

Przemysław Deja¹, Krzysztof Okrent², Bartosz Polnik¹

¹Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice, ²KGHM ZANAM, Polkowice

AKUMULATOROWY ZESPÓŁ ZASILAJĄCY SAMOJEZDNEGO WOZU STRZELNICZEGO

BATTERY POWER SUPPLY UNIT FOR SELF-PROPELLED BLASTING UTILITY VEHICLE

Streszczenie: W artykule przedstawiono opracowany w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach akumulatorowy zespół zasilający samojezdny wóz strzelniczy. Zespół ten składa się z modułu baterii i aparatury, zabudowanych na wozie strzelniczym oraz wolnostojącego modułu ładowania. 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. Należy zwrócić uwagę na pierwsze zastosowanie baterii ogniwo litowo-żelazowo-fosforanowych (Li-FePO₄) w maszynie przeznaczonej do eksploatacji w podziemnym wyrobisku rud miedzi i innych kopalniach niewęglowych. Ogniwa litowe charakteryzują się wysoką gęstością energii oraz wysoką gęstością mocy, w stosunku do powszechnie stosowanych baterii ogniwo kwasowo-ołowiowych i nie wydzielają gazów elektrolitycznych (np. wodoru) podczas eksploatacji. Akumulatorowy zespół zasilający samojezdny wóz strzelniczy może być stosowany w podziemnych, niemetanowych zakładach górniczych, wydobywających rudy metali i zakładach górniczych wydobywających inne kopaliny.

Abstract: Battery power supply unit for self-propelled blasting utility vehicle designed in the KOMAG Institute for Mining Industry is presented. This unit consists of the battery module and fittings installed on the blasting utility vehicle as well as free-standing loading module. Introduction of battery unit to supply the working system installed on the vehicle (i.e. modular pumping unit and “bucket” manoeuvring system) together with auxiliary and control circuits, replacing the currently used cable power supply is an important innovation in the blasting utility vehicle design. Attention should be drawn to the fact of using the lithium-iron-phosphate (LiFePO₄) battery for the first time in a machine operating in underground copper ore mine or in other non-coal mines. Lithium batteries have higher energy density and higher power density than commonly used lead-acid batteries and they do not emit electrolytic gases (e.g. hydrogen). Battery power supply unit for self-propelled blasting utility vehicle can be used in underground, methane-free metal ores mining plants or in the mining plants extracting other minerals.

Słowa kluczowe: górnictwo, maszyny elektryczne, zasilanie akumulatorowe

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

1. Wstęp

W samojezdnym wozach strzelniczych (rys.1) do napędu układu jezdnyego 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 układ podnoszenia kosza) stosowany jest silnik elektryczny, który napędza pompę hydrauliczną. Silnik elektryczny na napięcie znamionowe 500V, zasilany za pośrednictwem przewodu elektrycznego. Każdorazowe rozwijanie oraz zwijanie przewodu zasilającego jest uciążliwe, czasochłonne oraz stwarza duże zagrożenie dla pracującej załogi wozu

w rejonie przodka. Ponadto zdarza się, że po rozwinięciu i podłączeniu przewodu do rozdzielnic występuje brak napięcia zasilającego w rozdzielnic.



Rys. 1. Samojezdny wóz strzelniczy [3]

W niniejszym artykule przedstawiono opracowane w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach rozwiązanie akumulatorowego zespołu zasilającego samojezdny wóz strzelniczy produkcji KGHM ZANAM.

Głównym zadaniem konstruktorów na etapie projektowania akumulatorowego zespołu zasilania była optymalizacja zużycia energii oraz podwyższenie bezpieczeństwa eksploatacyjnego. Prace projektowe poprzedzono badaniami w warunkach rzeczywistej eksploatacji istniejącego układu zasilającego samojezdnego wozu strzelniczego zasilanego przewodowo.

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

2. Akumulatorowy zespół zasilający

2.1. Moduł baterii i aparatury

Ze względu na ograniczone miejsce na konstrukcji wozu strzelniczego, wyposażenie elektryczne akumulatorowego zespołu zasilającego zostało rozlokowane w dwóch osobnych modułach: module baterii i module aparatury.

W module baterii zabudowanym na wozie strzelniczym (rys.2) umieszczono zestaw ośmiu kaset z ogniwami litowo-żelazowo-fosforanowymi (LiFePO₄) wraz z systemem nadzoru BMS (*ang. Battery Management System*), falownik, wyłącznik główny, zasilacz 24V oraz urządzenia kontrolno-zabezpieczające.



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

Poszczególne obwody wyprowadzono z modułu za pośrednictwem złącz wtykowych. Na drzwiach bocznych modułu umieszczono napęd wyłącznika głównego, napęd wyboru rodzaju pracy (ładowanie lub praca bateryjna), wyłącznik awaryjny oraz wziernik z wyświetlaczem. Zastosowane w module baterii ogniwa litowo-żelazowo-fosforanowe posiadają obudowę Hermeticzną i nie wydzielają żadnych gazów

w warunkach normalnej eksploatacji. Ogniwa te nie stwarzają też zagrożeń pożarowego.

W tabeli 1 przedstawiono podstawowe dane techniczne modułu baterii.

Tabela 1. Dane techniczne modułu baterii

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

Pozostałe wyposażenie elektryczne, które 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]

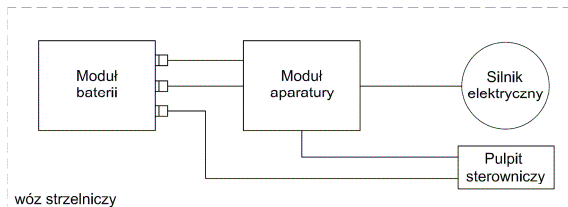
W tabeli 2 przedstawiono podstawowe dane techniczne modułu aparatury.

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

Tabela 2. Dane techniczne modułu aparatury

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

Na rys.4 przedstawiono blokowy schemat elektryczny ilustrujący współpracę modułów wraz z silnikiem elektrycznym o mocy 15kW i pulpitem sterowniczym wozu strzelniczego podczas pracy bateryjnej.



Rys. 4. Schemat elektryczny blokowy - tryb pracy bateryjnej [2]

2.2. Moduł ładowania

Moduł ładowania (rys.5) jest urządzeniem wolnostojącym i jest przeznaczony do ładowania modułu baterii zabudowanego na wozie strzelniczym. Producentem modułu ładowania jest Zakład Energoelektroniki Twerd.



Rys. 5. Moduł ładowania [2]

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

Moduł posiada trzy niezależne odpyły o mocy 20kW. Umożliwiają one bezpieczne naładowanie trzech modułów baterii (rys.2) o łącznej energii 96 kWh w czasie niepełna 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 (wewnątrz

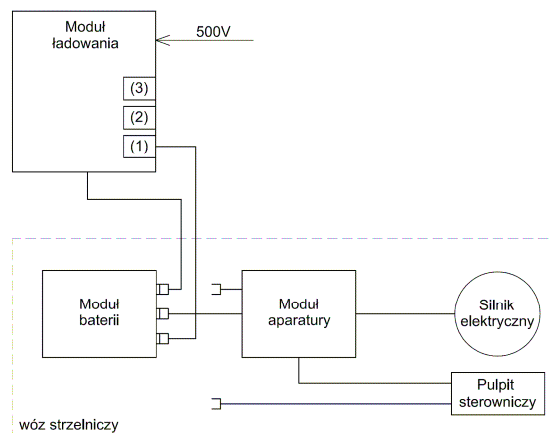
zasady umieszczono kilka wentylatorów w celu zapewnienia obiegu powietrza).

W tabeli 3 przedstawiono podstawowe dane techniczne modułu ładowania.

Tabela 3. Dane techniczne modułu ładowarki

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

Na rys.6 przedstawiono blokowy schemat elektryczny ilustrujący współpracę modułu ładowania z modułem baterii podczas trybu ładowania.



Rys. 6. Schemat elektryczny blokowy - tryb pracy ładowanie [2]

Proces ładowania baterii odbywa się w sposób bezemisyjny, nie stwarzający zagrożenia pożarowego ani jakiegokolwiek 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 zespołu zasilającego

Akumulatorowy zespół zasilający został zastosowany w samojezdnym wozie strzelniczym WS-172 (rys.7).



Rys. 7. Samojezdny wóz strzelniczy WS-172 [3]

Samojezdny wóz strzelniczy WS-172 z akumulatorowym zespołem zasilającym po pozytywnym zakończeniu badań certyfikacyjnych decyzją Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego został dopuszczony do pracy w podziemiach kopalń. Od lutego 2018 roku samojezdny wóz strzelniczy WS-172 (rys.8,9) pracuje w wybranej kopalni rudy miedzi. Uzyskuje bardzo dobre opinie górników strzałowych jak i dozoru kopalnianego.



Rys. 8. Samojezdny wóz strzelniczy WS-172 podczas prób eksploatacyjnych w podziemiach kopalni rudy miedzi [2]



Rys. 9. Samojezdny wóz strzelniczy WS-172 podczas prób eksploatacyjnych w podziemiach kopalni rudy miedzi – ładowanie baterii [2]

Akumulatorowy zespół zasilania umożliwia pracę wozu bez dodatkowego czasu na niebezpieczną i uciążliwą czynność rozwijania i zwijania kilkudziesięciometrowego przewodu elektrycznego i jest gotowy do pracy od momentu dojazdu wozu do przodka. Zespół 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 w podziemiach kopalni stwierdzono, że jedno naładowanie modułu baterii wystarcza na pracę wozu strzelniczego WS-172 podczas 2,5 zmian roboczych, co umożliwia uzbrojenie emulsją wybuchową co najmniej 16 przodków. Po rocznym okresie eksploatacji moduł zachowuje nominalne parametry. Różnica napięć pomiędzy skrajnymi ogniwami wynosi 0,119mV (rys10). Temperatura we wnętrzu modułu baterii rozkłada się równomiernie, i nie przekracza wartości dopuszczalnych.



Rys. 10. Widok ekranu panelu diagnostyczno-serwisowego

4. Podsumowanie

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

Wóz strzelniczy WS-172 jest pierwszą w świecie maszyną wyposażoną w zasilanie akumulatorowego modułowego urządzenia pompującego emulsyjny materiał wybuchowy do otworów strzałowych i układ podnoszenia

kosza. We wszystkich wcześniejszych rozwiązaniach wozów strzelniczych stosuje się zasilanie przewodem elektrycznym.

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

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

5. Literatura

[1]. Pieczora E. Polnik B.: „Nowe rozwiązania napędów elektrycznych do górniczych maszyn transportowych”, CUPRUM – Czasopismo naukowo-techniczne górnictwa rud. Nr 3/2015, str.199-210.

[2]. Deja P., Polnik B., Kurpiel W., Konsek R.: Sprawozdanie z nadzoru autorskiego „Samojezdny wóz strzelniczy WS-172” Praca statutowa ITG KOMAG 2018 (niepublikowana)

[3]. Strona internetowa: www.kghmzanam.com

Autorzy

mgr inż. Przemysław Deja

pdeja@komag.eu

dr inż. Krzysztof Okrent

krzysztof.okrent@kghmzanam.com

dr inż. Bartosz Polnik

bpolnik@komag.eu