

Rafał Konsek, Rafał Walisko, Andrzej Krawczyk
Becker Warkop Sp. z o.o., Świerklany

UKŁAD ZASILANIA I STEROWANIA PODWIESZONEGO CIĄGNIKA AKUMULATOROWEGO TYPU CA-190

POWER SUPPLY AND CONTROL SYSTEM FOR BATTERY-POWERED MONORAIL TYPE CA-190

Streszczenie: W artykule scharakteryzowano układ zasilania i sterowania podwieszonego ciągnika akumulatorowego CA-190 zasilanego z akumulatora litowego typu VOLTER. Ciągnik akumulatorowy CA-190 z akumulatorem litowym typu VOLTER jest innowacyjną konstrukcją wpisującą się w aktualne tendencje rozwojowe transportu w światowym górnictwie. Własne źródło zasilania eliminuje stosowanie przewodów zasilania elektrycznego bądź hydraulicznego, które ograniczały zasięg stosowania ciągnika. Nowatorskim rozwiązaniem jest sposób ładowania akumulatora w czasie postoju, bezpośrednio z kopalnianej sieci elektroenergetycznej. Stosowanie akumulatorów jako źródła energii ogranicza negatywny wpływ na atmosferę kopalnianą poprzez brak emisji spalin oraz znaczne zmniejszenie generowanego hałasu i ciepła. Wdrożenie ciągników CA-190 przyczynia się do zwiększenia efektywności wykonywanych prac oraz wpływa na poprawę bezpieczeństwa pracy załóg górniczych i ergonomii pracy. W artykule przedstawiono system sterowania ciągnika CA-190 oraz kierunki jego dalszego rozwoju.

Abstract: The article describes the power supply and control system of the CA-190 suspended battery monorail powered by VOLTER lithium battery. Battery monorail CA-190 powered by VOLTER lithium battery is an innovative construction consistent with current trends in the development of transport in the global mining industry. Its own power source eliminates the need for electric cables or hydraulic hoses that limited the monorail's range. An innovative solution is the method of charging the battery during standstill, directly from the mine's power grid. The use of batteries as an energy source limits the negative impact on the mining environment by not emitting exhaust fumes and significantly reducing noise and heat emission. The use of the CA-190 monorail contributes to increasing the efficiency of the performed works and improves the work safety of the mining crews and ergonomics. The CA-190 control system and the directions of its further development are presented.

Słowa kluczowe: napęd elektryczny, pojazd elektryczny, zasilanie akumulatorowe

Keywords: electric drive, electric vehicle, battery power supply

1. Wstęp

Systemy transportu z elektrycznym napędem akumulatorowym są w ostatnich latach jednym z kluczowych obszarów produkcji firmy Becker-Warkop Sp. z o.o. W 2014 roku został zaprojektowany i wyprodukowany, a następnie dopuszczony i wdrożony w kopalniach pierwszy podwieszony Ciągnik Manewrowy Akumulatorowy typu CMA-190 (rys.1).

Ciągły rozwój technologii, w szczególności w zakresie akumulatorów sprawił, że ciągnik CA-190 poddawany jest ciągłym modernizacjom, realizując tym samym coraz to bardziej skomplikowane wymagania stawiane przez użytkowników.



Rys.1. Ciągnik manewrowy akumulatorowy typu CMA-190

2. Ciągnik akumulatorowy typu CA-190

2.1 Budowa

Pierwszy podwieszony ciągnik akumulatorowy w wersji manewrowej (rys.1) zbudowano w oparciu o dwa wózki napędowe, jednostkę pomocniczą oraz zespół akumulatora typu BWZA. Sterowanie ciągnika w wersji manewrowej zrealizowano za pomocą przewodowej kasy sterowniczej lub pilota radiowego. Zespół akumulatora stanowiła obudowa budowy wzmocnionej, wewnątrz której umieszczono akumulatory. Napęd (rys.2) składa się z kół ciernych, układu hamulcowego oraz silników o mocy 11 kW zintegrowanych z falownikami. Zaletą takiego układu napędowego jest bardzo szybka rekonfiguracja ilości napędów ciągnika, dostosowana do aktualnych potrzeb eksploatacyjnych.



Rys. 2. Napęd elektryczny

Jednostka pomocnicza, stanowiąca agregat hydrauliczny zbudowana jest w oparciu o silnik elektryczny z zintegrowanym falownikiem oraz pompę hydrauliczną. Następnie ciągnik CMA-190 rozbudowano o kabiny operatora (rys.3) tworząc tym samym Ciągnik Akumulatorowy CA-190.



Rys. 3. Ciągnik akumulatorowy typu CA-190

W 2020 roku wdrożono nową baterię typu VOLTER, w którym wykorzystano ogniwa li-

towe. Zastosowanie baterii typu VOLTER umożliwiło również rozbudowę ciągnika CA-190 o dodatkowe napędy elektryczne z max. 2 do max. 4 (rys.4).



Rys. 4. Ciągnik akumulatorowy typu CA-190 z baterią typu VOLTER

Obecnie ciągnik akumulatorowy typu CA-190/X/Y/Z (gdzie X-ilość napędów, Y-ilość kabin operatora, Z – typ zastosowanego akumulatora) stanowi jednostkę napędową dla zespołów transportowych kolejek podwieszonych stosowanych w transporcie elementów maszyn, materiałów oraz przewozu ludzi [1].

2.2 Układ zasilania i sterowania

Zastosowana w ciągniku CA-190 bateria typu BWZA lub typu VOLTER służy do zasilania maszyny. W tabeli 1 przedstawiono podstawowe parametry tych baterii.

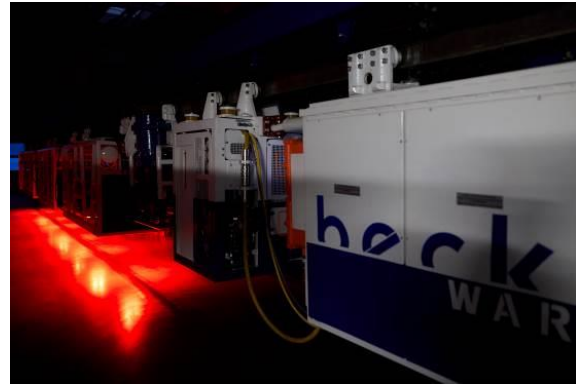
Tabela 1. Podstawowe parametry techniczne baterii typu BWZA i VOLTER

Parametr	BWZA	VOLTER
Typ akumulatora	VRLA	litowy
Rodzaj konstrukcji budowy przeciwwybuchowej	Ex e	Ex d
Pojemność znamionowa ogniw	190 Ah	277 Ah
Napięcie znamionowe ładowania	440 V AC zestaw ładowania BWZT	500VAC / 660 V AC z sieci zasilającej
Energia	65,6 kWh	140 kWh
Czas ładowania	8 h	4 h
Cykle ładowania (80% DOD)	800	3000
Masa	3200 kg	3000 kg
Wymiary	1100 x 800 x 2450 mm	1000 x 800 x 2500 mm

Z powyższej tabeli wynika, że wdrożenie baterii typu VOLTER w ciągniku akumulatorowym typu CA-190 pozwala na uzyskanie ponad dwukrotnie większej energii w stosunku do baterii

BWAZ, co przekłada się na dłuższy czas użytkowania maszyny na jednym ładowaniu. Mimo zabudowania baterii litowych wraz z ładowarką w osłonie budowy ognioszczelnej „d”, udało się zredukować masę o 6%. Zintegrowana z akumulatorem ładowarka umożliwia ładowanie ogniw bezpośrednio z kopalnianej sieci elektroenergetycznej o napięciu trójfazowym 500V/660V AC, co niewątpliwie jest atutem wprowadzonego rozwiązania. Podłączenie z siecią kopalnianą jest zrealizowane poprzez znajdujące się w osłonie ognioszczelnej szybkozłącze, które przyspiesza proces podłączenia/odłączenia. Czas ładowania został znacznie skrócony w stosunku do baterii typu BWZA i wynosi dla baterii VOLTER maksymalnie do 4 godzin.

Układ napędowy ciągnika CA-190 umożliwia pracę z rekuperacją energii, tj. odzyskiem energii z powrotem do akumulatora podczas jazdy po upadzie lub podczas hamowania. W szczególnym przypadku, ciągnik CA-190 może być wyposażony w opracowany i wdrożony w firmie Becker-Warkop Sp. z o.o. moduł rozproszenia energii typu BWMRE. Moduł BWMRE umożliwia poruszanie się ciągnika CA-190 po upadzie z naładowaną do pełna baterią. Wytwarzana z energii kinetycznej energia elektryczna jest w tym przypadku rozpraszana w postaci ciepła. Nowatorskim rozwiązaniem wykorzystanym w ciągniku typu CA-190 jest zastosowanie mobilnego oświetlenia (rys.5), które umożliwia zastąpienie oświetlenia stacjonarnego dworców osobowych i materiałowych, poprzez korzystanie z lamp zabudowanych na kabinach osobowych oraz zestawach transportowych. Zastosowanie tego sposobu oświetlenia oraz możliwość jego wykorzystania zarówno na stacjach, jak i na całej długości trasy przejazdu ciągnika przyczynia się do poprawy bezpieczeństwa oraz efektywności ekonomicznej i energetycznej zakładu górniczego. Standardowe stosowane powszechnie w kopalniach stacjonarne oświetlenie stacji materiałowo-osobowych wymaga ciągłego przebudowywania wraz z postępowaniem robót.



Rys. 5. Mobilne oświetlenie

Ciągnik typu CA-190 umożliwia alternatywne logowanie operatora zamiast wprowadzania kodu PIN poprzez klucz elektroniczny RFID (rys.6) i zabudowany na maszynie czytnik. Klucze są przypisane do każdego z uprawnionych operatorów.



Rys. 6. Klucz RFID

Pełen podgląd parametrów pracy ciągnika jest prezentowany na wyświetlaczu HMI zlokalizowanym na obudowie baterii oraz w kabinach operatora. Na rysunku 7 przedstawiono przykładowy wygląd głównej synoptyki.



Rys. 7. Synoptyka parametrów pracy ciągnika typu CA-190

W budowie ciągnika typu CA-190 zastosowano również innowacyjne rozwiązania bazujące na rozwiązaniach Przemysłu 4.0. Dzięki zastosowaniu rejestratora danych oraz modułów komunikacyjnych istnieje możliwość nawiązania łączności pomiędzy ciągnikiem i iskrobezpiecznym tabletem/smartfonem poprzez transmisję Wi-Fi. Po nawiązaniu połączenia pomiędzy ciągnikiem, a tabletem/smartfonem wyświetlana jest wizualizacja parametrów pracy ciągnika na ekranie urządzenia mobilnego (rys.8). Istnieje również możliwość przedstawiania na tablecie/ smartfonie kolejnych plasz wizualizacji. Stosowanie urządzenia mobilnego jest uzasadnione, gdy ciągnik typu CA-190 występuje w wersji manewrowej (bez kabin operatora), a obsługa nie ma możliwości podglądu parametrów na wyświetlaczu, np. gdy ciągnik znajduje się na wysokim odcinku trasy.



Rys. 8. Synoptyka parametrów pracy ciągnika typu CA-190

Kolejnym rozwiązaniem zgodnym z koncepcją Przemysłu 4.0 jest utrzymanie predykcje ciągnika. Wszystkie informacje z czujników, modułów kontrolnych, zdarzenia itp. są zapisywane na karcie pamięci. Dane te mogą być wysyłane na bieżąco lub być kopiowane i przekazywane do firmy Becker-Warkop Sp. z o.o., gdzie na podstawie zgromadzonych danych można informować użytkownika o bieżących przeglądach oraz koniecznych wymianach podzespołów. Wdrożenie strategii utrzymania predykcyjnego umożliwi zmniejszenie kosztów awarii i serwisu oraz ograniczenie czas przestojów maszyny. Jednocześnie wydłuża się czas działania urządzeń i poprawia bezpieczeństwo.

3. Kierunki rozwoju

3.1 Klimatyzowana kabina operatora

Coraz cięższe warunki klimatyczne na dole kopalń związane z wysoką temperaturą otoczenia, skłoniły do opracowania w firmie Becker Warkop Sp. z o.o. kabiny zwiększającej komfort pracy operatora ciągnika typu CA-190. Dzięki klimatyzowanej kabinie operator będzie miał możliwość ustawienia dogodnej dla siebie temperatury otoczenia, co wpłynie na poprawę warunków pracy, a tym samym bezpieczeństwo.

3.2 Autonomiczny system transportu

Innowacyjnym rozwiązaniem, nad którym trwają prace w firmie Becker Warkop Sp. z o.o. jest autonomiczny system transportu. Cele tego systemu sterowania są następujące: automatyzacja procesu transportowego, pełny monitoring procesu transportowego, ograniczenie ilości pracowników, poprawa bezpieczeństwa, zwiększenie dyspozycyjności urządzeń a tym samym redukcja kosztów. Podstawowymi zagadnieniami do zrealizowania by można było wdrożyć autonomiczne systemy transportu na kopalniach polegają na wyposażeniu wyrobisk w ciągły bezprzewodowy system komunikacji z środkiem transportu, wyposażeniu środków transportu w urządzenia umożliwiające komunikację bezprzewodową, system monitoringu wizyjnego oraz w systemy antykolizyjne i kontroli trasy, stworzenie centralnego stanowiska sterowania i nadzoru autonomicznych środków transportu.

4. Podsumowanie

Ciągnik akumulatorowy typu CA-190 jest innowacyjną konstrukcją. Własne źródło zasilania eliminuje stosowanie przewodów zasilania elek-

trycznego bądź hydraulicznego, ograniczających zasięg stosowania ciągnika. Nowatorskim rozwiązaniem jest sposób ładowania baterii typu VOLTER w czasie postoju, bezpośrednio z kopalnianej sieci elektroenergetycznej. Stosowanie akumulatorów jako źródła energii ogranicza negatywny wpływ na środowisko kopalniane poprzez brak emisji spalin oraz znaczne zmniejszenie generowanego hałasu i ciepła. Wdrażanie ciągników typu CA-190 przyczyni się do zwiększenia efektywności wykonywanych prac oraz wpłynie na poprawę bezpieczeństwa pracy załóg górniczych i ergonomii pracy.

5. Literatura

[1]. T. Budniok, R. Konsek, B. Krakowczyk, A. Tor, W. Zasadni, L. Żyrek: *Innowacyjny podwieszony ciągnik akumulatorowy CA-190 zasilany z akumulatora litowego typu VOLTER*. Mining - Informatics, Automation and Electrical Engineering, nr 2/2021.

Autorzy

dr inż. Rafał Konsek

e-mail: r.konsek@becker-mining.com.pl

mgr inż. Rafał Walisko

e-mail: r.walisko@becker-mining.com.pl

inż. Andrzej Krawczyk

e-mail: a.krawczyk@becker-mining.com.pl

Becker Warkop Sp. z o.o.

ul. Przemysłowa 11, 44-266 Świerklany