

<https://doi.org/10.32056/KOMAG/KOMTECH2021.9>

Nowe rozwiązanie akumulatorowego układu zasilającego dla samojezdnych wozów strzelniczych

Przemysław Deja – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Piotr Hylla – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Bartosz Polnik – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Marcin Skóra – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Andrzej Niedworok – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie: W rozdziale przedstawiono opracowane w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach nowe rozwiązanie akumulatorowego układu zasilającego zespołu roboczego dla samojezdnych wozów strzelniczych. Zastosowanie wewnętrznej ładowarki elektrycznej pozwala na ładowanie baterii akumulatorów w dowolnym miejscu z sieci elektroenergetycznej o napięciu znamionowym 500 V bez konieczności dojazdu wozu strzelniczego do komory ładowania. Akumulatorowy układ zasilający może być stosowany w podziemnych, niemetanowych zakładach górniczych, wydobywających rudy metali i zakładach górniczych wydobywających inne kopaliny.

Słowa kluczowe: górnictwo, maszyny elektryczne, zasilanie akumulatorowe

A new solution of a battery power supply system for self-propelled blasting vehicles

Abstract: The chapter presents a new solution of the battery power supply system of the working unit for self-propelled blasting vehicles, developed at the KOMAG Institute of Mining Technology in Gliwice. The use of an internal electric charger allows the battery to be charged anywhere from the power grid with a rated voltage of 500 V without the need for the blasting vehicle to go to the charging chamber. The battery power system can be used in underground, non-methane mining plants, winning the iron ore and other minerals.

Keywords: mining, electric machines, battery power supply

1. Wprowadzenie

W polskim przemyśle wydobywczym rudy miedzi stosowanych jest wiele samojezdnych maszyn górniczych o różnym przeznaczeniu oraz parametrach technicznych. Wyróżnia się wozy wierząco-kotwiące, wozy strzelnicze, ładowarki, wozy odstawkowe, wozy pomocnicze (do obrywki, odwadniające, paliwowo-smarownicze) oraz wozy transportowe.



Rys. 1. Przykładowy wóz strzelniczy produkcji KGHM ZANAM [1]

Wyżej wymienione samojezdne wozy strzelnicze (rys. 1) służą zwiększeniu wydajności przygotowania przodków do robót strzałowych oraz podniesienia bezpieczeństwa górników wykonujących te prace. Wozy strzelnicze usprawniają proces ładowania otworów strzałowych i tym samym skracają czas przebywania załogi w przodkach o wysokim zagrożeniu tapaniami [1]. W samojezdnym wozie strzelniczym w układzie napędu jazdy stosuje się wysokoprężny silnik spalinowy. Z kolei do zasilania urządzeń technologicznych zabudowanych na tych wozach tj. modułowego urządzenia pompowego służącego do wytwarzania i ładowania materiału wybuchowego do otworów strzałowych stosuje się silnik elektryczny. W dotychczasowych rozwiązaniach silnik elektryczny zasilany jest za pośrednictwem rozwijanego przewodu elektrycznego z kopalnianej sieci elektroenergetycznej o napięciu znamionowym 500 V. Każdorazowe rozwijanie oraz zwijanie blisko stumetrowego przewodu jest bardzo czasochłonne, a ponadto stwarza zagrożenie dla pracującej załogi wozu w rejonie przodka.

W 2017 r. w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach opracowano oraz wykonano rozwiązanie akumulatorowego układu zasilającego samojezdnego wozu strzelniczego celem zastąpienia rozwiązania z rozwijanym przewodem. Układ został zastosowany w samojezdnym wozie strzelniczym typu WS-172 (rys. 2) produkowanym przez KGHM-ZANAM w Polkowicach [2]. Opracowany wówczas akumulatorowy układ zasilający składał się z zespołu baterii ZB-1 i zespołu aparatury ZA-1 zabudowanych na wozie strzelniczym oraz opracowanego w Zakładzie Energoelektroniki Twerd, wolnostojącego modułu ładowania zainstalowanego w podziemnej komorze ładowania.



Rys. 2. Wóz strzelniczy WS-172 produkcji KGHM ZANAM w podziemnej komorze ładowania [2]

Samojezdny wóz strzelniczy WS-172 z akumulatorowym układem zasilającym układu roboczego został nagrodzony jako innowacyjny produkt w kategorii „Nowe maszyny” podczas Międzynarodowych Targów Górnictwa, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego w Katowicach w sierpniu 2017 r. [3]. Obecnie samojezdny wóz strzelniczy WS-172 pracuje w ZG Polkowice-Sieroszowice (rys. 2). Uzyskuje pozytywne opinie górników strzałowych, jak i pracowników dozoru. Pełne naładowanie zespołu baterii ZB-1 wystarcza na pracę wozu podczas przeciętnie 2,5 zmian roboczych, co umożliwia uzbrojenie emulsją wybuchową co najmniej 16 przodków [4], w zależności od wielkości przodka oraz doświadczenia operatora. Jednakże niedogodnością tego rozwiązania pozostaje konieczność podjeżdżania wozu strzelniczego do dedykowanego modułu ładowania w celu ładowania baterii akumulatorów.

2. Nowe rozwiązanie akumulatorowego układu zasilającego

Doświadczenia z pierwszego okresu eksploatacji, analiza uwag jakościowych oraz sugestii pozwoliły na rozpoczęcie w 2019 r. prac nad opracowaniem nowego rozwiązania akumulatorowego układu zasilającego układu roboczego dla samojezdnych wozów strzelniczych.

Główną zmianą w stosunku do pierwotnego rozwiązania jest zabudowanie ładowarki elektrycznej wewnątrz zespołu baterii, aby umożliwić ładowanie baterii bezpośrednio z kopalnianej sieci elektroenergetycznej o napięciu znamionowym 500 V, bez konieczności podjeżdżania wozu strzelniczego do dedykowanego modułu ładowania.

Przystępując do prac nad nowym rozwiązaniem bazowano na doświadczeniach pozyskanych podczas prac przy pierwotnym rozwiązaniu. Głównym zadaniem konstruktorów na etapie projektowania nowego rozwiązania akumulatorowego układu zasilania było zachowanie parametrów technicznych uzyskanych w pierwotnym rozwiązaniu. Opracowana nowa konstrukcja oraz wyposażenie elektryczne bazują na rozwiązaniach zastosowanych w wykonaniu z 2017 r., z dodatkowymi nowymi rozwiązaniami celem podnoszenia bezpieczeństwa oraz ergonomii pracy. Nie było to zadanie łatwe z uwagi na konieczność umieszczenia w zespole baterii ładowarki elektrycznej przy niewielkiej możliwości zwiększenia gabarytów obudowy.

Analogicznie jak przy pierwotnym rozwiązaniu z uwagi na ograniczone miejsce na konstrukcji wozu strzelniczego oraz narzucone przez odbiorcę wymiary, wyposażenie elektryczne akumulatorowego układu zasilającego zostało rozmieszczone w zespole baterii ZB-2 (rys. 3 poz. 1) oraz zespole aparatury ZA-2 (rys. 3 poz. 2).

W zespole baterii ZB-2 zabudowano baterię ogniwo litowo-żelazowo-fosforanowych wraz z pasywnym systemem nadzoru BMS (ang. Battery Management System), falownik, ładowarkę baterii, sterownik mikroprocesorowy, zasilacz 24 V, wyłącznik główny oraz urządzenia kontrolno-zabezpieczające.



Rys. 3. Nowe rozwiązanie akumulatorowego układu zasilania
1) zespół baterii ZB-2, 2) zespół aparatury ZA-2

System BMS chroni i nadzoruje zestaw akumulatorów poprzez monitorowanie napięcia na poszczególnych ogniwach, napięcia całkowitego baterii, natężenia prądu ładowania i rozładowania oraz temperaturę ogniwo. Ponadto wykorzystuje wyjścia do sterowania ładowaniem i rozładowaniem baterii. Korzystając z zaprogramowanych ustawień, kontroluje przepływ prądu ładowania i rozładowania akumulatora z uwzględnieniem maksymalnych i minimalnych wartości granicznych. Podczas ładowania i natychmiast po naładowaniu równoważy napięcie na poszczególnych ogniwach

za pomocą wewnętrznych rezystorów bocznikowych w oparciu o zaprogramowane ustawienia. System BMS monitoruje każde ogniwo baterii, aby upewnić się, że napięcie w ogniwie nie jest zbyt wysokie lub zbyt niskie (zgodnie z zaprogramowanymi wartościami). Na podstawie danych wejściowych, czyli temperatury, napięcie ogniw, natężenia prądu ładowania i rozładowania oraz zaprogramowanych wartości w profilu akumulatora, BMS oblicza opór wewnętrzny, a także granice prądu ładowania i rozładowania. Obliczone parametry są dostępne w magistrali CAN i są wykorzystane do wyzwiania wyjść/wyjść cyfrowych w celu umożliwienia lub odmowy ładowania i rozładowywania baterii. Na podstawie obliczonych wartości szacowany jest również stan naładowania baterii. System BMS wykonuje także inne funkcje, takie jak wyrównywanie napięcia na poszczególnych ogniwach poprzez rozładowywanie ogniw, na których napięcie jest wyższe niż na pozostałych. Ogniwa litowo-żelazowo-fosforanowe w warunkach normalnej pracy nie wydzielają żadnych gazów, jak również nie stwarzają zagrożenia pożarowego.

Obwody elektryczne siłowe, sterowania oraz komunikacji wyprowadzono z zespołu baterii ZB-2 za pośrednictwem kodowanych złącz wtykowych. Na obudowie zespołu zabudowano dźwignie mechanizmów napędowych wyłącznika oraz łącznika wyboru rodzaju pracy (ładowanie baterii lub praca z baterii akumulatorów), a ponadto wyłącznik awaryjny oraz nowoczesny wyświetlacz graficzny. Na wyświetlaczu przedstawiane są aktualne parametry pracy zespołu baterii ZB-2 tj.: napięcie baterii akumulatorów, temperatura wewnętrzna ogniw baterii, stopień naładowania baterii, wartość prądu podczas ładowania i pracy bateryjnej, wartość rezystancji izolacji, informacje o zaistniałych awariach. Pozostałe wyposażenie elektryczne obwodu zasilania silnika 15 kW umieszczono w zespole aparatury ZA-2.

W tabeli 1 przedstawiono dane techniczne zespołu baterii ZB-2, natomiast w tabeli 2 przedstawiono dane techniczne zespołu aparatury ZA-2.

Dane techniczne zespołu baterii ZB-2

Tabela 1.

Parametr	Wartość
Znamionowe napięcie baterii	264 V; DC
Energia baterii	32 kWh
Napięcie znamionowe wyjściowe	150 V; 50 Hz
Prąd maksymalny wyjściowy	75 A AC
Napięcie znamionowe ładowania	500 V; 50 Hz
Prąd znamionowy ładowania	37 A
Interfejs komunikacyjny	magistrala CAN
Stopień ochrony obudowy	IP 67
Wymiary	1215 x 755 x 700 mm
Masa	850 kg

Dane techniczne zespołu aparatury ZA-2

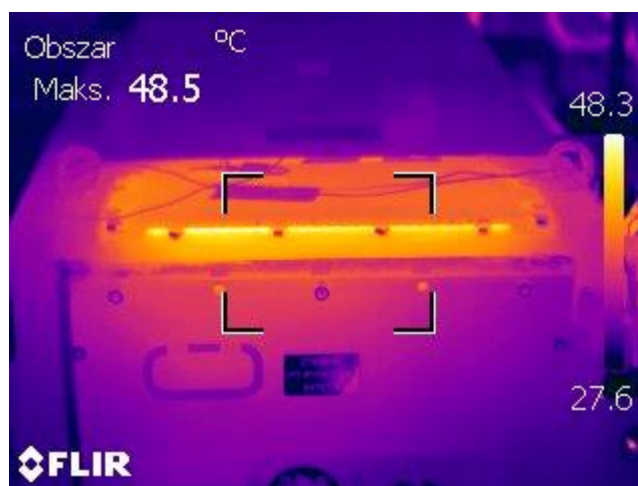
Tabela 2.

Parametr	Wartość
Napięcie znamionowe	150 V, 50 Hz
Prąd znamionowy	75 A
Napięcie pomocnicze	24 V DC
Stopień ochrony obudowy	IP 67
Wymiary	760 x 384 x 314 mm
Masa	70 kg

Nowe rozwiązanie akumulatorowego zespołu zasilającego poddano badaniom akredytacyjnym w Laboratorium Badań Stosowanych Instytutu KOMAG. Badania przeprowadzono zgodnie z zaleceniami obowiązujących norm i procedur badawczych, które obejmowały:

- badanie stopnia ochrony IP67,
- test klimatyczny Bd (suche gorąco),
- test klimatyczny wilgotne gorąco stałe,
- pomiary rezystancji izolacji,
- pomiary wytrzymałości elektrycznej izolacji,
- pomiary odstępów izolacyjnych,
- próba nagrzewania,
- próby funkcjonalne urządzenia.

Przykładowy termogram przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Przykładowy termogram zespołu baterii ZB-2

Przeprowadzone badania zakończyły się wynikiem pozytywnym, potwierdzając jednocześnie poprawność zastosowanych rozwiązań.

3. Aplikacja nowego rozwiązania

Nowe rozwiązanie akumulatorowego układu zasilającego zostało zastosowane w samojezdnym wozach strzelniczych typu WS-153 (rys. 5), WS-173 (rys. 6) oraz WS-173/S produkowanych przez KGHM-ZANAM w Polkowicach. Samojezdne wozy strzelnicze WS-153, WS-173, WS-173/S z nowym rozwiązaniem akumulatorowego układu zasilającego po pozytywnym zakończeniu badań decyzją Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego zostały dopuszczone do pracy w podziemiach kopalń rudy miedzi.



Rys. 5. Wóz strzelniczy WS-153 [1]



Rys. 6. Wóz strzelniczy WS-173 [1]

W 2020 r. w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach zbudowano 12 egzemplarzy nowego układu zasilającego. Od lutego 2021 roku wozy strzelnicze z nowym rozwiązaniem akumulatorowego układu zasilającego sukcesywnie wprowadzane są do pracy w kopalniach rudy miedzi (rys. 7).



Rys. 7. Wóz strzelniczy z nowym rozwiązaniem akumulatorowego układu zasilającego w kopalni rudy miedzi

Akumulatorowy układ zasilania zabudowany na wozach strzelniczych umożliwia im pracę od momentu wjazdu wozu do przodka bez konieczności rozwinięcia oraz zwinięcia przewodu elektrycznego. Parametry pracy zespołu baterii ZB-2 są monitorowane w czasie rzeczywistym. Podstawowe parametry techniczne, zarówno podczas pracy, jak i ładowania baterii, wyświetlane są na wyświetlaczu zespołu baterii oraz za pośrednictwem magistrali CAN na pulpicie operatora, wewnątrz kabiny wozu strzelniczego.

Proces ładowania baterii trwa maksymalnie 3,5 h (w zależności od stopnia rozładowania baterii) i przebiega w sposób bezpieczny dla środowiska i ludzi. Dlatego też ładowanie baterii dozwolone jest w dowolnym miejscu kopalni, bez konieczności dojazdu wozu do specjalnie wentylowanych pomieszczeń.

4. Podsumowanie

Przedstawione w niniejszym rozdziale nowe rozwiązanie akumulatorowego układu zasilającego dla samojezdnych wozów strzelniczych może być stosowane w podziemnych, niemetanowych zakładach górniczych, wydobywających rudy metali i zakładach górniczych wydobywających inne kopaliny. Zastosowanie rozwiązania akumulatorowego układu zasilającego w miejsce dotychczasowego przewodowego, pozwala na natychmiastowe ładowanie otworów strzałowych po dojechaniu wozu strzelniczego do przodka, skracając w ten sposób czas przebywania załogi w przodku. Zastosowanie wewnętrznej ładowarki elektrycznej pozwala na ładowanie baterii akumulatorów w dowolnym miejscu z sieci elektroenergetycznej o napięciu znamionowym 500 V, bez konieczności dojazdu wozu strzelniczego do komory ładowania. W 2020 r. w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach zbudowano 12 egzemplarzy nowego akumulatorowego układu zasilającego, które zostały zabudowane na wozach strzelniczych. Od początku 2021 r. wozy sukcesywnie wprowadzane są do pracy w podziemiach kopalń miedzi, z czego 5 egzemplarzy pracuje w ZG Polkowice-Sieroszowice, 4 egzemplarze w ZG Lubin, a 3 egzemplarze w ZG Rudna.

Literatura

1. <http://www.kghmzanam.com> (dostęp: 23.09.2021)
2. Deja P., Okrent K., Polnik B.: Akumulatorowy zespół zasilający samojezdnego wozu strzelniczego. *Masz. Elektr., Zesz. Probl.* 2019 nr 122 s. 9-13
3. Deja P., Okrent K., Polnik B.: Zastosowanie ogniw litowych do zasilania urządzeń technologicznych w górniczych wozach strzelniczych. *Masz. Gór.* 2019 nr 3 s. 42-49
4. Marcinowicz I., Górniak J.: Rozwój wozów strzelniczych – pracować bezpieczniej i szybciej. *Napędy Sterow.* 2019 nr 7/8 s. 64-67