstotliwościach bliskich lub równych naturalnej częstotliwości urabianego materiału może być bezpieczną metodą wiercenia [2, 3]. Zaproponowany nowy system wiertni składa się z trzech zasadniczych elementów: generatora momentu skrętnego, indukcyjnego konwertera momentu obrotowego, oraz silnika głównego. Spośród nowatorskich technologii opracowanych w ramach projektu w niniejszym artykule przedstawiono akumulatorowy układ zasilania urządzenia wierzącego.

Urządzenie wierzące (rys. 1) przeznaczone jest do wiercenia otworów w węglu oraz skałach o określonej twardości, przy użyciu wiertel do wierceń obrotowych (maksymalna średnica otworu $\phi = 200$ mm).



Rys. 1. Przekrój urządzenia wierzącego [1]

1- głowica tnąca / ładująca, 2- generator momentu skrętnego, 3- indukcyjny konwerter momentu obrotowego, 4- silnik główny, 5- przenośnik ślimakowy

2. Akumulatorowy układ zasilania urządzenia wierzącego

2.1. Założenia ogólne

Urządzenie wierzące przeznaczone będzie do stosowania w podziemnych zakładach górniczych w wyrobiskach zaliczanych do stopnia „a”, „b” lub „c” niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz klasy „A” lub „B” niebezpieczeństwa wybuchu pyłu węglowego [8].

Wobec powyższego, podzespoły wyposażenia elektrycznego układu zasilania urządzenia wierzącego zostaną umieszczone w obudowie przeciwwybuchowej. Zaprojektowana obudowa przeciwwybuchowa składa się z dwóch komór: aparatury oraz baterii, połączonych elektrycznie. Zasilanie urządzeń odbiorczych jak i połączenie z siecią elektroenergetyczną kopalni realizowane jest za pomocą ognioszczelnych złączy wtykowych.

System zasilania powinien spełniać następujące wymagania techniczne:

- posiadać obudowę zapewniającą stopień ochrony przed dostępem osób do części niebezpiecznych, przed wnikaniem obcych ciał stałych oraz przed szkodliwymi skutkami wnikającej wody, nie niższy niż IP 54,
- posiadać obwody sterowania, kontroli i blokad jako iskrobezpieczne kat. i_b ,
- zapewnić prowadzenie obwodów iskrobezpiecznych kat. i_b osobnymi kablami lub przewodami z zachowaniem rozdzielania obwodów dla różnych napięć iskrobezpiecznych,
- zapewnić obwody nieiskrobezpieczne w kontrolę upływową oraz prowadzone osobnymi przewodami lub kablami,
- zapewniać ochronę przed dotykiem bezpośrednim poprzez umieszczenie aparatury elektrycznej w obudowach,
- zapewniać ochronę przed dotykiem pośrednim poprzez zastosowanie zabezpieczeń przed skutkami zwarć, przeciążeń,
- posiadać obwody sterowania i sygnałowe,
- zapewnić prawidłową pracę w temperaturze otoczenia od 0°C do 40°C , przy wilgotności względnej do 95%,

- zapewniać rezystancję izolacji nie mniejszą niż 10 MΩ,
- posiadać właściwe odstępki izolacyjne powierzchniowe i w powietrzu,
- zapewniać uruchomienie urządzenia poprzez zamierzone uaktywnienie elementu sterowniczego,
- wyposażyć urządzenie w element sterowniczy umożliwiający w sposób bezpieczny całkowite zatrzymanie,
- wyposażyć urządzenie w co najmniej jeden element do zatrzymywania awaryjnego zapobiegający istniejącemu lub zagrażającemu niebezpieczeństwu,
- zapewnić, by przerwy w zasilaniu, przywrócenie zasilania po przerwie lub dowolnego rodzaju wahania w zasilaniu urządzenia nie mogły doprowadzać do niebezpiecznej sytuacji oraz niekontrolowanego zachowania maszyny.

Silnik główny, jak i generator momentu skrętnego urządzenia wierzącego zasilane będą napięciem 3x230 V; 50 Hz. W związku z powyższym akumulator posiada napięcie znamionowe 400 V DC. Ponieważ odbiorniki są zasilane prądem przemiennym, wymusza to konieczność zastosowania w pełni kontrolowanego przetwornika, który spełnia funkcje falownika dwukierunkowego. Z kolei akumulator wymaga ładowania, konieczna więc jest instalacja wewnętrznej ładowarki. Ładowarka zasilana jest z kopalnianej sieci elektroenergetycznej z izolowanym punktem neutralnym transformatora o napięciu 3x500 V; 50 Hz.

2.2. Bateria akumulatorów

Założono, że urządzenie wierzące będzie zasilane z baterii akumulatorów przez co najmniej 3 godziny. Sumaryczna moc znamionowa odbiorników wynosi około 10 kW. Pozostałe podzespoły wyposażenia elektrycznego ok. 0,5 kW. Moc znamionowa nie przekracza 11 kW. Zakładając, że układ napędowy zostanie obciążony znamionową mocą równą 11 kW, pojemność akumulatora urządzenia wierzącego wynosi:

$$C = P \cdot t \text{ [kWh]}$$

$$C = 11 \cdot 3 = 33 \text{ [kWh]}$$

Ponieważ zużycie energii wynosi zwykle około 0,7 mocy znamionowej, zdecydowano, że nominalna pojemność akumulatora wyniesie $C = 24 \text{ kWh}$.

Podczas prac projektowych systemu zasilania przeanalizowano rozwiązania akumulatorów nowej generacji. Jako główne źródło zasilania urządzenia wierzącego zaproponowano oraz poddano analizie następujące ogniwa:

- a) litowo-polimerowe,
- b) litowo-manganowe,
- c) litowo-jonowe,
- d) litowo-fosforanowo-żelazowe.

Ogniwa litowo-polimerowe (rys. 2) zastosowano po raz pierwszy w górnictwie do zasilania kolejki podwieszanej GAD-1 [4]. W tabeli 1 przedstawiono podstawowe parametry techniczne ogniwa litowo-polimerowego.

Parametry techniczne ogniwa litowo-polimerowego [1]

Tabela 1

Napięcie znamionowe	3,7 V
Max. napięcie rozładowania	3 V
Max. napięcie ładowania	4,15 V
Max. prąd ładowania	1 C
Max. prąd rozładowania	2 C
Temperatura podczas rozładowania	10 ~ 45°C
Temperatura podczas ładowania	-10 ~ 55°C



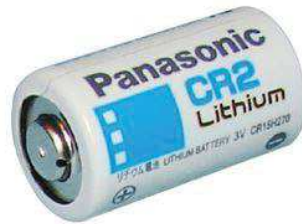
Rys. 2. Ogniwo litowo-polimerowe [1]

Ogniwa te posiadają hermetyczną obudowę o wysokiej elastyczności. Nie wydzielają gazów podczas normalnej pracy. Zaciski ogniwa wykonane są z dwóch metalowych pasków: aluminium i niklu, które dodatkowo pełnią funkcję bezpiecznika. Taki układ zacisków umożliwia fizyczną ochronę ogniwa przed zewnętrznym zwarcie. Producent podaje maksymalne napięcie rozładowania 3 V, poniżej tej wartości należy odłączyć i ładować ogniwo. Nie należy dopuścić do głębszego rozładowania, ponieważ niekorzystnie wpływa to na żywotność ogniwa. Podobnie przy maksymalnym napięciu ładowania producent podaje 4,15 V, dalsze przeładowanie ogniwa może spowodować jego uszkodzenie i niekorzystnie wpłynąć na jego żywotność.

Deklarowany przez producenta czas „życia” ogniwa (liczba cykli roboczych) wynosi ponad 2000 cykli, tj. ogniwo można 2000 razy rozładować i 2000 razy naładować, a jego pojemność nie będzie mniejsza niż 20%. Temperatura robocza zależy od zastosowania ogniwa. Jeśli ma działać tylko w trybie rozładowania, optymalne wykorzystanie ogniwa będzie w zakresie temperatur od 10 do 45°C.

Ogniwa te mają doskonałe parametry pod względem żywotności, a także bardzo wysoką gęstość energii. Ponadto charakteryzują się wysoką odpornością na wstrząsy, co jest ważne z punktu widzenia warunków pracy. Wadą jest możliwość zastąpienia stosunkowo niewielkiej odporności na wysokie temperatury (wymagają układów chłodzenia) i długim czasem ładowania. Ponadto należy wspomnieć, że mogą pracować tylko w pozycji poziomej, co z punktu widzenia ergonomii może być ważne.

Ogniwa litowo-manganowe (rys. 3) są ogniwami przeznaczonymi do pracy w warunkach wysokoprądowych. W tych komórkach anoda wykonana jest z litu, zaś materiałem reakcyjnym jest sproszkowany dwutlenek manganu.



Rys. 3. Ogniwo litowo-manganowe [1]

Energia elektryczna jest uwalniana podczas reakcji utleniania litu na anodzie. Podczas reakcji nie powstaje gaz. Akumulatory litowo-manganowe charakteryzują się niską impedancją wewnętrzną, co zapewnia bardzo korzystne charakterystyki napięcia podczas pracy z dużymi prądami. Zaleca się stosowanie akumulatorów litowo-manganowych wszędzie tam, gdzie możliwe jest działanie urządzenia w podwyższonej temperaturze. Podstawowe dane techniczne dla ogniwo litowo-manganowych przedstawiono w tabeli 2.

Parametry techniczne ogniwa litowo-manganowego [1]

Tabela 2

Napięcie znamionowe	3 V
Max. napięcie rozładowania	2 V
Max. napięcie ładowania	4 V
Max. prąd ładowania	8 C
Max. prąd rozładowania	14 C
Temperatura podczas rozładowania	10 ~ 55 °C
Temperatura podczas ładowania	-10 ~ 75 °C

Główną zaletą ogniwo litowo-manganowych w porównaniu z ogniwoami litowo-polimerowymi jest możliwość ładowania dużym prądem, co znacznie skraca czas ładowania. Ponadto ogniwa te mogą pracować w wyższych temperaturach, a ich konstrukcja pozwala zamknąć więcej energii w mniejszej objętości. Główną wadą tego typu ogniwo jest ich wysoka cena, a także brak doświadczenia w trudnych warunkach pracy. Ponadto wady obejmują stosunkowo niskie napięcie pojedynczego ogniwa wynoszące 3 V.

Ogniwa litowo-jonowe (rys. 4) są jednym z najnowszych rozwiązań wśród ogniwo wielokrotnego ładowania (wtórnych).



Rys. 4. Ogniwa litowo-jonowe [1]

Głównymi zaletami ogniwo litowo-jonowych są niska masa, mała objętość ogniwa, wysokie napięcie jednostkowe, brak efektu pamięci, wysoka gęstość energii, długa żywotność i niskie

samorozładowanie. Baterie litowo-jonowe są powszechnie stosowane w nowoczesnym sprzęcie elektronicznym.

Podstawowe dane techniczne dla ogniw litowo-jonowych przedstawiono w tabeli 3.

Parametry techniczne ogniwa litowo-jonowego [1]

Tabela 3

Napięcie znamionowe	3,6 V
Max. napięcie rozładowania	2,5 V
Max. napięcie ładowania	4,2 V
Max. prąd ładowania	0,5 C
Max. prąd rozładowania	1 C
Temperatura podczas rozładowania	-20 ~ 60 °C
Temperatura podczas ładowania	0 ~ 45 °C

Ogniwa litowo-żelazowo-fosforanowe (rys. 5) są obecnie coraz częściej stosowane zarówno w przemyśle motoryzacyjnym, jak i przemyśle ciężkim.



Rys. 5. Ogniwa litowo-żelazowo-fosforanowe [1]

W górnictwie tego typu ogniwa zastosowano po raz pierwszy w układzie napędowym ciągnika podwieszono PCA-1. Ogniwa litowo-żelazowo-fosforanowe łączą zalety wysokiej wydajności prądowej, wysokiej gęstości energii, bezpieczeństwa i długiej żywotności. Ogniwa te są szczególnie odpowiednie do zastosowań wysokoprądowych. Cykl życia ogniwa sięga kilku tysięcy cykli ładowania / rozładowania. Ogniwa wykazują zwiększoną odporność na nieodpowiednie warunki pracy w porównaniu z innymi technologiami litowo-jonowymi. Jednak zgodnie z dobrymi praktykami budowania systemów zasilania na bazie litu wymagają one zastosowania odpowiedniego systemu bezpieczeństwa.

Należy podkreślić, że ogniwa tego typu charakteryzują się wysoką stabilnością podczas pracy, a zatem nie występują gwałtowne zjawiska elektrochemiczne w przypadku np. przeładowywania.

Podstawowe dane techniczne dla ogniw litowo-żelazowo-fosforanowych przedstawiono w tabeli 4.

Parametry techniczne ogniwa litowo-żelazowo-fosforanowe [1]

Tabela 4

Napięcie znamionowe	3,2 V
Max. napięcie rozładowania	2 V
Max. napięcie ładowania	3,65 V
Max. prąd ładowania	3 C
Max. prąd rozładowania	3 C (10 C peak)
Temperatura podczas rozładowania	-20 ~ 60 °C
Temperatura podczas ładowania	0 ~ 45 °C

Na podstawie przedstawionego przeglądu ogniw litowych do zasilania urządzenia wierzącego wybrano ogniwa litowo-żelazowo-fosforanowe.

2.3. System nadzoru baterii akumulatorów

System nadzoru baterii akumulatorów (BMS) jest ważnym elementem maszyn i urządzeń zasilanych z akumulatorów litowych pracujących w podziemnych kopalniach. Należy stosować monitorowanie i kontrolę procesu magazynowania energii w zestawach ogniw akumulatorowych, aby ogniwa mogły funkcjonować tak długo, jak to możliwe, jako niezawodne i stabilne źródła energii elektrycznej, charakteryzując się jednocześnie wysoką wydajnością i wysokim poziomem ochrony. System BMS wykonuje kilka zadań, takich jak: pomiar napięcia, prądu i temperatury systemu, poziom naładowania ogniwa, ochrona ogniwa, zarządzanie temperaturą, kontrola ładowania / rozładowania, akwizycja danych, komunikacja z modułami wewnętrznymi i zewnętrznymi, monitorowanie i przechowywanie poprzednich danych, oraz wyrównanie napięcia na ogniwach akumulatorowych zwane równoważeniem ogniw. Jedną z najważniejszych funkcji BMS jest wyrównywanie pojemności poszczególnych ogniw baterii. Wyrównywanie pojemności ogniw polega na wyrównywaniu poziomu pojemności wszystkich ogniw, co odbywa się poprzez specjalnie zaprojektowany do tego celu system. Jest to konieczne, ponieważ poszczególne ogniwa, nawet te dostarczane przez tego samego producenta, mogą różnić się poziomem maksymalnego rozładowania, pojemności i rezystancji wewnętrznej. Różnice te mogą pogłębiać się podczas pracy. Dodatkowym niekorzystnym czynnikiem może być praca poszczególnych ogniw w różnych temperaturach. Powoduje to końcowy inny poziom naładowania, co z kolei wpływa na wartość całkowitej pojemności akumulatora. Dlatego wyrównywanie pojemności zestawu ogniw jest już zalecane w przypadku akumulatorów składających się z co najmniej trzech ogniw, a w przypadku większej liczby staje się koniecznością.

Konieczna jest skuteczna diagnostyka pakietu akumulatorów, aby mogły one działać tak długo, jak to możliwe, jako niezawodne i stabilne źródła energii elektrycznej, charakteryzując się jednocześnie wysoką efektywnością energetyczną i wysokim poziomem bezpieczeństwa.

W przypadku opracowanego systemu zasilania urządzenia wierzącego zdecydowano się na system BMS 2.0 ORION (rys. 6).



Rys. 6. BMS 2.0 ORION [7]

System BMS 2.0 ORION jest systemem komercyjnym, powszechnie stosowanym w przemyśle motoryzacyjnym z pasywnym układem wyrównywania pojemności baterii.

System BMS 2.0 ORION [7] charakteryzuje się:

- możliwością pomiaru do 180 ogniw połączonych szeregowo,
- wysoką odpornością na zakłócenia elektromagnetyczne,
- możliwością obliczania stanu naładowania (SOC),
- profesjonalnymi złączami blokującymi klasy motoryzacyjnej,
- możliwością obliczania limitu prądu rozładowania (DCL) oraz limitu prądu ładowania (CCL),
- możliwością pomiaru napięcia pojedynczego ogniwa między 0,5 a 5,0 V,
- podwójnymi interfejsami CANBUS 2.0B (w pełni programowalnymi),
- możliwością obsługi protokołu diagnostycznego OBD2.

2.4. Obudowa przeciwwybuchowa

Prace projektowe obudowy przeciwwybuchowej dla urządzenia wierzącego przeprowadzono w środowisku oprogramowania Autodesk Inventor i Autocad Mechanical z wykorzystaniem modułów weryfikacji wytrzymałości MES. Zespół projektowy zaangażowany w realizację zadania wykonał szereg modeli przestrzennych. Szczegółowe modele 3D pozwoliły na weryfikację funkcjonalności oraz określenie możliwości i ograniczeń w montażu poszczególnych elementów wyposażenia elektrycznego. Prace projektowe przeprowadzono w oparciu o następujące założenia:

- obudowa przeciwwybuchowa powinna składać się z dwóch komór: komory akumulatora oraz komory aparatury elektrycznej,
- obudowa przeciwwybuchowa powinna spełniać wymagania dotyczące stosowania w obszarach zagrożonych wybuchem metanu i / lub pyłu węglowego,
- obydwie komory powinny być niezależnymi konstrukcjami spawanymi połączonymi ze sobą za pomocą śrub i podkładek,
- falownik oraz ładowarka zabudowane w osłonie ognioszczelnej powinny być wyposażone w wymiennik ciepła,
- komory zostaną połączone ze sobą za pomocą ognioszczelnych izolatorów przepustowych,

- rozmieszczenie elementów wyposażenia elektrycznego powinno maksymalnie uprościć czynności montażowe i serwisowe.

W oparciu o powyższe założenia konstrukcyjne i na podstawie bieżących uzgodnień technicznych między zespołami projektowymi opracowano formę konstrukcyjną (część mechaniczną) obudowy ognioszczelnej. Przeprowadzona analiza wytrzymałości MES obudowy wykazała poprawność wytrzymałości konstrukcji obudowy.

3. Podsumowanie

W artykule przedstawiono wyniki pracy jakie zrealizowano w ramach projektu europejskiego INDIRES. Głównym celem realizowanego projektu jest poprawa bezpieczeństwa pracy w górnictwie, poprzez opracowanie nowych technologii wspomagających pracę ratowników górniczych, powiązanych z innowacyjnymi technologiami komunikacyjnymi możliwymi do zastosowania w przestrzeniach potencjalnie zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego. W artykule przedstawiono akumulatorowy układ zasilania urządzenia wierzącego. Opracowany w ramach projektu INDIRES akumulatorowy układ zasilania urządzenia wierzącego zapewnia bezpieczne i prawidłowe działanie. Wyposażenie elektryczne zaprojektowano zgodnie z wymaganiami dla urządzeń stosowanych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, wynikającymi z Dyrektywy 2014/34/UE (ATEX) [8], Dyrektywy 2006/42/WE [9] oraz norm zharmonizowanych. Urządzenie wierzące jest przystosowane do pracy w podziemnych zakładach górniczych, w polach niemetanowych i metanowych o stopniu „a”, „b”, „c” niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz klasy „A” lub „B” niebezpieczeństwa wybuchu pyłu węglowego.

Literatura

- [1] INDIRES Sprawozdanie Task 4.4 – Drilling Rig: Power Supply and Control System Design D4.4 – Report on Drilling Rig Power Supply and Control System Design (praca niepublikowana).
- [2] Kowol P., Szczygieł M., Burlikowski W., Trawiński T.: Electromagnetic field calculations of multimodule electromechanical device for drilling process - main motor calculations. W: Applications of Electromagnetics in Modern Techniques and Medicine (PTZE), Raławice, 9-12 September 2018. Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2018, s. 137-140.
- [3] Trawiński T., Szczygieł M., Tomas A., Electromagnetically excited torsional vibration to rock drilling suport. W: 19th International Symposium on Electromagnetic Fields in Mechatronics, Electrical and Electronic Engineering, 29-31 August 2019, Nancy, France.
- [4] Mróz J., Skupień K., Drwięga A., Budzyński Z., Polnik B., Czerniak D., Dukalski P., Brymora L. Akumulatorowy ciągnik podwieszany GAD-1 z innowacyjnym napędem jako alternatywa rozwiązań z napędem spalinowym. Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne 2012 nr 3 (96) s. 83-90.
- [5] Strona internetowa: https://ec.europa.eu/info/rfcs_en (06.12.2019 r.)
- [6] Strona internetowa: <http://indires.eu/> (06.12.2019 r.)

- [7] Strona internetowa: <https://www.orionbms.com/> (06.12.2019 r.)
- [8] Dyrektywa 2014/34/UE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej.
- [9] Dyrektywa 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn, zmieniająca dyrektywę 95/16/WE.

dr hab. inż. Tomasz Trawiński, prof. PŚ

dr inż. Marcin Szczygieł

Politechnika Śląska

Wydział Elektryczny Katedra Mechatroniki

ul. Akademicka 10a, 44-100 Gliwice

mgr inż. Przemysław Deja

bpolnik@komag.eu

dr inż. Bartosz Polnik

bpolnik@komag.eu

Instytut Techniki Górniczej KOMAG

ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

Czy wiesz, że

... Po czterech latach przerwy Kopalnia Pniówek ponownie uruchomiła wydobycie z użyciem technologii strugowej. Ściana strugowa PW -1 w pokładzie 358/1 ma wybieg początkowy 720 metrów i długość 200 metrów. Eksploatacja jest prowadzona w pokładzie o miąższości od 1 do 1,4 metra. Na razie prace są na etapie początkowym, ale w przyszłości planowany jest dzienny postęp o odległości 8,2 m co pozwoli na wydobycie ok. 3000 t węgla. Kompleks ścianowy, w którego skład wchodzi: strug GH9-38/VE, sekcje obudowy zmechanizowanej JZR-11/25 oraz przenośnik ścianowy PF4/932, pozwala na eksploatację pokładów o miąższości od 1 do 1,7 metra. Głowica strugowa może wykonać nawet 21 centymetrowy skraw węgla z prędkością 1,9 metra na sekundę. Tak duży postęp dobowy frontu ścianowego wymaga od załogi sprawnego przygotowania chodników przyścianowych. Ściana strugowa jest prawie w pełni zautomatyzowana, jej sterowanie odbywa się za pomocą pulpitu sterowniczego znajdującego się z w chodniku podścianowym. Obsada pracowników w ścianie jest ograniczona do minimum i wynosi trzy, cztery osoby. Warto nadmienić, że w ścianie eksploatowanej w sposób tradycyjny, obsada wynosi 12 osób. Planowane zakończenie eksploatacji ściany PW-1 zaplanowano na połowę marca 2020 roku..

<https://www.jsw.pl/media/wydarzenia/arttykul/powrot-struga/> (dostęp 26.11.2019)