

Rafał Konsek
Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice

NOWOCZESNY NAPĘD AKUMULATOROWY CIĄGNIKA PCA-1 JAKO ALTERNATYWA DLA OBECNIE STOSOWANYCH NAPĘDÓW W CIĄGNIKACH TRANSPORTOWYCH

STATE-OF-THE ART BATTERY DRIVE OF PCA-1 DRIVETRAIN AS AN ALTERNATIVE SOLUTION FOR CURRENTLY USED DRIVES IN TRANSPORTATION MACHINES

Abstract: Intensive development of state-of-the-art batteries contributed to development of electric drives supplied from battery pack. Battery drives play more and more significant role not only in automotive industry but also in the mining industry in underground mining workings. Currently used drive systems of transportation machines are presented in the paper. Special attention is paid to advantages and disadvantages of different types of drives. Design of state-of-the-art battery drive of PCA-1 suspended drivetrain is presented.

1. Wstęp

Przedmiotem artykułu jest innowacyjny napęd akumulatorowego podwieszoności ciągnika PCA-1 do transportu materiałów i przewozu ludzi w wykonaniu przeciwybuchowym, przystosowany do pracy w pomieszczeniach "a", "b" i "c" niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz klasy "A" i "B" zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. Stosowane dotychczas ciągniki transportowe wyposażone są w napęd z silnikiem spalinowym lub w napęd elektryczny z kablem wleczonym. Zastosowanie napędów akumulatorowych w ciągnikach transportowych zlikwidowały ograniczenie ich zasięgu stosowania oraz ograniczyły szkodliwe substancje emitowane do środowiska przez ciągniki wyposażone w silniki spalinowe.

2. Współczesne systemy napędowe stosowane w ciągnikach transportowych

Obecne tendencje mające na celu wydłużenie efektywnego czasu pracy na zmianie przy równoczesnym wydłużaniu tras transportowych stawiają coraz to większe wymagania ciągnikom transportowym. Obecnie w polskich kopalniach podziemnych najbardziej rozpowszechniły się ciągniki transportowe z napędem spalinowym oraz elektrycznym.

2.1. Napęd spalinowy

Zastosowanie ciągników podwieszonych z napędem spalinowym umożliwia transport materiałów i przewóz ludzi na drodze od szybu do przodka ściany lub chodnika bez ograniczenia długości trasy. System transportowy tego typu

zapewnia szybki oraz bezpieczny dojazd załogi do miejsca pracy oraz ułatwia sprawne dostarczanie materiałów na wyznaczone miejsce. Do wad ciągników transportowych z napędem spalinowym zalicza się przede wszystkim emisję szkodliwych, toksycznych substancji do atmosfery kopalnianej, emitowanie ciepła oraz hałas generowany przez silnik spalinowy. Przykładem ciągnika z napędem spalinowym jest ciągnik DMZ50F firmy FERRIT.



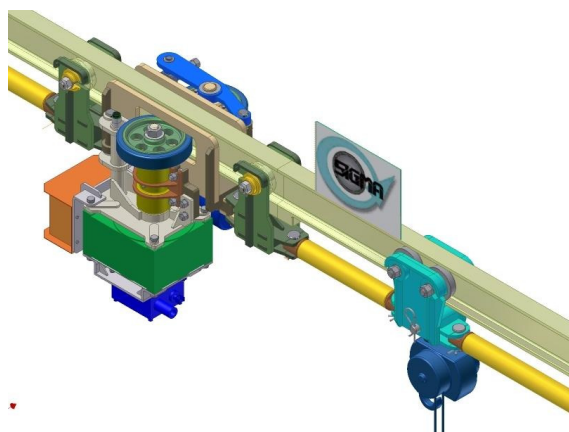
Rys. 1. Spalinowy ciągnik DMZ50F [www.ferrit.cz]

Stosowanie ciągników z napędem spalinowym wymaga również dostawy paliwa do stacji tankowania.

2.2. Napęd elektryczny

Stosowane obecnie ciągniki transportowe z napędem elektrycznym zasilane są energią elektryczną z kopalnianej sieci IT za pomocą przewodu elektrycznego. Ciągniki transportowe

tego typu mają jedną istotną wadę – ograniczony zasięg, który zależy od długości przewodu zasilającego. Wymusza to budowę szeregu stacji przeładunkowych i związanych z tym prac. Ciągniki tego typu wykorzystuje się przede wszystkim do transportu materiałów na krótkich odcinkach trasy – do kilkudziesięciu metrów. Przykładem ciągnika z napędem elektrohydraulicznym jest ciągnik ECM-LEMUR firmy SIGMA S.A., gdzie silnik zasilany jest poprzez przewód zawieszony na wózkach jezdnych za ciągnikiem.



Rys. 2. Elektryczny ciągnik ECM-LEMUR [www.sigmasa.pl]

Wadą tego rozwiązania prócz ograniczonego zasięgu, jest również wleczenie przewodu zasilającego, który stwarza zagrożenie dla operatora oraz osób znajdujących się w pobliżu ciągnika. W skrajnych przypadkach może dojść do zerwania przewodu i stworzenia zagrożenia zdrowia, a nawet życia załogi pracującej w pobliżu ciągnika [6].

3. Napęd akumulatorowy w warunkach atmosfery kopalnianej

Wymagania stawiane ciągnikom transportowym, a jednocześnie uwzględnienie wad stosowanych rozwiązań skłoniły do opracowania i wdrożenia do produkcji nowoczesnego, energooszczędnego ciągnika elektrycznego przewidzianego do transportu materiałów do przodka ściany lub chodnika bez ograniczenia zasięgu. Wymagania takie spełniają napędy elektryczne zasilane z baterii akumulatorów. Ciągnik z napędem akumulatorowym z uwagi na ograniczoną pojemność akumulatorów musi jednak pracować z jak największą sprawnością, ograniczając do minimum zużycie energii. Oprócz dużej sprawności energetycznej samego układu napędowego trzeba również wykorzystywać

energię hamowania do doładowania akumulatorów. Maszyny z napędem akumulatorowym wymagają także stacji ładowania akumulatorów oraz specjalnych ładowarek z uwagi na zastosowane akumulatory kwasowo - ołowiowe. Dotychczas akumulatory wszystkich lokomotyw doładowane są w specjalnie do tego celu przygotowanych komorach. Jedną z cech innowacyjnego rozwiązania jakim jest podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1, jest możliwość doładowywania akumulatorów z zespołu transformatorowego wyposażonego w złącza ZW-40.



Rys.3. Złącze ZW-40 [www.belma.com.pl]

4. Podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1 - układ napędu i sterowania

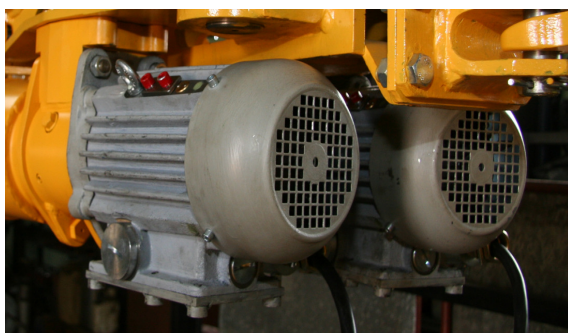


Rys.4. Podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1 [7]

Podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1 przeznaczony jest do przemieszczania się wraz z zestawem transportowym po podwieszonej jezdni szynowej. Ciągnik przewidziany jest do transportu ładunków na trasach o długości do 5km. Przewidziany jest do prac manewrowych

w podziemnych wyrobiskach górniczych, na stacjach załadunkowych i wyładunkowych. Sterowanie ciągnikiem PCA-1 może się odbywać za pomocą pulpitu sterowniczego połączonego przewodem z modułem zasilania lub zdalnie z pilota radiowego. Podstawowym elementem ciągnika PCA-1 jest moduł zasilania MZ-1. Wewnętrzna część tego modułu składa się z trzech komór: przyłączowej, aparaturowej i akumulatorowej. Komora przyłączowa, w której znajdują się listwy zaciskowe połączona jest za pomocą izolatorów przepustowych z komorą aparaturową, w skład której wchodzi wszystkie elementy wyposażenia elektrycznego. Z kolei komora aparaturowa połączona jest za pomocą izolatorów przepustowych z komorą akumulatorową. Zastosowanie ciągnika PCA-1 w zdecydowany sposób poprawia warunki klimatyczne, przyczyniając się do zwiększenia komfortu pracy. Możliwość ładowania baterii ciągnika w miejscu pracy eliminuje stratę czasu związaną z przejazdem urządzenia do zajezdni w celu doładowania baterii akumulatorów. Konstrukcja ciągnika umożliwia elastyczne dostosowanie do wymagań użytkowników, między innymi poprzez współpracę z zestawem transportowym z wciągnikami z napędem ręcznym lub z belką z dwoma wciągnikami z napędem elektrycznym EWŁ-3. W przypadku zastosowania wciągników z napędem elektrycznym cała aparatura elektryczna wciągnika umieszczona jest w skrzyni aparaturowej.

4.1. Silnik SGKg80-4Hp



Rys.5. Silnik górniczy samohamowny o mocy 1,1kW typu SGKg80-4Hp [7]

Podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1 wyposażony jest w dwa silniki indukcyjne typu SGKg80-4Hp prod. KOMEL. Silnik wyposażono w tarczowy hamulec, który włączany jest sprężynowo po wyłączeniu napięcia zasilającego. Znamionowy moment hamujący wynosi 20Nm.

Parametry znamionowe silników indukcyjnych typu SGKg80-4Hp są następujące:

Napięcie znamionowe	3x230V
Moc znamionowa	1,1kW
Rodzaj pracy	S4
Częstotliwość znamionowa	50Hz
Prąd znamionowy	5,3A
Prędkość obrotowa	1348obr/min
Moment znamionowy	7,8Nm
Znamionowy moment hamujący	20Nm
Masa silnika	35kg

4.2. Falownik napięcia



Rys.6. Falownik napięcia typu FNTGpca_2_48_KG [7]

Napęd podwieszony ciągnika PCA-1 wymagał zastosowania przekształtnika energoelektronicznego służącego do zamiany prądu stałego z baterii akumulatorów na prąd przemienny. Firma ENEL-PC Sp. z o.o. opracowała dokumentację i wykonała prototyp falownika napięcia typu FNTGpca_2_48_KG. Falownik typu FNTGpca_2_48_KG posiada funkcję ładowania akumulatorów. W celu naładowania baterii akumulatorów należy w ciągniku PCA-1 przestawić przełącznik w pozycję ładowania. Spowoduje to przejście do pracy z ładowaniem akumulatorów z sieci, po uprzednim podłączeniu złącza ZW-40 do zespołu transformatorowego. W stanie pracy ładowania nie jest możliwe uruchomienie żadnego z silników ciągnika PCA-1.

Parametry falownika napięcia typu FNTGpca_2_48_KG są następujące:

Zakres częstotliwości	-	0Hz do 100Hz
Prąd znamionowy	-	45A
Napięcie zasilania	-	37-55V DC
Temperatura pracy	-	-20 do +40°C
Nap. zas. ładowarki	-	3x230V
Prąd ładowania	-	max 15A
Napięcie ładowania	-	≤ 55V DC

4.3. Bateria akumulatorów

Układ napędowy podwieszoności ciągnika akumulatorowego PCA-1 zasilany jest energią elektryczną z baterii akumulatorów, zestawionej z ogniw litowo-jonowych. Jest to zespół 15 ogniw o pojemności 100Ah i napięciu 3,2V DC każde, połączonych ze sobą szeregowo, w celu uzyskania wymaganego napięcia 48V DC. Baterię akumulatorów umieszczono w komorze akumulatorowej modułu MZ-1.

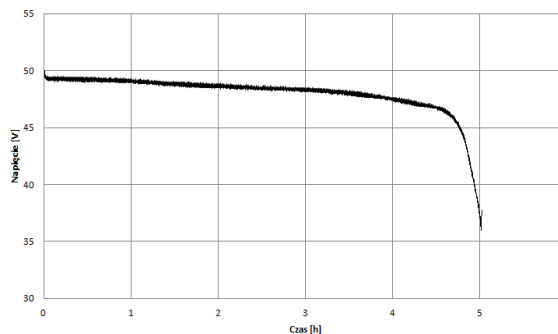


Rys. 7. Bateria akumulatorów [7]

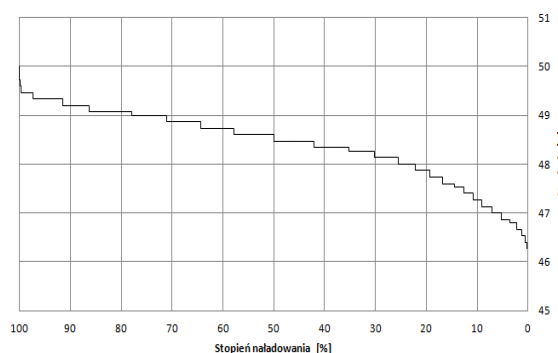
4.4. System monitorowania stanu naładowania baterii

Ciągnik wyposażono w opracowany w ITG Komag układ monitoringu stanu naładowania baterii akumulatorów, który połączono z zespołem sygnalizacyjnym. W zespole sygnalizacyjnym znajdują się cztery diody LED oznaczone jako "10%, 40%, 70% i 100%", informujące o aktualnym stanie naładowania baterii akumulatorów. Zasada działania układu do monitoringu stanu naładowania baterii akumulatorów polega na ciągłym pomiarze prądu pobieranego przez układ napędowy i podczas ładowania oraz na pomiarze napięcia na zaciskach wyjściowych baterii akumulatorów. Aby odpowiednio skonfigurować układ monitoringu stanu naładowania, należało wyznaczyć charakterystykę rozładowania baterii akumulatorów. W tym celu naładowaną baterię akumulatorów rozładowywano prądem o wartości 22,5A, rejestrując tym samym napięcie na wyjściu baterii w funkcji czasu.

Na podstawie charakterystyki rozładowania powstała charakterystyka stanu naładowania, która jest programowo zapisywana do pamięci układu monitoringu stanu naładowania baterii akumulatorów.



Rys. 8. Charakterystyka rozładowania [7]



Rys. 9. Charakterystyka stanu naładowania [7]

Wynikiem działania programu sterującego układem monitoringu stanu naładowania, jest informacja o stanie naładowania baterii akumulatorów, która przesyłana jest do zespołu sygnalizacyjnego.

5. Podsumowanie

Tendencje rozwojowe systemów transportowych w podziemnych zakładach górniczych wskazują na duże zainteresowanie napędami akumulatorowymi. Zastosowanie najnowocześniejszych akumulatorów znacznie wpływa na efektywność, bezpieczeństwo i komfort pracy. Wdrożenie innowacyjnego ciągnika PCA-1 zmniejszy uciążliwość prac związanych z dostawą elementów na odcinkach od dworców materiałowych do przodków chodnikowych. Rozwój nowoczesnych napędów akumulatorowych przyczyni się do powstania nowego systemu napędu w górniczych środkach transportu.

6. Literatura

- [1]. Zagórski J., Kołodziej G.: *Zagrożenia związane z eksploatacją ciągnika spalinowego w górnictwie podziemnym.*, Wspólne sprawy nr 9/2010, ss. 12-13, Biuletyn Zarządu Głównego Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Górnictwa.
- [2]. Mrowiec H., Raszka W.: *Współczesne systemy transportu w górnictwie węglowym.*, Górnictwo podziemne Tom2/2010, ss. 305-316, Polski Kongres Górniczy 2010.

- [3]. Kaczmarczyk K., Suffner H., Dobrzaniecki P., Polnik B., Budzyński Z., Heliński M.: *Podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1 kierunkiem rozwoju nowoczesnych urządzeń transportowych.*, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa, ss. 253-260, Komtech 2011.
- [4]. Kaczmarczyk K.: *Napędy spalinowe w wyrobiskach górniczych zagrożonych atmosferą wybuchową.* Materiały na konferencję PTNSS CONGRESS 2011, ss. 1-9, IV Międzynarodowy Kongres Silników Spalinowych 2011.
- [5]. Kaczmarczyk K., Budzyński Z.: *Ciągnik akumulatorowy PCA-1 do prac transportowych w wyrobiskach korytarzowych.* Maszyny Górnicze nr3 2011, ss. 48-52.
- [6]. Kaczmarczyk K.: *Podwieszony ciągnik PCA-1 - nowatorskie rozwiązanie do prac transportowych w przodkach chodnikowych.* Materiały na konferencję Bezpieczeństwo pracy urządzeń transportowych w górnictwie 2011.
- [7]. Budzyński Z., Deja P., Gołabek L., Konsek R., Polnik B.: *Manewrowy ciągnik elektryczny do transportu materiałów i przewozu ludzi,* praca statutowa ITG KOMAG, niepublikowana.

Autorzy

mgr inż. Rafał Konsek
e-mail: rkonsek@komag.eu
Instytut Techniki Górniczej KOMAG
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice