



Ireneusz PIELECHA, Jakub CZAJKA

MOŻLIWOŚCI BADANIA PRZEPIYWU ENERGII W SYMULACYJNYCH WARUNKACH PRACY NAPĘDU HYBRYDOWEGO TOYOTY PRIUS

Streszczenie

W artykule omówiono możliwości badawcze stanowisk dydaktycznych będących na wyposażeniu Laboratorium Silników Spalinowych Politechniki Poznańskiej. Stanowiska te stanowiące pomoce dydaktyczne pozwalają na poznanie budowy i zasady działania oraz przepływu energii w nowoczesnych układach napędowych pojazdów samochodowych. W artykule zaprezentowano stanowiska badawcze oraz możliwości realizacji zadań przez studentów na tych stanowiskach.

WSTĘP

Współczesne kształcenie kadry inżynierskiej powinno być oparte w znacznej części na praktycznej realizacji zadań, w tym również zadań laboratoryjnych. Nowoczesne napędy pojazdów wymagają znacznej wiedzy zarówno mechanicznej jak również elektrycznej do ich prawidłowej diagnostyki podczas eksploatacji. Wiedza taka jest zdobywana dzięki szeroko dostępnej literaturze, jednakże jej uzupełnianie przez praktyczne umiejętności jest niezwykle cenne. Wymaga to jednak znacznego nakładu sił i środków w celu zapewnienia przyszłym inżynierom warsztatu naukowego na najwyższym poziomie. Jednym z takich przykładów jest pracownia napędów hybrydowych wyposażona w nowoczesne pomoce naukowe. Stanowią je demonstracyjne stanowisko przekładni hybrydowej oraz hamowniane stanowisko napędu hybrydowego Toyoty Prius.

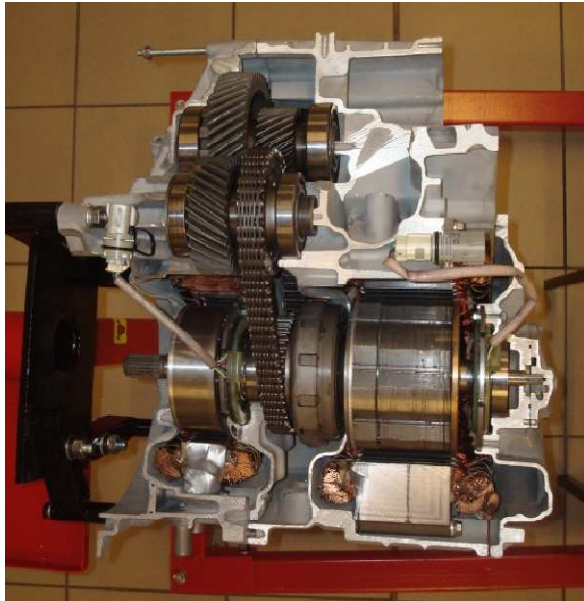
1. BUDOWA STANOWISK DYDAKTYCZNYCH

1.1. Stanowisko demonstracyjne przekładni hybrydowej

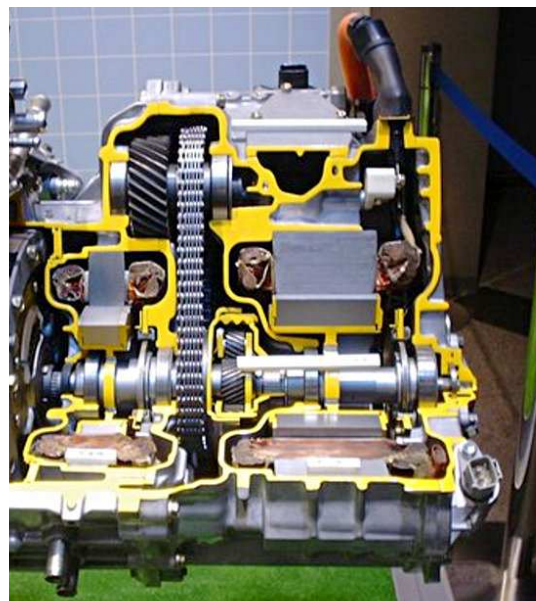
Stanowisko demonstracyjne stanowi przekładnia napędu hybrydowego stanowiąca wyposażenie Toyoty Prius z silnikiem spalinowym o pojemności 1,5 dm³ (kod silnika 1NZ-FXE). Model przekładni (rys. 1a) wykonano jako przekrój poszczególnych elementów zachowując jednocześnie pełną funkcjonalność tego rozwiązania. Oznacza to, że wykonano przekroje silników elektrycznych (stojanów) bez konieczności unieruchomienia ich wirników. Zmniejszenie średnicy wirników umożliwia ograniczenie siły magnesów trwałych, co pozwala uzyskać dużą funkcjonalność rozwiązania. Istniejące obecnie na rynku rozwiązania modelowe (rys. 1b, c, d) nie pozwalają na ich demontaż, ze względu na sposób

wykonania przekroju lub współpracę z silnikiem spalinowym. Oznacza to możliwość obserwacji trybów pracy napędu hybrydowego, lecz brak możliwości demontażu tej przekładni.

a)



b)



c)



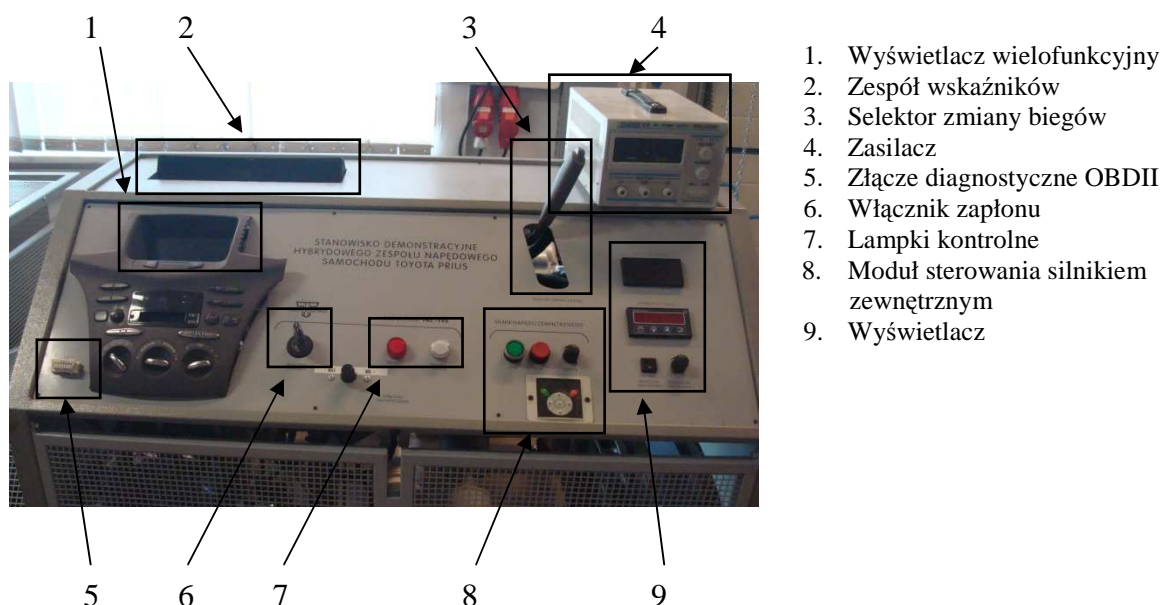
d)



Rys. 1. Przekroje napędu hybrydowego: a) stanowisko w Laboratorium Silników Spalinowych Politechniki Poznańskiej – demontowalne, b) przykład modelu – niedemontowalny [4], c) stanowisko wykonane przez Technolab SA (Szwajcaria) [3], d) stanowisko wykonane przez NADA Scientific LTD (USA) [5]

1.2. Hamowniane stanowisko napędu hybrydowego

Pełną funkcjonalnością dysponuje również hamowniane stanowisko napędu hybrydowego Toyoty Prius. Stanowisko wyposażono w panel sterujący zawierający moduł wyświetlacza wskazujący na aktualny tryb pracy napędu (rys. 2). Stanowisko to stanowi silnik spalinowy (kod silnika 1NZ-FXE) wraz z przekładnią napędu hybrydowego wyposażone we wszystkie układy pojazdu (rys. 3). Silnik spalinowy, układ napędowy i układy jezdne zamontowano na ramie. Do układu dołączono również akumulatory NiMH stanowiące standardowe wyposażenie pojazdu. Układ wyposażono w moduł retardera umożliwiający symulowanie obciążenia napędu pojazdu. Umieszczone na panelu sterującym gniazdo diagnostyczne umożliwia pełną diagnostykę napędu, co pozwala na określenie wielkości i kierunku przepływu energii podczas pracy jednostki napędowej.



Rys. 2. Panel sterowania napędem hybrydowym Toyoty Prius

a)



b)



Rys. 3. Stanowisko hamowniane: silnik spalinowy wraz z układem hybrydowym, b) koła retardera (obciążenie układu napędowego)

2. MOŻLIWOŚCI BADAWCZE NAPĘDÓW HYBRYDOWYCH

2.1. Określanie trybów pracy napędu hybrydowego

Stanowisko demonstracyjne przedstawione w punkcie 1.1 umożliwia poznanie budowy i zasady działania przekładni napędu hybrydowego. Stanowisko demonstracyjne przekładni hybrydowej umożliwia demontaż i montaż poszczególnych elementów. Taka konstrukcja stanowiska pozwala na poznanie budowy, określenie przełożeń przekładni planetarnej, łańcuchowej, pośredniej i głównej. Po zmontowaniu stanowiska istnieje możliwość ręcznego jego uruchomienia. Dzięki temu możliwe jest zadawanie trybów pracy i określenie poszczególnych strategii sterowania tym napędem (rys. 3).

a)



b)



Rys. 3. Przekładnia napędu hybrydowego: a) obudowa i stojany silników elektrycznych, b) elementy mechaniczne przekładni napędu hybrydowego

2.2. Badania dynamiczne napędu hybrydowego

Badania dynamiczne można zrealizować dwoma sposobami: z wykorzystaniem cęg napięciowych pozwalających na analizę napięcia zasilania poszczególnych silników elektrycznych lub z wykorzystaniem systemu diagnostyki pokładowej OBDII.

Badania z wykorzystaniem cęg prądowych przedstawione na rys. 4 pozwalają na uzyskanie wiedzy z zakresu pomiarów elektrycznych układu hybrydowego (rys. 5), ale również służą interdyscyplinarności zdobytych umiejętności.

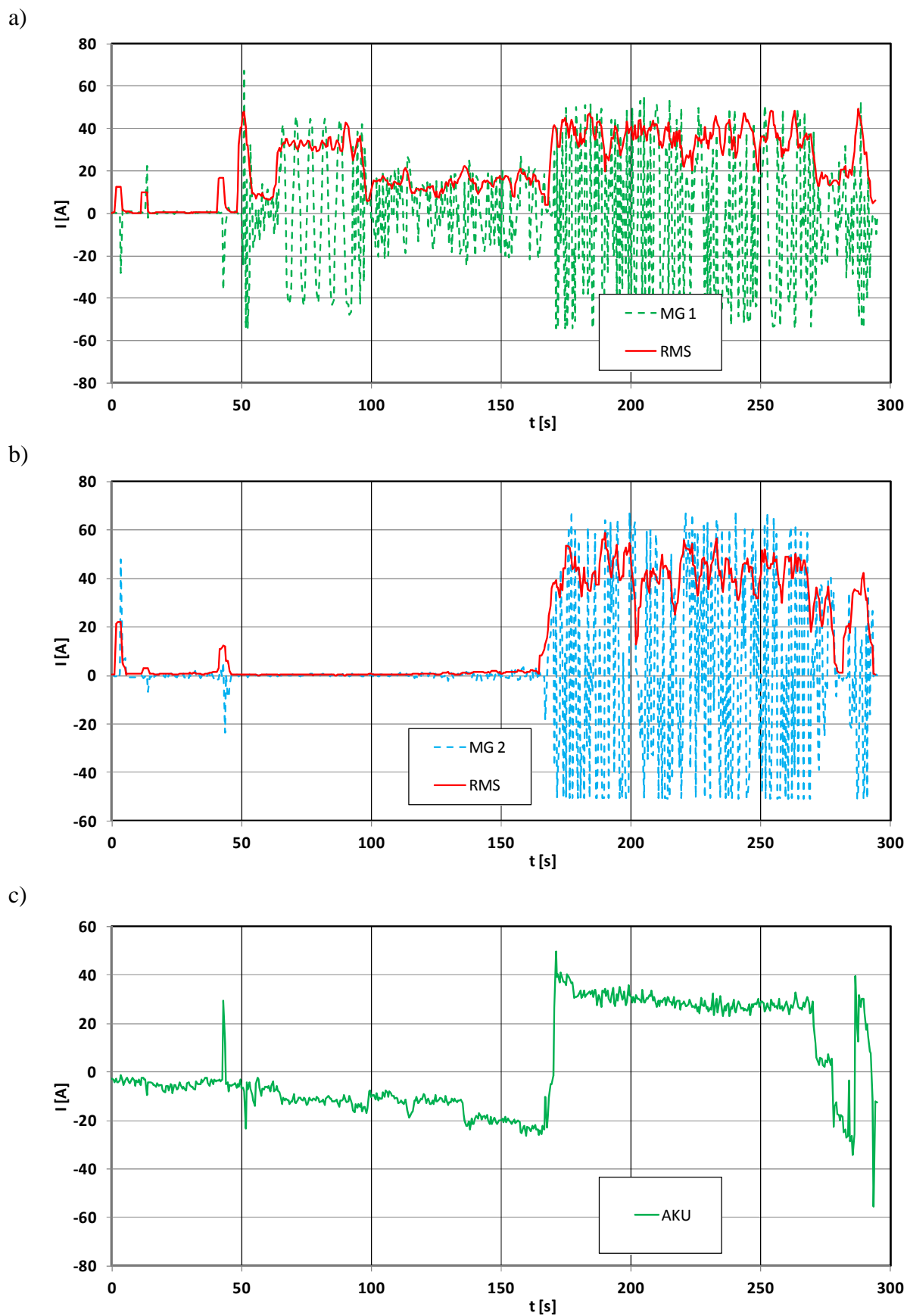
a)



b)

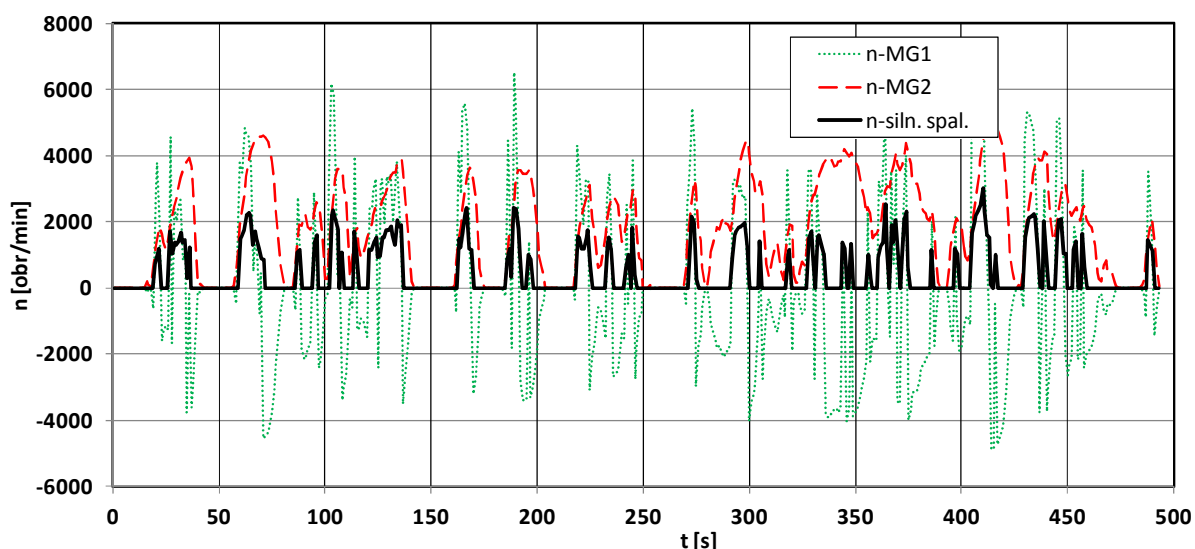


Rys. 4. Stanowisko badawcze: a) miejsce zamontowania cęg prądowych, b) widok ekranu akwizycji danych pomiarowych (zaciski amperomierza na przewodach elektrycznych: 1 – silnika elektrycznego/generatora, 2 – silnika elektrycznego, 3 – baterii akumulatora)

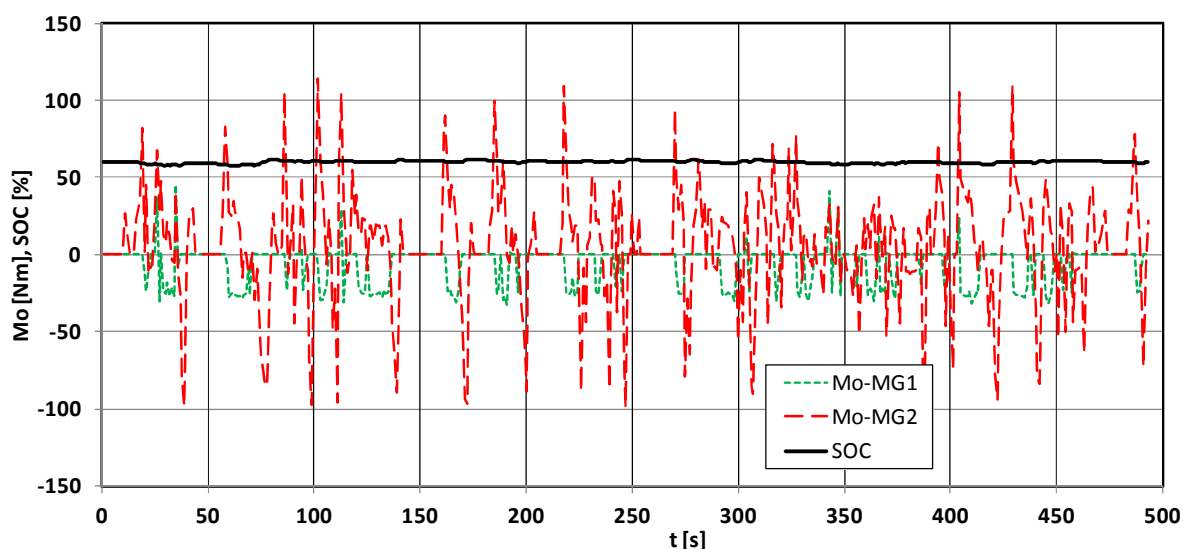


Rys. 5. Przebiegi prądu oraz wartości skutecznej prądu RMS silników elektrycznych: a) silnika/generatora, b) silnika elektrycznego, c) akumulatora w układzie hybrydowym Toyoty Prius

Wykorzystując specjalistyczne oprogramowanie i tester diagnostyczny podłączany do gniazda OBD istnieje możliwość określenia prędkości obrotowych poszczególnych silników elektrycznych, natężenia prądu i napięcia na poszczególnych silnikach, momentów obrotowych, a także stanu naładowania akumulatora (tzw. SOC – *state of charge*). Wyniki takich badań przedstawiono na rys. 6 i 7.



Rys. 6. Analiza prędkości obrotowych silnika spalinowego i silników elektrycznych zamontowanych w napędzie hybrydowym Toyota Prius



Rys. 7. Analiza momentów obrotowych silników elektrycznych i stanu naładowania akumulatora podczas pracy napędu hybrydowego

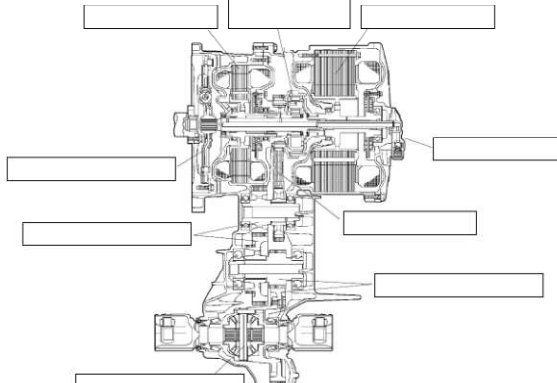
Przedstawione powyżej możliwości badawcze w znaczący sposób wpływają na zrozumienie i opanowanie tematyki związanej z napędem hybrydowym pojazdów.

3. PRZYKŁADY TEMATYKI BADAWCZEJ

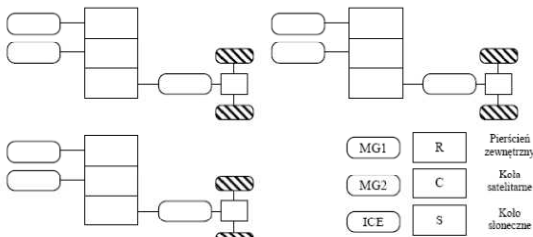
W ramach szkolenia umożliwiającego poznanie budowy, działania i przepływu energii w układach napędów hybrydowych teoretyczna wiedza inżynierska uzupełniana jest wiadomościami praktycznymi uzyskiwanymi w ramach ćwiczeń praktycznych.

Przedstawione przykłady (rys. 8) wymagają samodzielnego kształcenia, co umożliwiają posiadane w Laboratorium Silników Spalinowych stanowiska badawcze w zakresie napędów hybrydowych.

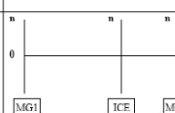
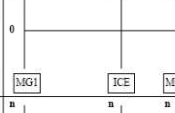
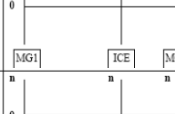
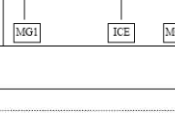
A. Na podstawie modelowego przekroju napędu hybrydowego nazwij elementy na rysunku



B. Na podstawie obserwacji pracy modelu przekładni zidentyfikuj przekładnie w napędzie hybrydowym i wstaw odpowiednie oznaczenia w prawidłowy schemat



C. Przeanalizuj strategie pracy i podaj przykładowe przebiegi prędkości poszczególnych silników napędu hybrydowego

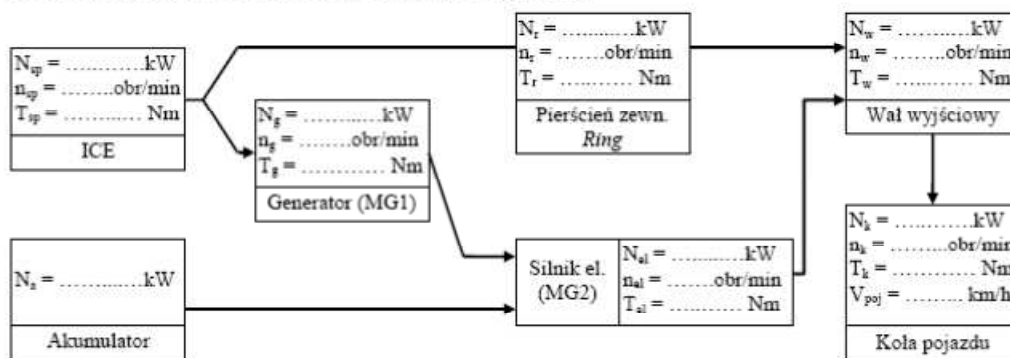
Strategia	MG1 (zatrzymany/ zgodny z ICE/ przeciwny)	MG2 (zatrzymany/ zgodny z ICE/ przeciwny)	ICE (zatrzymany/ mała prędkość/ duża prędkość)	Schemat
Zatrzymanie pojazdu, pracujący silnik spaliny				
Duża prędkość pojazdu				
Tryb elektryczny				
Bieg wsteczny				

Wnioski

1. Podaj liczbę przełożeń napędu hybrydowego. Podaj z czego ona wynika.

2. Czy oba silniki elektryczne mogą pracować jako generatory prądu? Skomentuj odpowiedź.

Moc napędu Toyoty Prius wynosi 50 kW, przy prędkości obrotowej $n_{MG2} = 2250$ obr/min. Silnik spalinowy pracuje z dużą sprawnością przy $n_{ICE} = 2000$ obr/min generując 45 kW mocy. Pomijając straty wyznaczyc prędkości obrotowe, moc i moment obrotowy każdego z elementów układu napędowego.



Rys. 8. Przykłady zadań w ramach ćwiczeń praktycznych

4. PODSUMOWANIE

Współczesne napędy pojazdów wymagają znajomości zasad ich działania. Skomplikowane napędy jakimi są układy hybrydowe oprócz wiedzy teoretycznej, wymagają dodatkowo wiedzy praktycznej. Wiedza ta jest niezwykle istotna i, w erze ciągłych zmian technicznych nowoczesnych rozwiązań układów napędowych pojazdów, wręcz niezbędna. Przedstawione w artykule nowoczesne stanowiska badawcze pozwalają na ugruntowanie wiedzy dotyczącej napędów hybrydowych w ich praktycznym zastosowaniu.

STUDY OF ENERGY FLOW IN SIMULATION WORK CONDITIONS TOYOTA PRIUS HYBRID DRIVE

Abstract

The article discusses the possibility of teaching research positions that are equipped Combustion Engines Laboratory Poznan University of Technology. These positions constitute teaching aids allow you to learn the construction and operation of the flow of energy and drive systems in modern vehicles. The paper presents the research position and the possibility of performance of students in these positions.

BIBLIOGRAFIA

1. Merkisz J., Pielecha I.: *Alternatywne napędy pojazdów*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2006.
2. NADA Scientific Ltd., www.nadascientific.com, dostęp 20.09.2012
3. *Stanowisko demonstracyjne hybrydowego zespołu napędowego samochodu Toyota Prius*. Mechatronika, Poznań 2009.
4. Technolab SA (Szwajcaria), www.technolab.org
5. www.hybridcars.com, dostęp 20.09.2012.

Autorzy:

dr inż. Ireneusz PIELECHA – Politechnika Poznańska

dr inż. Jakub CZAJKA – Politechnika Poznańska