

<https://doi.org/10.32056/KOMAG2019.3.5>

Zastosowanie ogniw litowych do zasilania urządzeń technologicznych w górniczych wozach strzelniczych

Krzysztof Okrent
Przemysław Deja
Bartosz Polnik

The use of lithium batteries to power technological equipment in blasting utility vehicles

Streszczenie:

W samojezdnym wozach strzelniczych do napędu układu jezdznego zastosowany jest wysokoprężny silnik spalinowy. Natomiast do napędu urządzeń technologicznych, zabudowanych na tych wozach, stosowany jest silnik elektryczny, który napędza pompę hydrauliczną. Silnik elektryczny zasilany jest z kopalnianej sieci elektroenergetycznej o napięciu znamionowym 500 V za pośrednictwem rozwijanego przewodu elektrycznego. W artykule przedstawiono nowe, akumulatorowe rozwiązanie zasilania silnika elektrycznego samojezdnego wozu strzelniczego. Układ ten składa się z modułu baterii i aparatury, zabudowanych na wozie strzelniczym oraz wolnostojącego modułu ładowania. Wprowadzenie akumulatorowego zasilania układu roboczego zabudowanego na wozie, w miejsce stosowanego w dotychczasowych rozwiązaniach zasilania przewodowego, jest istotną innowacją wozu strzelniczego. Zastosowane w tym rozwiązaniu ogniwa litowe charakteryzują się wysoką gęstością energii oraz wysoką gęstością mocy, w stosunku do powszechnie stosowanych baterii ogniw kwasowo-ołowiowych i nie wydzielają gazów elektrolitycznych (np. wodoru) podczas eksploatacji.

Słowa kluczowe: górnictwo, maszyny elektryczne, zasilanie akumulatorowe

Keywords: mining industry, electric machines, battery power supply system

Abstract:

Self-propelled blasting utility vehicles are powered by diesel engines. However, electric motors are used to power the technological devices installed on these vehicles, and such a motor powers a hydraulic pump. The electric motors are powered from the mine's power grid with a rated voltage of 500 V via an unwound electric cable. A new battery solution for the electric motor of a self-propelled blasting utility vehicle is presented. This system consists of a battery module and fittings, installed on a blasting utility vehicle and a free-standing charging module. The introduction of battery power supply unit to the working system installed on the vehicle instead of the wired power supply used in existing solutions is an important innovation of the blasting utility vehicles. The lithium cells used in this solution are characterized by high energy density and high power density, compared to commonly used lead-acid batteries and during operation do not emit electrolytic gases (e.g. hydrogen).

1. Wprowadzenie

W samojezdnym wozach strzelniczych (rys. 1) do napędu układu jezdznego zastosowany jest wysokoprężny silnik spalinowy. Natomiast do napędu urządzeń technologicznych zabudowanych na tych wozach (tj. modułowego urządzenia pompowego służącego do wytwarzania i ładowania materiału wybuchowego do otworów strzałowych oraz układu podnoszenia kosza) stosowany jest silnik elektryczny, który napędza pompę hydrauliczną. Silnik elektryczny zasilany jest z kopalnianej sieci elektroenergetycznej o napięciu znamionowym 500 V za pośrednictwem rozwijanego przewodu elektrycznego. Każdorazowe rozwijanie oraz zwijanie 100-metrowego przewodu jest czasochłonne, uciążliwe oraz stwarza duże zagrożenie dla pracującej załogi wozu w rejonie przodka. Ponadto zdarzają się sytuacje, w których po rozwinięciu i podłączeniu przewodu do rozdzielnicy, występuje brak napięcia.



Rys. 1. Samojezdny wóz strzelniczy WS-151 produkcji KGHM-ZANAM [2]

W niniejszym artykule przedstawiono, opracowane w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach, nowe akumulatorowe rozwiązanie układu zasilającego samojezdnego wozu strzelniczego produkcji KGHM-ZANAM.

Głównym zadaniem konstruktorów na etapie projektowania akumulatorowego układu zasilającego była optymalizacja zużycia energii oraz podwyższenie bezpieczeństwa eksploatacyjnego. Prace projektowe poprzedzono badaniami w warunkach rzeczywistej eksploatacji istniejącego układu zasilającego samojezdnego wozu strzelniczego WS-151 zasilanego przewodowo (rys. 1).

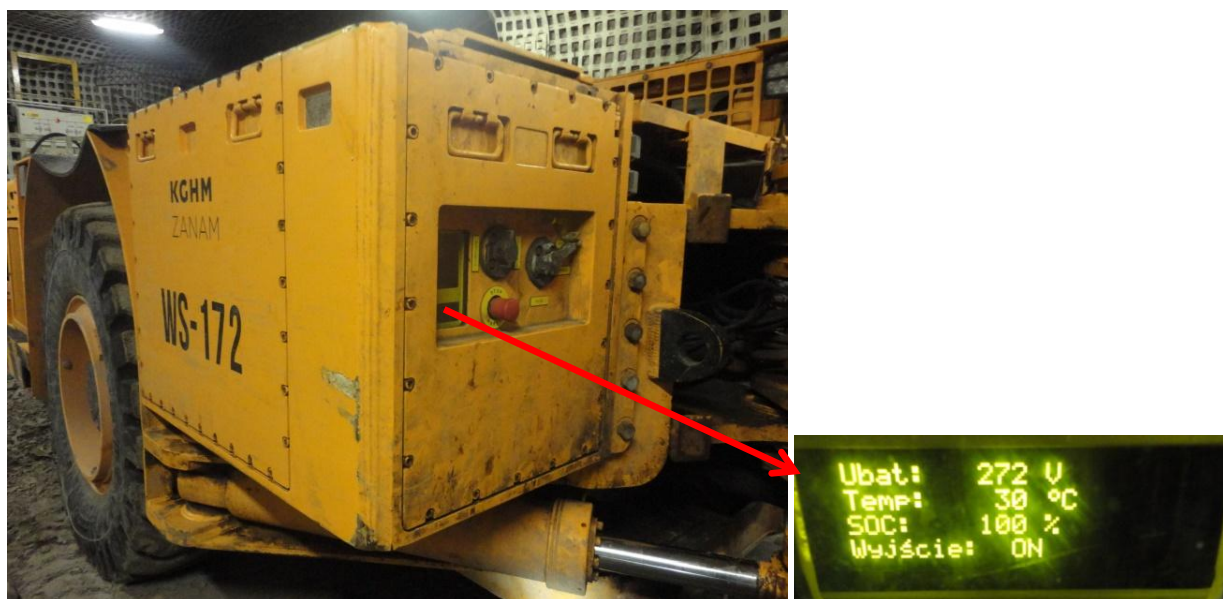
Opracowany akumulatorowy układ zasilający składa się z modułu baterii i aparatury zabudowanych na wozie strzelniczym oraz wolnostojącego modułu ładowania opracowanego w Zakładzie Energoelektroniki Twerd [1].

2. Akumulatorowy układ zasilający

• Moduł baterii i aparatury

Ze względu na ograniczone miejsce na konstrukcji wozu strzelniczego, wyposażenie elektryczne akumulatorowego układu zasilającego zostało rozmieszczone w dwóch osobnych modułach: module baterii oraz module aparatury.

W module baterii zabudowanym na wozie strzelniczym (rys. 2) umieszczono: baterię ogniwo litowo-żelazowo-fosforanowych (LiFePO_4) wraz z systemem nadzoru BMS (ang. Battery Management System), falownik, wyłącznik główny, zasilacz 24 V oraz urządzenia kontrolno-zabezpieczające.



Rys. 2. Moduł baterii zabudowany na wozie strzelniczym [2]

Poszczególne obwody elektryczne wyprowadzono z modułu za pośrednictwem złącz wtykowych. Na drzwiach bocznych modułu umieszczono napęd wyłącznika głównego, napęd wyboru rodzaju pracy (ładowanie baterii / praca bateryjna), wyłącznik awaryjny oraz wziernik z wyświetlaczem. Ogniwa litowo-żelazowo-fosforanowe posiadają obudowę hermetyczną i nie wydzielają żadnych gazów w warunkach normalnej eksploatacji. Ogniwa te nie stwarzają też zagrożenia pożarowego. Na wyświetlaczu przedstawiane są aktualne parametry modułu baterii tj.: napięcie całkowite baterii, temperatura wewnętrzna, stopień naładowania baterii oraz stan pracy stycznika wyjściowego.

W tabeli 1 przedstawiono podstawowe dane techniczne modułu baterii.

Dane techniczne modułu baterii [1]

Tabela 1

Maksymalne napięcie baterii	292 V; DC
Znamionowe napięcie baterii	264 V; DC
Minimalne napięcie baterii	200 V; DC
Energia baterii	32 kWh
Znamionowy prąd baterii	80 A; DC
Napięcie znamionowe wyjściowe	150 V; 50 Hz
Prąd znamionowy wyjściowy	50 A
Interfejs komunikacyjny	magistrala CAN
Stopień ochrony obudowy	IP 67
Wymiary	1025 x 595 x 720 mm
Masa	800 kg

Pozostałe wyposażenie elektryczne, ze względu na brak wolnej przestrzeni w module baterii, umieszczono w osobnym module aparatury (rys. 3).



Rys. 3. Moduł aparatury zabudowany na wozie strzelniczym [2]

W tabeli 2 przedstawiono podstawowe dane techniczne modułu aparatury.

Poszczególne obwody elektryczne, ze względu na stały charakter połączeń, wyprowadzono z modułu aparatury za pomocą dławnic kablowych.

Dane techniczne modułu aparatury [1]

Tabela 2

Napięcie znamionowe	150 V, 50 Hz
Prąd znamionowy	75 A
Napięcie pomocnicze	24 V DC
Interfejs komunikacyjny	magistrala CAN
Stopień ochrony obudowy	IP 67
Wymiary	760 x 384 x 314 mm
Masa	71 kg

• Moduł ładowania

Moduł ładowania (rys. 4) jest urządzeniem wolnostojącym i jest przeznaczony do ładowania modułu baterii zabudowanego na wozie strzelniczym. Producentem modułu ładowania jest Zakład Energoelektroniki TWERD.



Rys. 4. Moduł ładowania zainstalowany w podziemiach kopalni [2]

Moduł ładowania zasilany jest z kopalnianej sieci elektroenergetycznej o napięciu znamionowym 500 V z uziemionym punktem neutralnym transformatora.

Moduł posiada trzy niezależne odpływy o mocy 20 kW. Umożliwiają one bezpieczne naładowanie trzech modułów baterii (rys. 2) o łącznej energii 96 kWh w czasie niespełna 2 godzin. Komunikacja modułu ładowania z systemem nadzoru BMS modułu baterii odbywa się poprzez magistralę CAN. Wyposażenie elektryczne modułu ładowania umieszczone jest w metalowej obudowie o stopniu ochrony IP56, zabezpieczonej antykorozyjnie. Chłodzenie modułu odbywa się w sposób pasywny.

W tabeli 3 przedstawiono podstawowe dane techniczne modułu ładowania.

Dane techniczne modułu ładowania [1]

Tabela 3

Układ sieci	IT
Napięcie znamionowe zasilania	3 x 500V (-15% +10%); 45..66 Hz
Prąd znamionowy wejściowy	125 A
Ilość wyjść	3
Prąd wyjściowy maksymalny	100 A DC (do każdego z wyjść)
Moc wyjściowa maksymalna	20 kW (do każdego z wyjść)
Interfejs komunikacyjny	magistrala CAN
Stopień ochrony obudowy	IP 56
Wymiary	1830 x 1550 x 884 mm
Masa	1100 kg

Proces ładowania baterii odbywa się w sposób bezemisyjny, nie stwarzający zagrożenia pożarowego ani jakiegokolwiek innego zagrożenia dla środowiska i ludzi. W związku z powyższym, ładowanie może odbywać się w dowolnym miejscu kopalni, bez konieczności stosowania specjalnie wentylowanych pomieszczeń, w których ładowana jest bateria.

3. Aplikacja akumulatorowego układu zasilającego

Akumulatorowy układ zasilający został zastosowany w samojezdnym wozie strzelniczym WS-172 produkcji KGHM-ZANAM (rys. 5).



Rys. 5. Samojezdny wóz strzelniczy WS-172 [3]

Samojezdny wóz strzelniczy WS-172 z akumulatorowym układem zasilającym, po pozytywnym zakończeniu badań, decyzją Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego został dopuszczony do pracy w podziemiach kopalń. Od lutego 2018 roku samojezdny wóz strzelniczy WS-172 pracuje w jednej z kopalń rudy miedzi (rys. 6). Uzyskuje bardzo dobre opinie górników strzałowych, jak i dozoru kopalnianego.



Rys. 6. Samojezdny wóz strzelniczy WS-172 kopalni rudy miedzi [2]

Akumulatorowy układ zasilania umożliwia pracę wozu strzelniczego bez dodatkowego czasu na niebezpieczną i uciążliwą czynność rozwijania i zwijania 100-metrowego przewodu elektrycznego i jest gotowy do pracy od momentu dojazdu wozu do przodka. Moduł baterii jest monitorowany w czasie rzeczywistym. Podstawowe informacje, zarówno podczas pracy, jak i ładowania baterii, wyświetlane są na panelu umieszczonym na obudowie modułu baterii, modułu ładowania oraz na pulpicie operatora, wewnątrz kabiny wozu strzelniczego.

Podczas pracy wozu strzelniczego WS-172 w podziemiach kopalni stwierdzono, że jedno naładowanie modułu baterii wystarcza na pracę podczas 2,5 zmian roboczych, co umożliwia uzbrojenie emulsją wybuchową co najmniej 16 przodków. Po rocznym okresie eksploatacji moduł baterii zachowuje nominalne parametry. Różnica napięć pomiędzy ogniwami nie przekracza 0,12 mV. Temperatura we wnętrzu modułu baterii rozkłada się równomiernie i nie przekracza wartości dopuszczalnych [1].

4. Podsumowanie

Przedstawiony w niniejszym artykule akumulatorowy układ zasilający samojezdnego wozu strzelniczego może być stosowany w podziemnych, niemetanowych zakładach górniczych, wydobywających rudy metali i zakładach górniczych wydobywających inne kopaliny.

Zastosowanie akumulatorowego układu zasilającego wozu strzelniczego umożliwia natychmiastowe ładowanie otworów strzałowych po wjechaniu wozu do przodka, chroniąc jednocześnie załogę przed obwałem skał.

Wprowadzenie akumulatorowego zasilania układu roboczego zabudowanego na wozie (tj. modułowego urządzenia pompowego oraz układu manewrowania „koszem”) wraz z obwodami pomocniczymi i sterowania, w miejsce stosowanego w dotychczasowych

rozwiązaniach zasilania przewodowego, jest istotną innowacją wozu strzelniczego. Nale¿y zwrócióć uwagę, ¿e jest to pierwsze zastosowanie baterii ogniów litowych (LiFePO₄) w maszynie przeznaczonych do eksploatacji w podziemnych wyrobiskach rud miedzi i innych kopalniach niewęglowych. Ogniwa litowe charakteryzują się wysoką gęstością energii oraz wysoką gęstością mocy, w stosunku do powszechnie stosowanych baterii ogniów kwasowo-ołowiowych i nie wydzielają gazów elektrolitycznych (np. wodoru) podczas eksploatacji.

Samojezdny wóz strzelniczy WS-172 został nagrodzony jako innowacyjny produkt w kategorii „Nowe maszyny”. Rozstrzygnięcie konkursu nastąpiło 29 sierpnia 2017 r. w trakcie Międzynarodowych Targów Górnictwa, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego „KATOWICE” [1].

Literatura

- [1] Deja P., Okrent K., Polnik B.: Akumulatorowy zespół zasilający samojezdnego wozu strzelniczego. Masz. Elektr., Zesz. Probl. 2019 nr 122 s. 9-13.
- [2] Deja P., Polnik B., Kurpiel W., Konsek R.: Sprawozdanie z nadzoru autorskiego „Samojezdny wóz strzelniczy WS-172” Praca statutowa ITG KOMAG 2018 (materiał niepublikowany).
- [3] www.kghmzanam.com (05.08.2019)

dr in¿. Krzysztof Okrent
Krzysztof.Okrent@kghmzanam.com
 KGHM ZANAM S.A.
 ul. Kopalniana 7, 59-101 Polkowice

mgr in¿. Przemysław Deja
pdeja@komag.eu

dr in¿. Bartosz Polnik
bpolnik@komag.eu

Instytut Techniki Górniczej KOMAG
 ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

Czy wiesz, ¿e

...Rosja jest największym eksporterem węgla na rynek europejski i takim chce pozostać. W 2018 roku wyeksportowała 132 mln ton tego surowca. Najwięcej węgla, oprócz Polski i Turcji, kupują Niemcy, które za dwa lata zamkną swoje wszystkie elektrownie atomowe i zwiększą inwestycje w OZE. Jednocześnie w ciągu pięciu ostatnich lat Niemcy zwiększyły o 40% import węgla z Rosji. W 2018 roku zakupiono 17,64 mln ton na 66 mln ton zu¿ytych w całym roku. Dlatego Rosjanie nie wierzą w zapowiedzi rezygnacji z węgla w Unii Europejskiej i inwestują w nowe terminale eksportowe pod St. Petersburgiem i Murmańskiem. W ciągu dekady (2007-2017) popyt Europy na węgla zwiększył się o 16,5%, pomimo wysiłków Brukseli i przepisów mających ograniczyóć szkodliwe emisje. Import węgla na całym świecie wciaz rośnie. Polska, Indie, Chiny, Pakistan, Turcja, nawet tak wyczulona na środowisko Nowa Zelandia – wszystkie te kraje z roku na rok zu¿ywaja więcej węgla.

Rzeczpospolita 25 wrzeœnia 2019 A28