

# Układ napędowy lekkiego pojazdu elektrycznego biorącego udział w zawodach Shell Eco-marathon

Drive system of lightweight electric vehicle competing in Shell Eco-marathon

RYSZARD SKOBERLA  
WOJCIECH SKARKA \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.4.47

Artykuł z XIII Forum Inżynierskiego ProCAx 2015

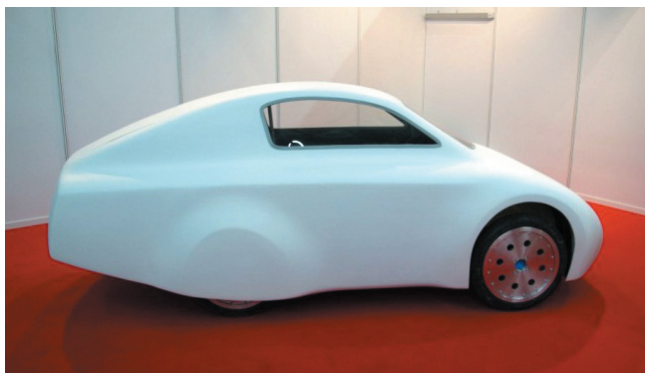
Układ napędowy lekkiego pojazdu elektrycznego Bytel powstał w efekcie gruntownego zmodyfikowania koncepcji układu tymczasowego, aby zapewnić możliwość jego różnej konfiguracji. Ten układ o konstrukcji pozwalającej na odzysk energii podczas hamowania wyposażono w wysoko sprawne jednostki napędowe.

**SŁOWA KLUCZOWE:** Shell Eco-marathon, pojazd energooszczędny, układ napędowy, odzysk energii

*Modification of the drive system in the lightweight electric vehicle Bytel has been based on a concept of total improvement of the current system in response to the need of adaptability to different configuration requirements. Provision is made in the system for recovery of energy during braking operation with high efficiency drive units employed.*

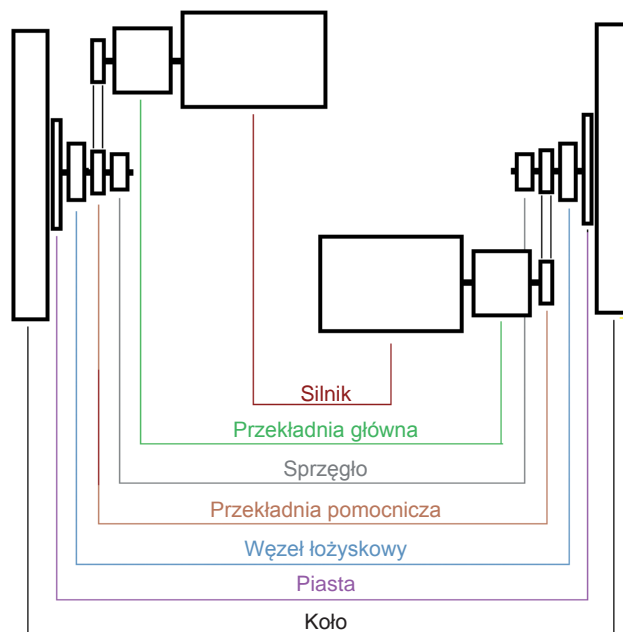
**KEYWORDS:** Shell Eco-marathon, energy efficient vehicle, drive system, recovering of energy

Pojazd o nazwie Bytel (rys. 1) powstał w ramach prac Studenckiego Koła Naukowego Modelowania Konstrukcji Maszyn działającego na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej. Jest to trzeci bolid skonstruowany przez członków tego koła na potrzeby międzynarodowych zawodów Shell Eco-marathon. Zespół Smart Power startuje w nich każdego roku i osiąga bardzo dobre wyniki.



Rys. 1. Pojazd Bytel [5]

Początkowo pojazd wyposażono w tymczasowy układ napędowy z zamiarem jego modernizacji. W miarę postępu prac związanych z udoskonalaniem podzespołów pojazdu podjęto decyzję o zaprojektowaniu nowego układu



Rys. 2. Schemat koncepcyjny ostatecznej wersji układu napędowego

napędowego, który w większym stopniu spełni wymagania stawiane energooszczędnym pojazdom. Opracowano więc koncepcję (jej schemat przedstawiono na rys. 2) pozwalającą na realizację jednego z głównych założeń, jakim jest jazda z tzw. wolnym kołem, oraz zapewniającą dużą swobodę w manipulowaniu położeniem jednostek napędowych w przedziale silnikowym.

## Dobór jednostki napędowej

Po przyjęciu wstępnej postaci układu należało przeprowadzić szereg obliczeń w celu określenia parametrów, na podstawie których dobiera się silnik i przekładnię. Kluczowym parametrem przy doborze jednostki napędowej była średnia prędkość przejazdowa. Ta prędkość wraz z pozostałymi danymi (takimi jak: opór powietrza, masa pojazdu czy promień koła) posłużyła do określenia minimalnego momentu obrotowego, potrzebnego do wywołania ruchu pojazdu. W tym celu wykorzystano zależność:

$$M_o = F_o \cdot R = (F_b + F_p + F_t) \cdot R$$

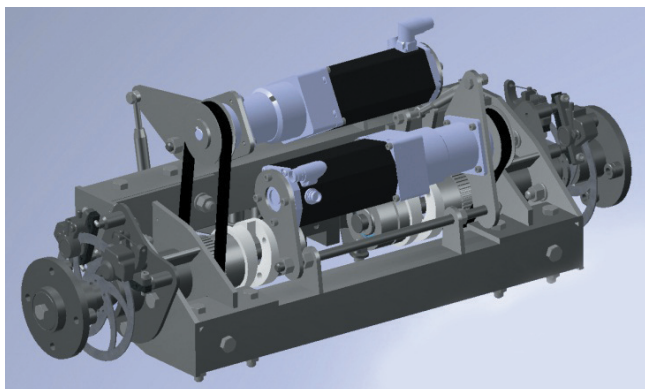
gdzie:  $M_o$  – moment obrotowy,  $F_o$  – siły oporu działające na pojazd,  $R$  – promień koła,  $F_b$  – siła bezwładności,  $F_p$  – siła oporów powietrza,  $F_t$  – siła oporu toczenia.

\* Mgr inż. Ryszard Skoberla (ryszard.skoberla@polsl.pl), dr hab. inż. Wojciech Skarka prof. Pol. Śl. (wojciech.skarka@polsl.pl) – Politechnika Śląska

Przy obliczaniu oporów powietrza istotne znaczenie ma współczynnik oporu aerodynamicznego  $C_x$  – wyznaczono go z wykorzystaniem zaawansowanej metody komputerowej mechaniki płynów (CFD), opisaną w [3]. Następnie obliczono wymaganą prędkość obrotową koła, która wraz z wyznaczonym momentem obrotowym stanowiła podstawę doboru silnika i przekładni.

### Układ nośny

Układ nośny napędu jest zarazem częścią układu zawieszenia pojazdu, a jego koncepcja w toku procesu projektowego ulegała istotnym modyfikacjom. Ostateczny model pokazano na rys. 3.



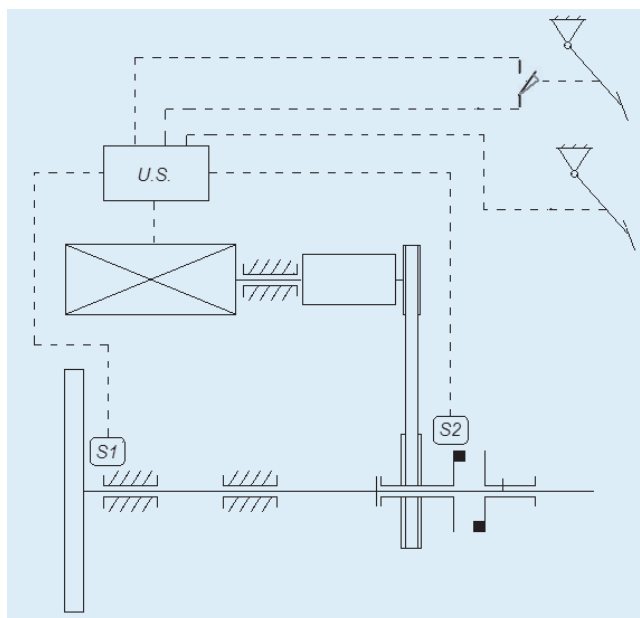
Rys. 3. Model napędu wraz z układem nośnym

Układ nośny napędu należało skorelować z koncepcją realizacji tylnego zawieszenia pojazdu, przy czym rozważano zastosowanie zawieszenia zależnego lub niezależnego. Ostatecznie zdecydowano się na kombinację zawieszenia z wahaczami wzdłużnymi z zawieszeniem ze sztywną osią (oba te rodzaje szczegółowo opisano w [1]). To zdeterminowało kształt ramy – umożliwiającą montaż elementów układu amortyzującego w niewielkiej przestrzeni przedziału silnikowego pojazdu.

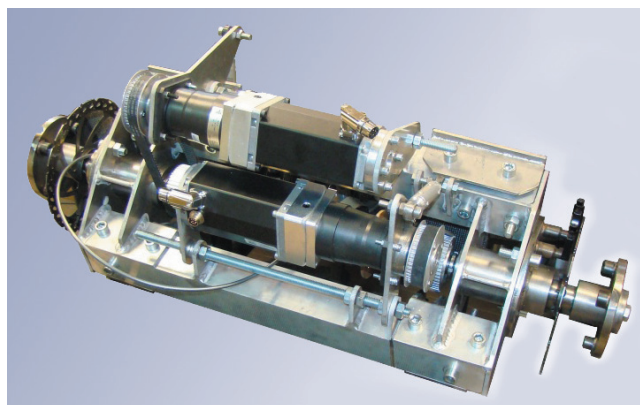
### Podukład odzysku energii

Uproszczony schemat kinematyczny układu napędowego, uzupełniony o elementy zespołu odpowiedzialnego za odzysk energii, przedstawiono na rys. 4.

Założeniem dla opracowywanego układu była możliwość pracy w trzech trybach: napędu, hamowania silnikiem i tzw. wolnego koła, co polega na rozłączeniu jednostki napędowej i półosi. Konieczne stało się więc zastosowanie swego rodzaju sprzęgła, pozwalającego na przejście w każdy ze wspomnianych trybów w dowolnym momencie. Opracowano sprzęgło wyposażone w innowacyjny mechanizm będący przedmiotem wniosku patentowego [4]. Rozwiązanie to bazuje na zespole sensorów mierzących w sposób ciągły prędkość obrotową elementów, których ruch musi być zsynchronizowany. Informacje są przesyłane do układu sterowania połączonego z pedałami hamulca i gazu – elementów sterujących synchronizacją i aktywujących ją w momencie zadziałania na nie z odpowiednią siłą. Układ napędowy (rys. 5) pełni zatem jednocześnie rolę układu hamulcowego, który w pojeździe Bytel jest układem redundowanym, również opartym na systemie hydraulicznym opisanym w [2].



Rys. 4. Schemat kinematyczny układu napędowego



Rys. 5. Układ napędowy przygotowany do zamontowania w przedziale silnikowym pojazdu (fot. R. Skoberla)

### Podsumowanie

Zaprezentowany w artykule układ napędowy bezpośrednio przyczynił się do wzrostu ogólnego poziomu zaawansowania konstrukcji pojazdu. Jednocześnie zapewnił realizację założeń poczynionych na etapie pojawienia się koncepcji budowy nowego bolidu – umożliwił poprawę osiągnięć pojazdu i dalsze badania mające na celu jego udoskonalenie. Ponadto pozwolił na spełnienie postulatu energooszczędności – w pojeździe zastosowano rozwiązania bazujące na odzysku energii elektrycznej, przez co stał się on jeszcze bardziej przyjazny środowisku naturalnemu.

### LITERATURA

1. Reimpell J., Betzler J. „Podwozia samochodów. Podstawy konstrukcji”. Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2004.
2. Skarka W., Skoberla R. "Design of braking system in the lightweight electric vehicle". *XIV International Technical Systems Degradation Conference, Liptovsky Mikulas, 8-11 April 2015* (2015): pp. 137-140.
3. Waśik M., Targosz M., Panfil W. „Weryfikacja aerodynamiczna wariantów konstrukcyjnych pojazdu startującego w kategorii Urban wyścigu Shell Eco-marathon”. *Mechanik*. R. 87, nr 7 (2014): s. 548-551.
4. Skoberla R., Skarka W. „Układ przeniesienia napędu z mechanizmem odzysku energii elektrycznej podczas hamowania”. Zgłoszenie wniosku patentowego o numerze: P.412876
5. Strona internetowa Studenckiego Koła Naukowego Modelowania Konstrukcji Maszyn: [www.mkm.polsl.pl](http://www.mkm.polsl.pl) (dostęp: 19.11.2015 r.).