

# Akumulatorowy zespół zasilający samojezdnego wozu strzelniczego

Przemysław Deja, Krzysztof Okrent, Bartosz Polnik

## 1. Wstęp

W samojezdnymi wozach strzelniczych (rys. 1) do napędu układu jezdnygo 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 na napięcie znamionowe 500 V, zasilany za pośrednictwem przewodu elektrycznego. Każdorazowe rozwijanie oraz zwijanie przewodu zasilającego jest uciążliwe, czasochłonne oraz stwarza duże zagrożenie dla pracującej załogi 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 samojezdnego wozu strzelniczego 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 wolno stojącego 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: w module baterii i module aparatury.

W module baterii zabudowanym na wozie strzelniczym (rys. 2) umieszczono zestaw ośmiu kaset z ogniwami litowo-żelazowo-fosforanowymi (LiFePO<sub>4</sub>) wraz z systemem

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono opracowany w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach akumulatorowy zespół zasilający samojezdnego wozu strzelniczego. Zespół ten składa się z modułu baterii i aparatury, zabudowanych na wozie strzelniczym oraz wolno stojącego 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 ogniw litowo-żelazowo-fosforanowych (LiFePO<sub>4</sub>) 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 ogniw kwasowo-ołowiowych, i nie wydzielają gazów elektrolitycznych (np. wodoru) podczas eksploatacji. Akumulatorowy zespół zasilający samojezdnego wozu strzelniczego może być stosowany w podziemnych niemetalowych zakładach górniczych wydobywających rudy metali i w zakładach górniczych wydobywających inne kopaliny.

Słowa kluczowe: górnictwo, maszyny elektryczne, zasilanie akumulatorowe

### BATTERY POWER SUPPLY UNIT FOR SELF-PROPELLED BLASTING UTILITY VEHICLE

**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 (LiFePO<sub>4</sub>) 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.

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



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

nadzoru BMS (ang. *Battery Management System*), falownik, wyłącznik główny, zasilacz 24 V oraz urządzenia kontrolno-zabezpieczające.

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 hermetyczną i nie wydzielają żadnych gazów w warunkach normalnej eksploatacji. Ogniwa te nie stwarzają też zagrożenia pożarowego.

W tabeli 1 przedstawiono podstawowe dane techniczne modułu baterii.

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

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.

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

## 2.2 Moduł ładowania

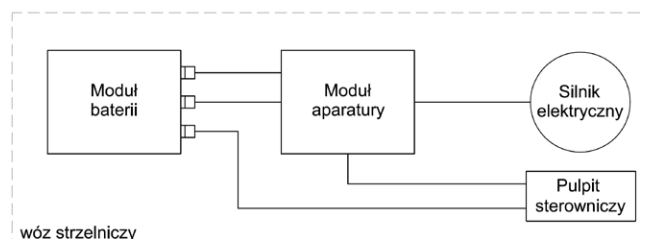
Moduł ładowania (rys. 5) jest urządzeniem wolno stojącym i jest przeznaczony do ładowania modułu baterii zabudowanego na wozie strzelniczym. Producentem modułu ładowania jest Zakład Energoelektroniki Twerd.

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



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



Rys. 4. Schemat elektryczny blokowy - tryb pracy bateryjnej. Falownik DC/AC [2]

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	80 A DC
Napięcie znamionowe wyjściowe z falownika	150 V 50 Hz
Prąd znamionowy wyjściowy z falownika	50 A
Interfejs komunikacyjny	magistrala CAN
Stopień ochrony obudowy	IP67
Wymiary	1025 × 595 × 720 mm
Masa	800 kg

Tabela 2. Dane techniczne modułu aparatury

Napięcie znamionowe	150 V, 50 Hz
Prąd znamionowy	75 A
Napięcie pomocnicze	24 V DC
Interfejs komunikacyjny	magistrala CAN
Stopień ochrony obudowy	IP67
Wymiary	760 × 384 × 314 mm
Masa	71 kg



Rys. 5. Moduł ładowania [2]

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 szafy umieszczono kilka wentylatorów w celu zapewnienia obiegu powietrza).

Tabela 3. Dane techniczne modułu ładowarki

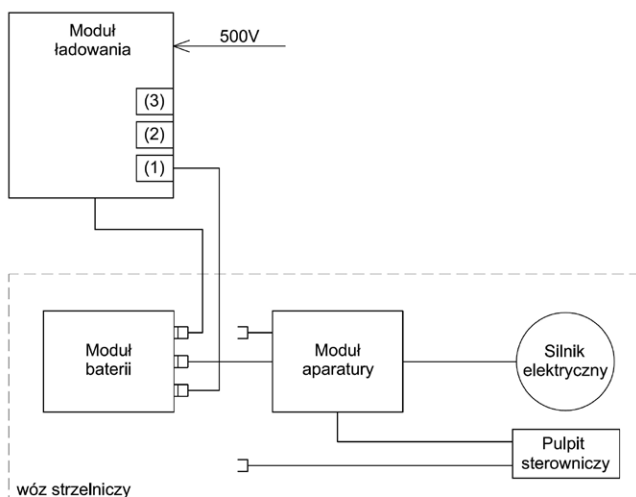
Układ sieci	IT
Napięcie znamionowe zasilania	3x 500 V (-15% +10%); 45-66 Hz
Prąd znamionowy wejściowy	125 A
Ilość wyjść	3
Prąd wyjściowy maksymalny	100 A DC (do każdego z wyjść)
Moc wyjściowa maksymalna	20 kW (do każdego z wyjść)
Interfejs komunikacyjny	magistrala CAN
Stopień ochrony obudowy	IP56
Wymiary	1830 × 1550 × 884 mm
Masa	1100 kg

W tabeli 3 przedstawiono podstawowe dane techniczne modułu ładowania.

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

Proces ładowania baterii odbywa się w sposób bezemisyjny, nieistwarzający zagrożenia pożarowego ani jakiegokolwiek





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



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



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



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

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).

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 zarówno górników strażowych, jak i dozoru kopalnianego.

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.



Rys. 10. Widok ekranu panelu diagnostyczno-serwisowego

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 0,119 mV (rys. 10). Temperatura we wnętrzu modułu baterii rozkłada się równomiernie i nie przekracza wartości dopuszczalnych.

#### 4. Podsumowanie

Przedstawiony w niniejszym artykule akumulatorowy zespół zasilający samojezdnego wozu strzelniczego może być stosowany w podziemnych niemetanowych zakładach górniczych wydobywających rudy metali i w 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 2017 r. w trakcie Międzynarodowych Targów Górnictwa, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego „KATOWICE”.

#### Literatura

- [1] PIECZORA E., POLNIK B.: *Nowe rozwiązania napędów elektrycznych do górniczych maszyn transportowych*. „CUPRUM” – Czasopismo naukowo-techniczne górnictwa rud, 3/2015.
- [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](http://www.kghmzanam.com).

 mgr inż. Przemysław Deja, e-mail: [pdeja@komag.eu](mailto:pdeja@komag.eu)

dr inż. Bartosz Polnik, e-mail: [bpolnik@komag.eu](mailto:bpolnik@komag.eu)

Instytut Techniki Górniczej KOMAG;

dr inż. Krzysztof Okrent, e-mail: [krzysztof.okrent@kghmzanam.com](mailto:krzysztof.okrent@kghmzanam.com)

KGHM ZANAM

artykuł recenzowany