

**Emil Król, Andrzej Białas**  
BOBRME KOMEL, Katowice

## KONCEPCJA NAPĘDU HYBRYDOWEGO PRZEZNACZONEGO DO SAMOCHODU DOSTAWCZEGO

### CONCEPT OF THE HYBRID DRIVE DEDICATED FOR VAN CAR

**Abstract:** In the paper the concepts of conversion a van vehicle type DZT Pasagon for bimodal hybrid car was described. The car will have the possibility to drive in three modes: "diesel", electric mode, and charging on-board battery. A special synchronous permanent magnets motor attended to the hybrid vehicle was designed. New motor will be mounted directly on the cardan shaft. The shaft of the electric motor is responsible for transmitting full torque from the internal combustion engine to the wheels. The electric motor will be able to work in motor and generator mode. In the generator mode batteries are charging. In the paper, distribution of main elements of the hybrid system, with particular emphasis on the location of the lithium ion batteries was discussed.

#### 1. Wstęp

Napęd hybrydowy jest połączeniem dwóch rodzajów napędów. Obecnie w samochodach osobowych i dostawczych jako napęd hybrydowy najczęściej stosuje się połączenie silnika spalinowego z silnikiem elektrycznym. Silnik spalinowy połączony jest poprzez różnego typu przekładnie lub bezpośrednio z silnikiem elektrycznym, który pełni również rolę prądnicy (generatora) służącej do ładowania akumulatorów. W zależności od konfiguracji oraz potrzeb napędu, silniki spalinowy i elektryczny mogą pracować razem (równoległe) podczas dużego zapotrzebowania na moment obrotowy (np. przyspieszanie lub jazda z dużym obciążeniem), lub oddzielnie tylko silnik spalinowy lub tylko elektryczny.

W zależności od konfiguracji elementów napędzających wyróżnia się układy hybrydowe szeregowy, równoległy i mieszane.

W układzie szeregowym energia mechaniczna wytwarzana przez silnik spalinowy jest w całości przetworzona na energię elektryczną gromadzoną w akumulatorach oraz do napędu silnika elektrycznego. W przypadku dużego zapotrzebowania na moc, silnik elektryczny może korzystać z energii zgromadzonej w akumulatorach. W układach tych zwykle nie stosuje się skrzyni biegów. W układzie równoległym część energii mechanicznej wytworzonej przez silnik spalinowy napędza pojazd, a pozostała część ładuje akumulatory. Gdy potrzebna jest duża moc silniki mogą pracować równoległe (razem), jako źródło napędu. Podczas hamowania

silnik elektryczny hamuje odzyskowo, zwracając energię do akumulatora.

Układ mieszany jest kombinacją cech układów równoległego i szeregowego.

Do wad napędu hybrydowego należy zaliczyć większą masę pojazdu oraz większą cenę, natomiast do zalet konstrukcjach hybrydowych należy zaliczyć redukcję emisji spalin samochodowych oraz ograniczenie hałasu, co skutkuje w oczywisty sposób poprawą jakości życia szczególnie w aglomeracjach miejskich.

Ponadto koszt przejechania 100 km pojazdem dostawczym z silnikiem diesla to ok. 60 zł poza miastem (bez kosztów amortyzacji pojazdu). Natomiast w ruchu miejskim, ze względu na częste postoje i przyspieszenia koszt ten jest rzędu 80 zł. Tymczasem koszt przejechania 100 km w ruchu miejskim pojazdem napędzanym silnikiem elektrycznym nie powinien przekroczyć 15 zł.

#### 2. Pojazd demonstracyjny

Pojazd demonstracyjny powstanie na bazie samochodu osobowo-towarowego DZT Pasagon produkcji polskiej.

Podstawowe parametry samochodu:

Dopuszczalna masa całkowita	3490 kg
Ładowność	1340 kg
Nadwozie	2-drzwiowe
Ilość miejsc	kierowca+2
Zbiornik paliwa	80 dm <sup>3</sup>
Silnik wysokoprężny Andoria:	
Pojemność skokowa	2,636 dm <sup>3</sup>
Moc max	85kW

Max moment obrotowy 250Nm(2000 obr/min)  
 Układ napędowy  
 Skrzynia biegów manualna, pięciobiegowa  
 Napęd na koła tylne.



Rys.1. Pojazd który zostanie poddany elektryfikacji

### 3. Parametry napędu elektrycznego

Dobór elektrycznego silnika napędowego wymagał pogodzenia kilku sprzecznych parametrów napędu. Silnik z jednej strony powinien dysponować odpowiednio dużym momentem i mocą do komfortowej jazdy, z drugiej strony moc tą należy ograniczyć ze względu na masę silnika elektrycznego oraz masę i parametry (głównie pojemność) elektrycznego akumulatora. Ponadto wał silnika elektrycznego musi przenieść pełny moment silnika spalinowego, co przyczynia się niekorzystnie do zwiększenia średnicy wału, a za razem masy silnika.

Parametry elektrycznego silnika napędowego:

Moc znamionowa - od 40kW do 50kW,

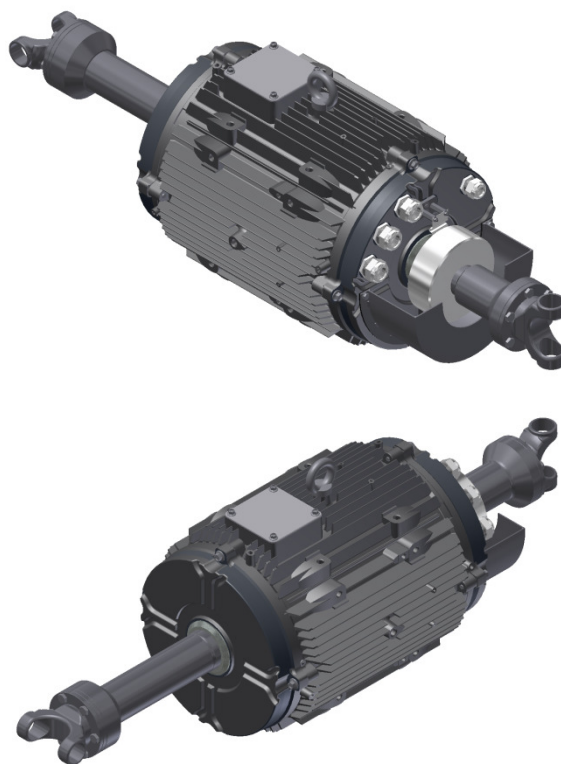
Moc maksymalna od 60kW do 80 kW

Prędkość znamionowa od 1500 obr/min do 1800 obr/min,

Napięcie znamionowe baterii 355V DC

Jako napęd zostanie wykorzystany silnik synchroniczny z magnesami trwałymi. Specjalna konstrukcja wirnika pozwoli w tym silniku wykorzystać dodatkowo moment reluktancyjny. Silniki z magnesami trwałymi są coraz czę-

ściej stosowane w napędach trakcyjnych [3]. Posiadają szereg zalet, które pozwalają tym silnikom być najlepszym napędem trakcyjnym.



Rys. 2. Modelowy silnik ze sprzęgłami kardana

Do podstawowych zalet silników z magnesami trwałymi możemy zaliczyć:

- wysoki stosunek uzyskiwanego momentu znamionowego lub mocy znamionowej do objętości, lub masy maszyny,
- duża przeciążalność momentem,
- praca w szerokim zakresie prędkości obrotowych,
- wysoka sprawność,
- wysoka niezawodność ruchowa w porównaniu do silników prądu stałego z komutatorem mechanicznym.

### 4. Koncepcja napędu hybrydowego bimodalnego

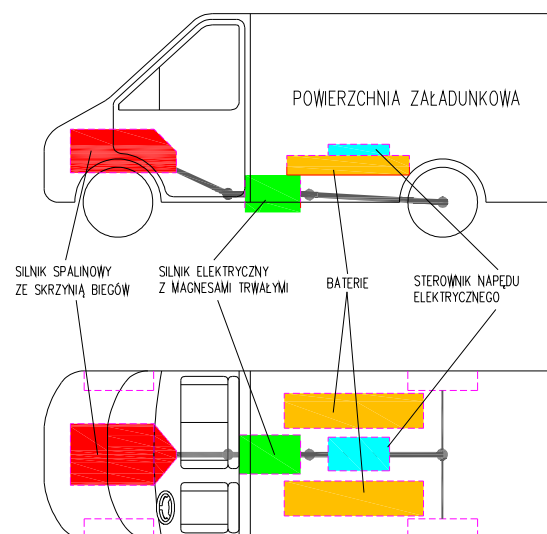
Przyjęto koncepcję, że w produkowanym serijnie samochodzie transportu osobowego i towarowego, oprócz tradycyjnego silnika spalinowego będzie zamontowany nowoczesny silnik elektryczny. Silnik spalinowy będzie wykorzystywany do przejazdów na dłuższych odcinkach poza miastami lub poza terenami zabudowanymi. Na obszarze miast (terenów zabudowanych) rolę głównego napędu przejmować będzie silnik elektryczny. W przyjętej koncepcji napędu hybrydowego samochód może pracować

wać w dwóch całkowicie niezależnych trybach napędu i stąd nazwa napęd hybrydowy bimodalny. W trybie pierwszym, który można określić jako „tryb diesel”, samochód jest napędzany wyłącznie przez montowany fabrycznie standardowy silnik spalinowy (dla samochodów transportu osobowo-towarowego jest to zwykle silnik diesla). Tryb diesel ma w zamierzeniu być wykorzystywany do przejazdów pozamiejskich na dłuższych trasach. Ponieważ samochód będzie w tym trybie napędzany przez standardowy silnik diesla współpracujący ze standardową skrzynią biegów, nie ulegnie ograniczeniu, ani zasięg jazdy, ani osiągnięta prędkość maksymalna w stosunku do typowego pojazdu fabrycznego. Przewiduje się, że silnik elektryczny w trybie diesel będzie działać jako prądnica doładowująca baterie akumulatorów. W drugim trybie napędu samochód będzie napędzany wyłącznie przez silnik elektryczny. „Tryb elektryczny” jest przewidziany do wykorzystania na terenie aglomeracji miejskich, miast lub ogólniej terenów zabudowanych. Ze względu na wykorzystanie wyłącznie silnika elektrycznego, tryb elektryczny napędu pojazdu charakteryzować będzie się dużą czystością ekologiczną, zredukowana zostanie do zera emisja szkodliwych spalin i CO<sub>2</sub> do atmosfery oraz zdecydowanie ograniczony zostanie hałas generowany przez pracujący silnik spalinowy. Jazda w terenie miejskim charakteryzuje się częstymi postojami, częstym ruszaniem ze skrzyżowań oraz bardzo nieekonomiczną dla silnika spalinowego jazdą w korkach. Silniki spalinowe są w takich warunkach źródłem szczególnie dużej emisji szkodliwych zanieczyszczeń do atmosfery oraz źródłem znacznego hałasu. Zamiana napędu spalinowego na elektryczny w samochodach transportu osobowo-towarowego poruszających się po terenach miejskich powinna spowodować istotne ograniczenie tych bardzo negatywnych zjawisk i podniesienie jakości życia w aglomeracjach miejskich, ze szczególnym uwzględnieniem miejskich szlaków komunikacyjnych.

## 5. Konstrukcja mechaniczna napędu

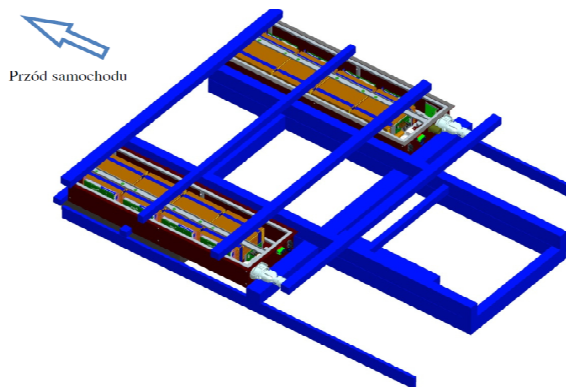
Napędowy silnik elektryczny będzie zamontowany w układzie bezprzekładniowym, bezpośrednio na wale napędowym pojazdu, który przenosi moment obrotowy pomiędzy skrzynią biegów, a tylnym mostem z mechanizmem różnicowym (Rys. 3). Prędkość obrotowa wirnika w silniku elektrycznym będzie zawsze taka

sama jak prędkość obrotowa wału napędowego pojazdu. Wał silnika elektrycznego został zaprojektowany tak, aby umożliwił przeniesienie napędu silnika spalinowego i skrzyni biegów. Moment, który wał silnika musi przenieść wynosi ponad 1100Nm przy pełnym momencie silnika spalinowego i użytym I biegu skrzyni przekładniowej. Silnik elektryczny jest zaprojektowany tak, by w trybie elektrycznym napędu hybrydowego najwyższą sprawność osiągał w możliwie szerokim zakresie prędkości pojazdu z przedziału od 0 do ok. 50 km/h.

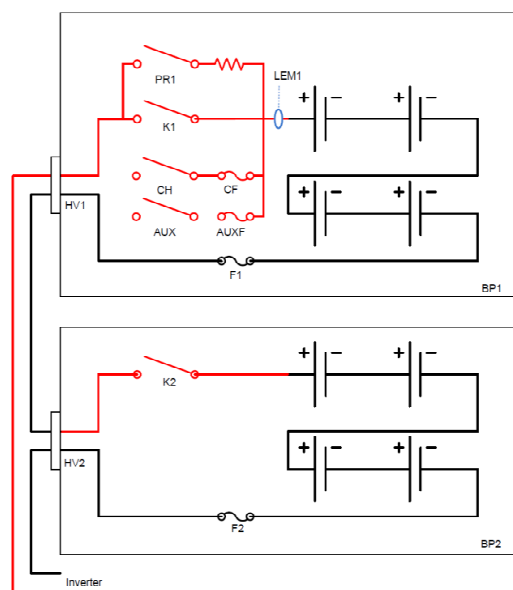


Rys.3. Rozmieszczenie elementów napędu hybrydowego bimodalnego spalinowo-elektrycznego

Ładowanie akumulatora (akumulatorów) pokładowego jest możliwe w dwóch stanach. Podczas jazdy pojazdu w trybie diesel, silnik elektryczny pracuje w trybie pracy generatorowej ładowania lub doładowywania baterii. W takim stanie pracy, sam silnik i pozostałe podzespoły elektrycznego układu napędowego, będą tak dopasowane elektrycznie, aby generowane napięcie na zaciskach silnika (generatora) elektrycznego podczas jazdy z większymi prędkościami, aż do prędkości maksymalnej włącznie, nigdy nie przekraczały wartości dopuszczalnych (bezpiecznych) i nie spowodowały uszkodzenia któregoś z tych podzespołów (przekształtnik, bateria akumulatorów itp.). Na rys.5 pokazano schemat połączeń akumulatorów trakcyjnych wraz z niezbędnymi elementami, które zabezpieczają elementy napędu przed niekontrolowanymi prądami podczas zamknięcia obwodów prądowych.



Rys. 4. Zespół akumulatorów litowo-jonowych umieszczony w ramie pojazdu



Rys. 5. Schemat połączenia akumulatorów trakcyjnych w pojeździe

## 6. Podsumowanie i wnioski

Zastosowanie w pojeździe napędu hybrydowego bimodalnego pozwoli w znacznym stopniu ograniczyć koszty eksploatacji pojazdu oraz zmniejszyć oddziaływanie na środowisko naturalne. Dla przykładu koszt przejechania 100 km pojazdem dostawczym z silnikiem diesla to ok. 60 zł poza miastem (bez kosztów amortyzacji pojazdu). Natomiast w ruchu miejskim, ze względu na małą prędkość poruszania oraz częste postoje i przyspieszenia koszt ten wynosi około 80 zł. Tymczasem koszt przejechania 100 km w ruchu miejskim pojazdem napędzanym silnikiem elektrycznym nie powinien przekroczyć 15 zł. Samochód firmy spedycyjnej pokonuje zwykle nie mniej niż 100.000 km rocznie. Jeżeli założymy, że 60 % tego dystansu samochód pokona będąc napędzany silnikiem spalinowym (diesel), to koszt zużytego

oleju napędowego (licząc tylko średni koszt paliwa 70 zł/100 km) wyniesie 42.000 zł. Natomiast koszt przejechania pozostałych 40.000 km z wykorzystaniem silnika elektrycznego (15 zł/100 km) wyniesie ok. 6000 zł. Na odcinku 40.000 km firma spedycyjna zaoszczędzi ok. 22.000 zł. Zatem dla użytkowników pojazdów transportowych wyposażonych w silniki elektryczne, np. firm kurierskich, pojawia się możliwość znacznego obniżenia kosztów działalności. Znaczne oszczędności ekonomiczne wynikające z zastosowania napędu elektrycznego spowodują szybki zwrot nakładów poniesionych na jego zainstalowanie w pojazdach. Zainteresowanie pojazdami o napędzie elektrycznym lub hybrydowym wykazują także duże firmy transportowe o zasięgu światowym, chcące być postrzegane przez klientów jako firmy dbające o środowisko naturalne.

Do głównych wad pojazdów z napędem hybrydowym bimodalnym możemy zaliczyć zmniejszenie dopuszczalnej ładowności pojazdów (w porównaniu do pojazdu tylko z napędem spalinowym) oraz większe koszty zakupu pojazdu z takim napędem.

## 7. Literatura

- [1]. Dąbrowski Z.: *Wały napędowe*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999.
- [2]. Dobrzański L. A.: *Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo*. Wydawnictwo naukowo-techniczne 2003.
- [3]. Glinka T.: *Maszyny elektryczne wzbudzone magnesami trwałymi*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
- [4]. Bernatt J.: *Obwody elektryczne i magnetyczne maszyn elektrycznych wzbudzonych magnesami trwałymi*. Wydawnictwo BOBRME Komel Katowice 2011.
- [5]. Król E., Rossa R.: *Silniki z magnesami trwałymi o dużej przeciążalności momentem*. Zeszyty Problemowe BOBRME Komel 81/2009.

Praca finansowana ze środków NCBiR w ramach projektu rozwojowego nr NR01-0085-10/2010.

## Autorzy

Emil KRÓL, Andrzej BIAŁAS  
BOBRME KOMEL  
Al. Roździeńskiego 188, 40-203 Katowice  
e-mail: e.król@komel.katowice.pl  
a.bials@komel.katowice.pl