

Ekologiczna moc hybrydy

Railpower Technologies Corp. zajmuje się rozwojem, produkcją oraz marketingiem i sprzedażą specjalistycznych systemów zasilania w energię dla transportu.

W porównaniu do konwencjonalnych lokomotyw nasza technologia, umożliwia klientom znacznie zredukować koszty użytkowania przy równoczesnym wyraźnym obniżeniu emisji szkodliwych składników w spalinach...

Lepsza Ekonomia, Czyste Środowisko.

Innowacyjna Technologia Hybrydowa

Technologia hybrydowa w naszych systemach odnosi się do wykorzystania więcej niż jednego źródła energii.

Korzyści

- > Zmniejszenie od 20% do 60% zużycia paliwa i emisji gazów cieplarnianych
- > Do 90% zmniejszona emisja tlenków azotu (NOx) i cząstek stałych
- > Obniżenie kosztów utrzymania
- > Redukcja hałasu

Produkty

Rozwiązania Railpower bazują na standardowych lokomotywach spaliniowych. Większość aktualnie eksploatowanych pojazdów może być z powodzeniem dostosowana do technologii hybrydowej.

Aktualni klienci

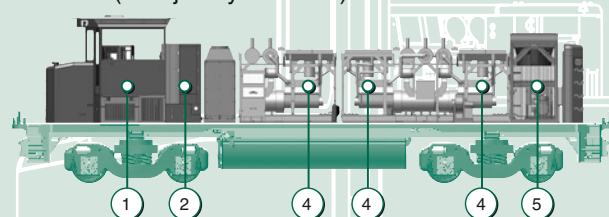
- > Union Pacific
- > BNSF Railway
- > Railserve
- > ...



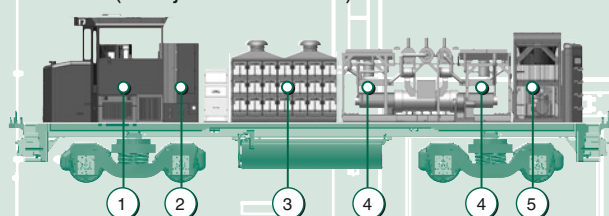
Dwie linie produktu:

Seria RP lokomotywy liniowe i manewrowe

- > RP20BD (wersja trzysilnikowa)

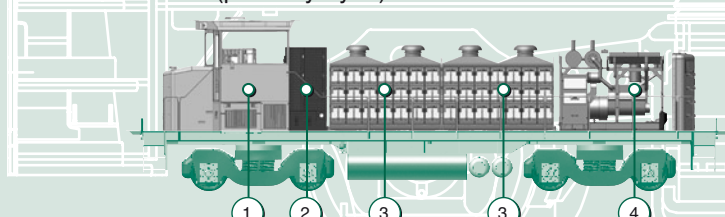


- > RP20BH (wersja dwusilnikowa)



Seria GG lokomotywy manewrowe

- > GG20B (pełna hybryda)



- 1 kabina maszynisty 2 szafa elektryczna 3 zespół baterii 4 silnik spalinowy 5 zestaw hamulca dynamicznego (opcjonalnie)

European headquarters : Railpower Technologies Corp.
>11b, Bld Paepsem > B-1070 Brussels
> info@railpower.com > http://www.railpower.com

RAILPOWER[®]
Technologies Corp.

Maciej Michnej, Maciej Szkoła

Współczesne rozwiązania hybrydowych układów napędowych spalinowych pojazdów trakcyjnych

Europejski rynek hybrydowych pojazdów trakcyjnych znajduje się w fazie rozwoju. Jednym z wiodących producentów tego typu rozwiązań jest kanadyjska firma Railpower Technologies Corp., która w Europie wdrożyła swoją technologię między innymi w firmie Swedish Tiran Technology (STT). W artykule przedstawiono ideę hybrydowego układu napędowego oraz konfigurację wyposażenia lokomotywy, w oparciu o rozwiązania firmy Railpower.

22 czerwca 2006 r. Komisja Europejska uchwaliła dokument pod nazwą Keep Europe Moving, stanowiący rewizję Białej Księgi uchwalonej w 2001 r. Jedną z głównych kwestii podnoszonych w tym dokumencie jest zmniejszenie negatywnego wpływu transportu na środowisko naturalne poprzez redukcję emisji zanieczyszczeń oraz zmniejszenie jednostkowego zużycia energii. Niestabilna sytuacja na światowych rynkach ropy naftowej wpływa niekorzystnie na ceny paliw używanych w transporcie. Wzrost cen paliwa wpływa na zwiększenie kosztów eksploatacji pojazdów trakcyjnych oraz zmniejsza efektywność przewozów pasażerskich i towarowych.

W ostatnich latach nastąpił rozwój techniki napędów hybrydowych, pozwalający na powszechne zastosowanie ekologiczno-ekonomicznych rozwiązań w transporcie kolejowym. Biorąc pod uwagę długi cykl życia pojazdów trakcyjnych oraz oszczędności wynikające ze zmniejszonego zużycia paliwa, można stwierdzić, że stosunkowo wysoka cena tych systemów zwróci się szybko, pozwalając przy tym osiągnąć niewymierne korzyści o charakterze ekologicznym.

Idea systemu hybrydowego

Zasadniczym celem stosowania hybrydowych układów napędowych jest ograniczenie zużycia paliwa i emisji zanieczyszczeń, poprzez efektywne wykorzystanie mocy spalinowego pojazdu trakcyjnego. Obecne rozwiązania opierają się głównie na wykorzystywaniu do napędu silników trakcyjnych lokomotyw, energii elektrycznej zmagazynowanej w akumulatorach zasilanych z zespołu napędowego (silnik-prądnica) lub na zastosowaniu dwóch silników o małej mocy oraz baterii akumulatorów. Spotykane są również rozwiązania polegające na wyposażeniu lokomotywy w trzy jednostki napędowe uruchamiane zależnie od obciążenia pojazdu. Zasadę działania najprostszego napędu hybrydowego przedstawiono na rysunku 1.

Zespół napędowy (silnik-prądnica) wytwarza energię elektryczną, która jest magazynowana w akumulatorach składających się z określonej liczby modułów baterii. W zależności od aktualnego zapotrzebowania mocy silniki trakcyjne mogą być zasilane poprzez falownik (IGBT) z baterii akumulatorów lub z prądnicy ze-



Fot. 1. Lokomotywa hybrydowa GG20B w technologii Railpower [1]



Fot. 2. Lokomotywa hybrydowa RP20BH w technologii Railpower [1]



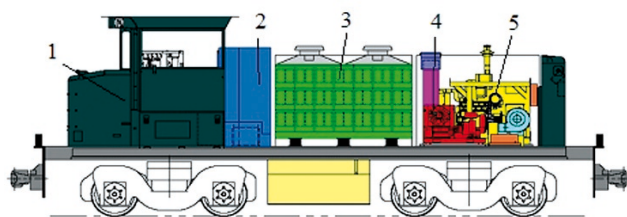
Rys. 1. Idea działania napędu hybrydowego konstrukcji Railpower Technologies Corp. [1]

społu napędowego. Optymalnym wykorzystaniem zmagazynowanej energii steruje mikroprocesorowy system sterowania.

Rozwiązania hybrydowych układów napędowych

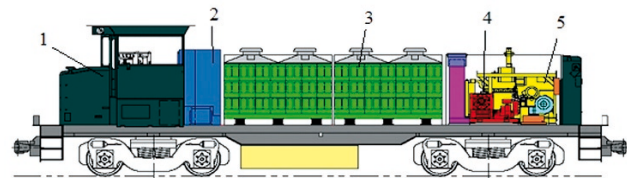
Konstrukcja hybrydowych układów napędowych uzależniona jest w głównej mierze od przeznaczenia eksploatacyjnego lokomotywy. Liczba modułów baterii akumulatorów oraz silników spalinowych dobierana jest do określonych warunków pracy pojazdu.

Na rysunku 2 przedstawiono lokomotywę manewrową serii GK10B, w której z uwagi na niewielkie zapotrzebowanie mocy zastosowano dwa moduły baterii 700 V DC 600 Ah typu VRLA oraz silnik spalinowy o mocy 120 KM.



Rys. 2. Lokomotywa serii GK10B konstr. Railpower Technologies Corp. [1]
1 - kabina maszynisty, 2 - wyposażenie elektryczne, 3 - moduł baterii, 4 - sprężarka powietrza, 5 - zespół napędowy (silnik-prądnica)

Lokomotywa serii GG20B (rys. 3) dzięki zastosowaniu czterech modułów baterii 700 V DC, 1200 Ah typu VRLA oraz silnika spalinowego o mocy 268 KM ma charakter bardziej uniwersalny i może wykonywać cięższe prace manewrowe, jak również obsługiwać bocznicę kolejową.



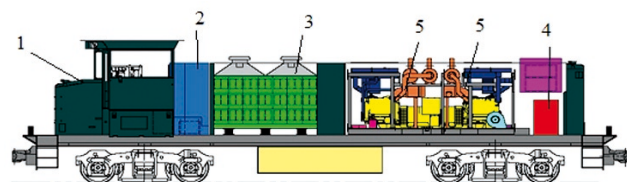
Rys. 3. Lokomotywa serii GG20B konstr. Railpower Technologies Corp. [1]
1 - kabina maszynisty, 2 - wyposażenie elektryczne, 3 - moduł baterii, 4 - sprężarka powietrza, 5 - zespół napędowy (silnik-prądnica)

W przedstawionych rozwiązaniach, silnik spalinowy włączany jest jedynie w celu ładowania baterii akumulatorów. Pozwala to uniknąć znacznych strat paliwa podczas pracy na biegu jałowym. W lokomotywach manewrowych praca na biegu jałowym stanowi od 50 nawet do 80% całkowitego czasu pracy pojazdu. Ponadto, większość lokomotyw używanych w ruchu manewrowym wykorzystywana jest w znikomym zakresie mocy znamionowej silnika – najczęściej nie przekracza 30% [2, 3].

Rozwiązania hybrydowe przeznaczone są również do lokomotyw liniowych, w których zastępuje się duży silnik spalinowy, dwoma mniejszymi jednostkami napędowymi oraz dodatkowo montuje się baterie akumulatorów. Lokomotywa liniowa może korzystać z energii zgromadzonej w bateriach, podczas przejazdu przez obszary zurbanizowane, dzięki czemu redukuje się do minimum emisję hałasu i zanieczyszczeń. Takie rozwiązanie zastosowano w lokomotywie serii RP20BH, prezentowanej na rysunku 4.

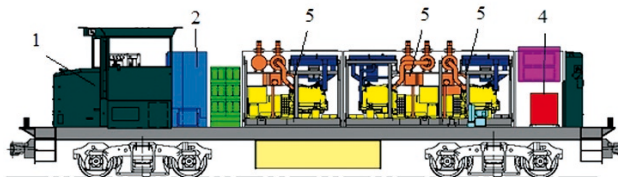
Lokomotywa RP20BH ma dwa zespoły napędowe z silnikami o mocy 667 KM każdy oraz dwa moduły baterii 700 V DC 600 Ah typu VRLA. Zespoły napędowe pracują równocześnie jedynie podczas obsługi ciężkich pociągów i dużego zapotrzebowania mocy.

Rozwiązania zastosowane w ciężkich lokomotywach liniowych z silnikiem spalinowym o dużej mocy polegają na zastąpieniu energochłonnej jednostki napędowej, trzema mniejszymi silnika-



Rys. 4. Lokomotywa serii RP20BH konstr. Railpower Technologies Corp. [1]
1 - kabina maszynisty, 2 - wyposażenie elektryczne, 3 - moduł baterii, 4 - sprężarka powietrza, 5 - zespół napędowy (silnik-prądnica)

mi spalinowymi. Zarządzanie pracą silników wykonywane jest przez mikroprocesorowy system sterowania, który analizuje aktualne warunki obciążenia lokomotywy i włącza odpowiednią liczbę zespołów napędowych. Ponadto system sterowania odpowiedzialny jest za równomierne obciążenie poszczególnych silników spalinowych wyrażone w motogodzinach pracy. Pozwala to zachować porównywalne parametry zużycia wszystkich jednostek napędowych.



Rys. 5. Lokomotywa serii RP20BD konstrukcji Railpower Technologies Corp. [1]
1 - kabina maszynisty, 2 - wyposażenie elektryczne, 4 - sprężarka powietrza, 5 - zespół napędowy (silnik-prądnica)

Lokomotywa serii RP20BD (rys. 5) wyposażona jest w trzy zespoły napędowe z silnikami spalinowymi o mocy 667 KM. W tym rozwiązaniu baterie akumulatorów służą do rozruchu silników oraz zasiania elementów wyposażenia elektrycznego podczas postoju lokomotywy. W tabeli 1 zestawiono podstawowe dane techniczne lokomotyw hybrydowych oraz wielosilnikowych, zbudowanych na bazie technologii Railpower.

Tabela 1

Podstawowe dane techniczne lokomotyw hybrydowych Railpower Technologies Corp.

	Lokomotywy serii			
	GG – manewrowe		RP – liniowe	
	GK10B	GG20B	RP20BH dwa silniki, dominujący udział silnika	RP20BD trzy silniki
Moc lokomotywy [KM]	1000	2000	2000	2000
Silnik spalinowy [KM]	120	268	667 (dwa silniki)	667 (trzy silniki)
Baterie	700 V DC 600 AH	700 V DC 1200 AH	700 VDC 600 AH	funkcja pomocnicza

Technologia hybrydowa firmy Railpower przeznaczona jest głównie do modernizowanych lokomotyw spalinowych. Proces modernizacji polega na demontażu nadwozia i elementów wyposażenia lokomotywy (rys. 6). Ramę, wózki i silniki trakcyjne poddaje się naprawie lub modernizacji. Na przygotowaną ramę montuje się wyposażenie elektryczne i elektroniczne, baterie akumulatorów oraz silnik. Standardowy pulpit sterowniczy oraz prosta obsługa eliminują konieczność specjalnego szkolenia maszynistów do pracy na lokomotywie hybrydowej.

Korzyści z zastosowania systemu hybrydowego

Ogólne korzyści płynące z zastosowania systemu hybrydowego w lokomotywach spalinowych można podsumować w dwóch kategoriach: kosztów zewnętrznych związanych ze szkodliwym oddziaływaniem na środowisko naturalne oraz kosztów eksploatacji związanych z użytkowaniem i utrzymaniem pojazdu. Wstępna analiza efektywności systemu hybrydowego wykazała, że w zakresie kosztów zewnętrznych rozwiązanie to umożliwia:

- zmniejszenie o 70–90% emisji NO_x i cząstek stałych,

- zmniejszenie o 20–60% emisji HC i CO₂,
- znaczące zmniejszenie poziomu hałasu i drgań zarówno generowanych w kabinie maszynisty, jak i na zewnątrz pojazdu. Natomiast w zakresie kosztów eksploatacji:
 - zmniejszenie o 20–70% kosztów zużycia paliwa,
 - kilkakrotnie mniejsze koszty zużycia oleju silnikowego,
 - zwiększenie o około 60% niezawodności, a tym samym zmniejszenie kosztów utrzymania nieplanowego (naprawy awaryjne),
 - zmniejszenie kosztów obsługi planowych (przebiegów i napraw planowych),
 - polepszenie komfortu jazdy, poprzez wprowadzenie nowoczesnych rozwiązań w układzie sterowania i napędu.

Tabela 2

Porównanie zmniejszenia zużycia paliwa i emisji spalin lokomotyw hybrydowych

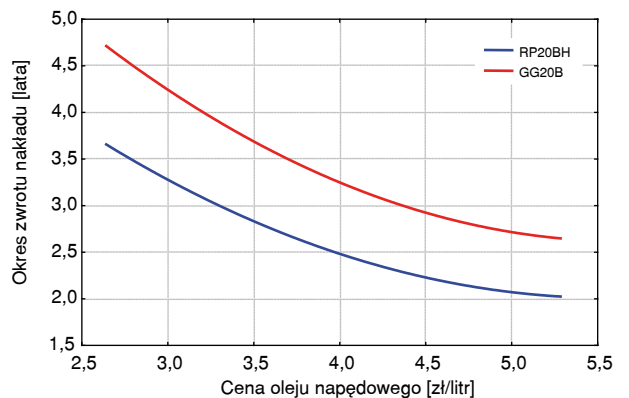
	Seria GG		Seria RP	
	GG20B	RP20BH	RP20BH	RP20BD
Zmniejszenie zużycia paliwa [%]	40–70	20–40		
Zmniejszenie emisji spalin [%]	80–90	ok. 80		
Przeznaczenie	Lekka praca manewrowa, zakłady przemysłowe (np. huty)	Praca manewrowa, obsługa górek rozrządowych		Ruch liniowy

Bardzo duże oszczędności w zużyciu paliwa oraz znaczące ograniczenie emisji spalin w serii GG, tzw. pełnej hybrydy, wynikają z faktu, że czas pracy silnika spalinowego na biegu jałowym jest w tym rozwiązaniu ograniczony do minimum. Podczas postojów eksploatacyjnych silnik spalinowy jest wyłączony, a ponowny rozruch lokomotywy odbywa się z baterii akumulatorowych.

Kalkulacje, wykonane za pomocą prostych metod oceny finansowej, wykazały, że przedsięwzięcie polegające na modernizacji starej lokomotywy manewrowej, np. serii SM42, na lokomotywę hybrydową powinno być bardzo opłacalne. Opłacalność ta jest tym większa, im większe jest eksploatacyjne wykorzystanie pojazdu w ciągu roku. Na rysunku 7 przedstawiono zależność okresu zwrotu nakładu w funkcji ceny paliwa dla dwóch systemów hybrydowych: pełnej hybrydy (seria GG20B) i wersji dwusilnikowej (seria RP20BH). Obliczenia zostały wykonane dla przyjętych, hipotetycznych warunków eksploatacji. W pierwszym przypadku założono warunki odpowiednie dla pracy pojazdu w zakładzie przemysłowym, w drugim założono, że lokomotywa zaangażowana jest przy pracy manewrowej o rocznym obciążeniu 5000 mth (motogodzin).



Rys. 6. Proces modernizacji klasycznej lokomotywy na lokomotywę hybrydową [1]



Rys. 7. Okres zwrotu nakładu dla dwóch hybrydowych układów napędowych RP20BH i GG20B

Ocena opłacalności poprzez okresu zwrotu nakładu stanowi zaledwie początek obszernej analizy efektywności systemów hybrydowych oferowanych przez firmę Railpower, która zostanie wykonana w Instytucie Pojazdów Szynowych Politechniki Krakowskiej z zastosowaniem zaawansowanych modeli decyzyjnych, w tym analizy LCC.

Podsumowanie

Lokomotywy z systemami hybrydowymi testowane były w różnych warunkach atmosferycznych – zarówno w temperaturach powietrza powyżej 35°C, podczas badań w Kalifornii (USA), jak i w surowych warunkach zimowych w Kanadzie, w temperaturze poniżej –30°C, lokomotywy charakteryzowały się wysoką niezawodnością i gotowością techniczną. Pozytywne opinie przewoźników, jak: Amtrak, Union Pacific, Canadian Pacific Railway, Railserve czy BNSF Railway, eksploatujących lokomotywy hybrydowe w Ameryce Płn., pozwalają optymistycznie myśleć o rozwoju tych rozwiązań na kontynencie europejskim.

Wykonane analizy wykazały, że optymalnym rozwiązaniem implementacji hybrydowych układów napędowych na rynku polskim, jest modernizacja popularnej lokomotywy serii SM42. Z uwagi na swoją konstrukcję, lokomotywa ta może zostać wyposażona w dwusilnikowy hybrydowy układ napędowy (seria RP20BH), jak również w „pełny” hybrydowy układ napędowy (seria GG20B), w zależności oczywiście od przeznaczenia pojazdu. □

Literatura

- [1] Materiały ofertowe firmy Railpower Technologies Corp.
- [2] Kałuża E.: Czynniki warunkujące opłacalność eksploatacji pojazdów hybrydowych. Czasopismo Techniczne Elektronika 7/1993-E, s. 63–76.
- [3] Kałuża E.: Hybrydowe lokomotywy manewrowe w świetle efektywności eksploatacyjnej. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Z.118. Gliwice 1990.
- [4] Studium techniczno-ekonomiczne odnowy parku pojazdów trakcyjnych eksploatowanych przez PKP CARGO S.A. Etap IV: Modernizacja manewrowych lokomotyw spalinowych serii SM42. Praca nr M8/631/2006. Politechnika Krakowska, Instytut Pojazdów Szynowych. Kraków 2007.

Autorzy

mgr inż. Maciej Michnea

mgr inż. Maciej Szkoda

Politechnika Krakowska, Instytut Pojazdów Szynowych