

TOMASZ BUDNIOK
RAFAŁ KONSEK
BERNARD KRAKOWCZYK
ANDRZEJ TOR
WOJCIECH ZASADNI
LESZEK ŻYREK

Innowacyjny podwieszony ciągnik akumulatorowy CA-190 zasilany z akumulatora litowego typu VOLTER

W artykule scharakteryzowano ciągnik akumulatorowy CA-190 zasilany z akumulatora litowego typu VOLTER, który jest przeznaczony do transportu podwieszonych elementów maszyn, materiałów oraz przewozu ludzi. 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 o napięciu trójfazowym 500 V i 1000 V. Stosowanie akumulatorów jako źródła energii ogranicza negatywny wpływ na środowisko kopalniane z uwagi na 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.

Słowa kluczowe: transport podwieszony, ciągnik akumulatorowy, akumulator litowy, ładowanie akumulatora, bezpieczeństwo pracy

1. WSTĘP

Systemy transportu z napędem akumulatorowym w ostatnich latach są jednym z kluczowych obszarów produkcji firmy Becker-Warkop Sp. z o.o. W 2014 roku został zaprojektowany i wyprodukowany przez firmę, a następnie dopuszczony i wdrożony w kopalniach pierwszy podwieszony akumulatorowy ciągnik marnowrowy typu CMA-190.

2. OPIS ROZWIĄZANIA

Przedmiotem artykułu jest udoskonalany innowacyjny ciągnik akumulatorowy typu CA-190 zasilany z akumulatora litowego typu VOLTER, w skład którego wchodzi ognia litowe umieszczone w obudowie przeciwybuchowej w osłonie ognioszczelnej, spełniające aktualne wymagania dyrektywy ATEX i norm zharmonizowanych. Pozostałe elementy wyposażenia

elektrycznego ciągnika CA-190, takie jak napęd elektryczny, reflektor itd., są umieszczone w osłonach ognioszczelnych. Natomiast takie urządzenia jak metanomierz, pilot radiowy itd. są urządzeniami iskrobezpiecznymi. Wymienione wyżej urządzenia elektryczne posiadają własne certyfikaty ATEX. Ciągnik CA-190 zasilany z akumulatora litowego typu VOLTER w 2020 roku decyzją prezesa Wyższego Urzędu Górniczego otrzymał dopuszczenie do pracy w podziemnych zakładach górniczych w polach niemetanowych i metanowych, w wyrobiskach zaliczonych do stopnia „a”, „b” lub „c” niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz w wyrobiskach zaliczonych do klasy A lub B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. Ciągnik ten jest kolejnym rozwiązaniem w grupie podwieszonych ciągników akumulatorowych typu CA-190/X/Y/Z (gdzie: X – liczba napędów, Y – liczba kabin operatora, Z – typ zastosowanego akumulatora) i stanowi jednostkę napędową dla zespołów transportowych kolejek

podwieszonych stosowanych w transporcie elementów maszyn, materiałów oraz przewozu ludzi. Ciągniki te mogą poruszać się po torach o profilu I155 (I140E), I140V95 i I250 lub innych kompatybilnych dopuszczonego typu. Nachylenie wzdłużne toru może wynosić do $\pm 30^\circ$ (rys. 1) [1].

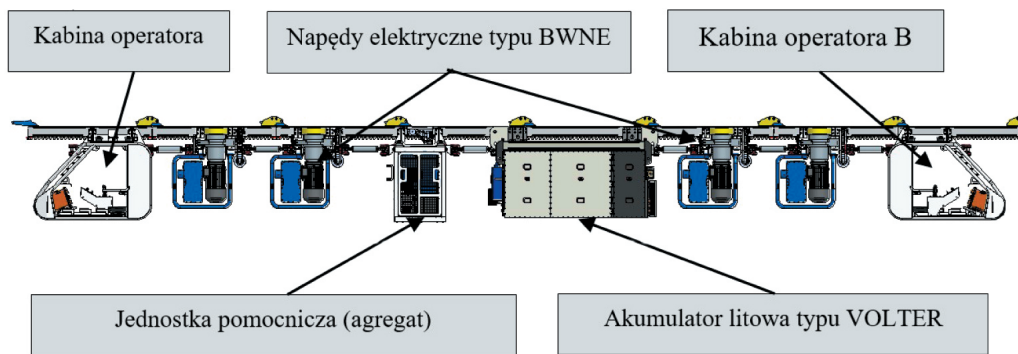
Na rysunku 1 została przedstawiona podstawowa budowa ciągnika CA-190 z kabinami operatora. Ciągnik może także pracować bez kabin jako ciągnik manewrowy (rys. 2) [2]. Wówczas jest sterowany za pomocą przewodowej kasy sterowniczej lub pilota radiowego.

Pełen podgląd parametrów pracy ciągnika jest prezentowany na wyświetlaczu parametrów pracy znajdującymi się na obudowie zespołu akumulatora oraz w kabinach operatora.

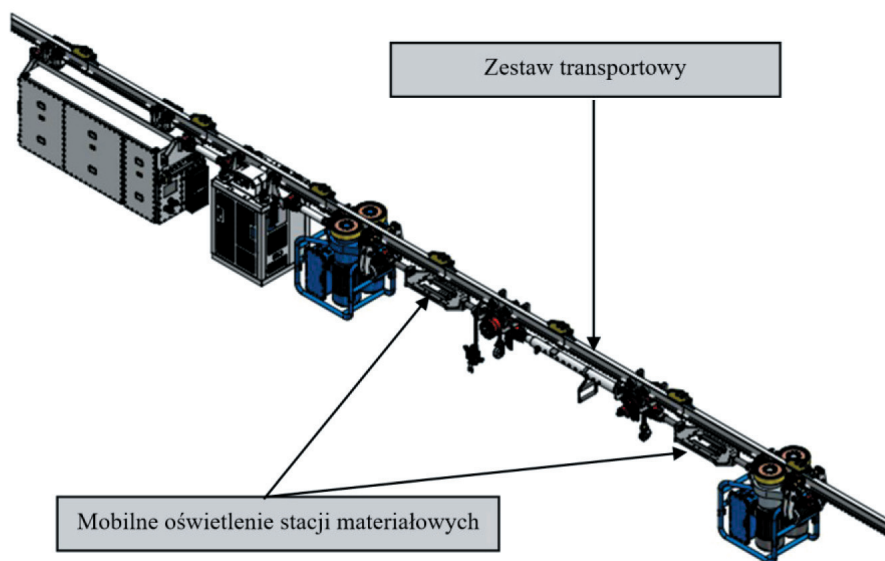
Nowością zastosowaną w ciągniku CA-190 z akumulatorem litowym typu VOLTER jest możliwość alternatywnego logowania operatora, zamiast wprowadzania kodu PIN, poprzez klucz elektroniczny RFID i zabudowany czytnik w części modułu hydraulicznego

ciągnika. Klucze są przypisane do każdego z uprawnionych operatorów. Zaletą układu napędowego ciągnika CA-190 jest pełna integracja silnika z falownikiem, dzięki czemu możliwa jest bardzo szybka rekonfiguracja liczby napędów ciągnika, dostosowana do aktualnych potrzeb eksploatacyjnych. Rysunek 3 przedstawia pojedynczy napęd elektryczny typu BWNE.

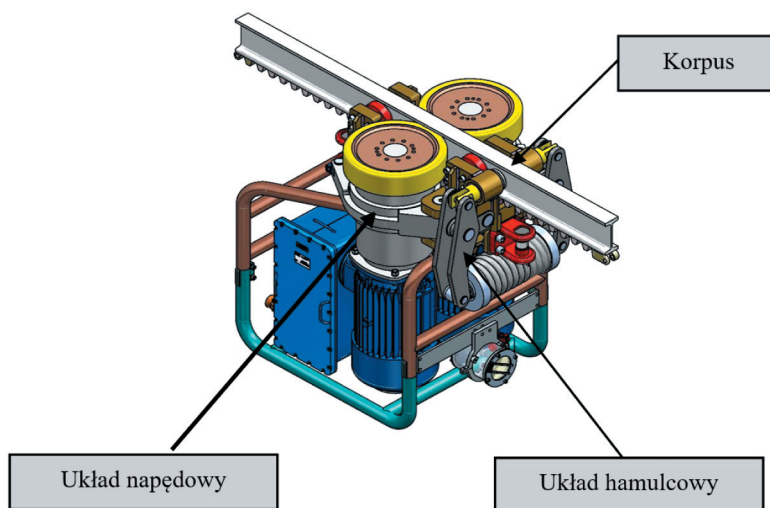
Innowacyjnym rozwiązaniem wykorzystanym w ciągniku CA-190 z akumulatorem litowym typu VOLTER jest zastosowanie mobilnego oświetlenia, które umożliwia zastąpienie oświetlenia stacjonarnego dworców osobowych i materiałowych lampami zabudowanymi w kabinach osobowych oraz zestawach transportowych (rys. 4 i 5). Zastosowanie tego sposobu oświetlenia oraz możliwość jego wykorzystania zarówno na stacjach, jak i na całej długości trasy przejazdu kolejki przyczynia się do poprawy bezpieczeństwa oraz efektywności ekonomicznej i energetycznej zakładu górniczego. Standardowe stacjonarne oświetlenie stacji materiałowo-osobowych wymaga ciągłego przebudowywania wraz z postępowaniem robót [2].



Rys. 1. Podstawowa konfiguracja ciągnika CA-190/4/2/2 [1]



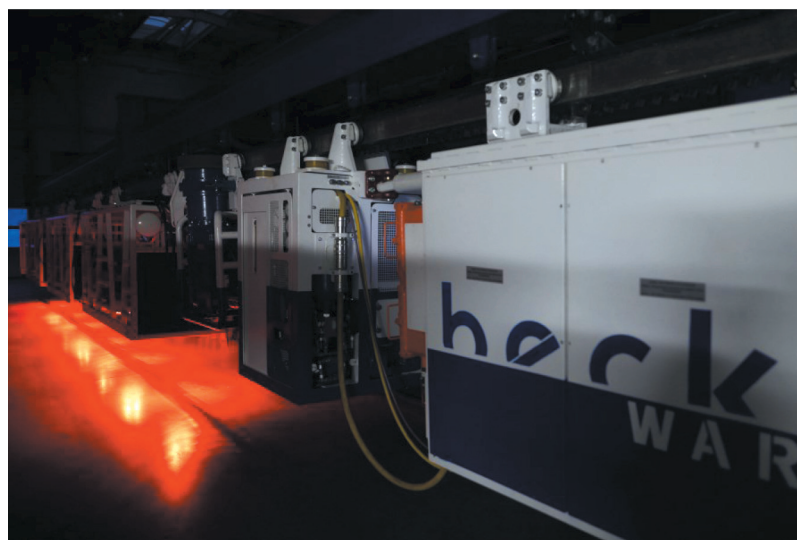
Rys. 2. Manewrowy ciągnik CA-190 (wersja CA-190/2/0/2) zasilany z akumulatora litowego typu VOLTER z zestawem transportowym dwuociągnikowym i mobilnym oświetleniem stacji materiałowych [1]



Rys. 3. Napęd elektryczny typu BWNE



Rys. 4. Mobilne oświetlenie stacji osobowych z akumulatorowego ciągnika podwieszonego typu CA-190 (białe światło – ciągnik znajduje się na stacji osobowej)



Rys. 5. Mobilne oświetlenie z akumulatorowego ciągnika podwieszonego typu CA-190 (czerwone światło – ciągnik w trakcie jazdy)

Zastosowany w ciągniku CA-190 akumulator litowy typu VOLTER służy do zasilania silników napędów ciągnika. W zespole akumulatora są również zabudowane układy przeznaczone do kontroli, zabezpieczania, nadzoru i sterowania poszczególnych urządzeń ciągnika. Całość jest zabudowana w dwukomorowej osłonie ognioszczelnej. W komorze akumulatorowej znajdują się ogniwa litowe pogrupowane w dwudziestu kasetach. W każdej kasecie umieszczono osiem ogniw, które nadzorowane są napięciowo i temperaturowo przez indywidualne moduły kontrolne. Moduły kontrolne komunikują się z częścią nadzorcą znajdującą się w komorze aparaturowej

i odpowiadają również za proces ładowania ogniw oraz za przekazywanie parametrów pracy do układu sterowania. W komorze aparaturowej (komora aparatury elektrycznej, sterowania i urządzeń kontrolno-pomiarowych) zlokalizowane są elementy odpowiedzialne za nadzór i prawidłowe działanie akumulatora. Zastosowanie ogniw litowych daje możliwość doładowywania ich w każdej chwili i miejscu, również w wyrobiskach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego, dzięki czemu nie ma potrzeby lokalizowania ciągnika na czas ładowania w specjalnej komorze ładowni akumulatorów przewietrzanej niezależnym prądem powietrza.



Rys. 6. Podstawowa konfiguracja ciągnika CA-190/4/2/2 na torze prób – nachylenie trasy 30 stopni

Niewątpliwą zaletą akumulatora typu VOLTER jest zintegrowana z nim ładowarka (zabudowana w dedykowanej komorze obudowy akumulatora), umożliwiająca ładowanie ogniw bezpośrednio z kopalnianej sieci elektroenergetycznej o napięciu trójfazowym 500 V i 1000 V. Podłączenie z siecią kopalnianą jest zrealizowane poprzez znajdujące się w osłonie ognioszczelnej szybkozłącze – co znacznie przyspiesza proces podłączenia/odłączenia. Czas ładowania został znacznie skrócony w stosunku do wcześniej stosowanych akumulatorów i wynosi maksymalnie do czterech godzin. Układ napędowy ciągnika CA-190 wraz z akumulatorem typu VOLTER 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 doposażony w opracowany

i wdrożony w firmie Becker-Warkop Sp. z o.o. moduł rozproszenia energii typu BMWRE. Moduł BMWRE umożliwia poruszanie się ciągnika CA-190 po upadzie z akumulatorem VOLTER naładowanym do pełna. Energia elektryczna wytwarzana z energii kinetycznej jest w tym przypadku rozpraszana w postaci ciepła.

W budowie akumulatora typu VOLTER zastosowano innowacje bazujące na rozwiązaniach Przemysłu 4.0. Dzięki zastosowaniu rejestratora danych oraz modułów komunikacyjnych istnieje możliwość nawiązania łączności pomiędzy ciągnikiem i iskrobezpiecznym tabletem/smartfonem przez transmisję wi-fi za pomocą dedykowanej aplikacji (tzw. internet rzeczy) [3]. Po nawiązaniu połączenia pomiędzy ciągnikiem a tabletem/smartfonem wyświetlana jest również wizualizacja parametrów pracy ciągnika na ekranie urządzenia mobilnego (rys. 7).



Rys. 7. Tablet firmy Becker-Warkop Sp. z o.o.

Zastosowanie tego rozwiązania jest uzasadnione, gdy ciągnik CA-190 występuje w wersji manewrowej (rys. 2), a operator nie ma możliwości podglądu para-

metrów na wyświetlaczu ciągnika, np. gdy ciągnik znajduje się na wysokim odcinku trasy. Kolejnym rozwiązaniem zgodnym z koncepcją Przemysłu 4.0 jest utrzymanie predykcyjne 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 bazy danych można informować użytkownika o bieżących przeglądach oraz koniecznych wymianach podzespołów. Wdrożenie strategii utrzymania predykcyjnego umożliwi zmniejszenie kosztów awarii i serwisu oraz ograniczenie czasu przestoju. Jednocześnie wydłuża się czas działania urządzeń i poprawia bezpieczeństwo załogi. Poniżej przedstawiono podstawowe parametry techniczne ciągnika akumulatorowego CA-190 zasilanego z akumulatora litowego typu VOLTER [1].

Tabela 1

Podstawowe parametry techniczne ciągnika akumulatorowego typu CA-190 zasilanego z akumulatora litowego typu VOLTER

Parametr	Wartość
Siła uciągu	80 kN – cztery napędy cierne
Prędkość maksymalna	2,0 m/s
Minimalny promień skrętu w poziomie	4 m
Minimalny promień skrętu w pionie	8 m
Maksymalne nachylenie toru jezdny	$\pm 30^\circ$
Znamionowe napięcie ładowania (bezpośrednio z sieci zasilającej)	500 V, 1000 V
Typ akumulatora (VOLTER)	litowy
Energia akumulatora	142 kWh
Moc jednego silnika napędowego	11 kW
Moc ciągnika z czterema napędami ciernymi (dwusilnikowymi)	88 kW
Wymiary ciągnika z czterema napędami (wysokość \times szerokość \times długość)	1275 \times 800 \times 15 340 mm
Masa własna ciągnika z czterema napędami	11 110 kg

3. PODSUMOWANIE

Ciągnik akumulatorowy CA-190 zasilany z akumulatora litowego typu VOLTER jest innowacyjną konstrukcją. Własne źródło zasilania w postaci akumulatora litowego eliminuje stosowanie przewodów zasilania elektrycznego bądź hydraulicznego, ograniczających zasięg używania ciągnika. Nowatorskim rozwiązaniem jest sposób ładowania baterii w czasie postoju, bezpośrednio z kopalnianej sieci elektroenergetycznej o napięciu trójfazowym 500 V i 1000 V.

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 z akumulatorem litowym typu VOLTER przyczyni się do zwiększenia efektywności wykonywanych prac oraz wpłynie na poprawę bezpieczeństwa pracy załóg górniczych i ergonomię tej pracy. Ciągnik akumulatorowy CA-190 wraz z akumulatorem typu VOLTER znajduje się w ofercie firmy Becker Warkop sp. z o.o. od drugiej połowy 2020 roku.

Do chwili obecnej w polskich kopalniach wprowadzono do eksploatacji trzy ciągniki tego typu. Ciągniki te dzięki swoim walorom uzyskały pozytywną ocenę użytkowników. Wdrożenie ciągnika typu CA-190 zasilanego z akumulatora typu VOLTER spotyka się również ze sporym zainteresowaniem na rynkach zagranicznych.

Literatura

- [1] Instrukcja obsługi – DTR Ciągnik akumulatorowy typu CA-190.
- [2] Karta katalogowa mobilnego oświetlenia stacji osobowych i materiałowych.
- [3] Karta katalogowa iskrobezpiecznego tabletu typu IS910.M1.

mgr inż. TOMASZ BUDNIOK

dr inż. RAFAŁ KONSEK

mgr inż. BERNARD KRAKOWCZYK

dr inż. ANDRZEJ TOR

dr inż. WOJCIECH ZASADNI

inż. LESZEK ŻYREK

Becker-Warkop Sp. z o.o

ul. Przemysłowa 11, 44-266 Świerklany

{t.budniok, r.konsek, b.krakowczyk, a.tor, w.zasadni,

l.zyrek}@becker-mining.com.pl