

Hybrid powertrain with an application of a planetary gear

Abstract: *This paper presents mathematical modeling and simulation result of vehicle with a simple parallel hybrid powertrain with planetary gear for the buggy hybrid vehicle. This system consists of a planetary set and combines two power sources: combustion engine (ICE) and electric motor (EM). On the basis of kinematic analysis and simulations in Matlab/Simulink environment it was indicated that the proposed solution of the hybrid powertrain offers the possibility of continuous gear control within the entire range of the vehicle speeds and has a greater range of the possible control field than the traditional powertrain with a classical CVT transmission.*

Keywords: *hybrid system, hybrid vehicle, energy management, powertrain*

Hybrydowy układu napędowy wykorzystujący przekładnię planetarną

Streszczenie: *W artykule przedstawiono model matematyczny hybrydowego układu napędowego w pojeździe typu buggy. Badany układ składa się z silnika spalinowego, maszyny elektrycznej oraz przekładni planetarnej. Na podstawie analizy kinematycznej i badań symulacyjnych, wykonanych w środowisku Matlab/Simulink wykazano, że proponowane rozwiązanie hybrydowego układu napędowego umożliwia bezstopniową zmianę przełożenia w całym zakresie prędkości pojazdu oraz posiada znacznie większy zakres pola sterowań niż tradycyjny układ napędowy z klasyczną przekładnią CVT.*

Słowa kluczowe: *napęd hybrydowy, przekładnia planetarna, zintegrowane sterowanie*

1. Wprowadzenie

Wzrastające wymagania dotyczące ograniczenia emisji substancji szkodliwych, emitowanych do atmosfery przez pojazdy mechaniczne oraz ograniczone zasoby paliw, zmuszają konstruktorów do poszukiwania nowych konstrukcji układów napędowych, w zakresie efektywniejszego wykorzystania energii paliwa. Obecnie największą popularnością cieszy się napęd hybrydowy. Napęd ten polega na współdziałaniu przynajmniej dwóch źródeł energii w pojeździe tak, aby uzyskać układ napędowy o wysokiej sprawności i o bardzo dobrych wskaźnikach pracy.

Zastosowanie napędu hybrydowego w pojazdach umożliwia: zmniejszenie zużycia paliwa i emisji substancji szkodliwych w spalinach oraz zwiększenie jego mocy i momentu obrotowego. Sprawność układu hybrydowego zależy przede wszystkim od systemu sterowania, który koordynuje działanie całego systemu tak, aby uzyskać maksymalną jej wartość przy zachowaniu komfortu jazdy. W ramach systemu odbywa się sterowanie m.in. zestawem akumulatorów, silnikiem spalinowym, maszyną elektryczną, przekładnią oraz układem hamulcowym. Sterownik nadrzędny posiada zapisaną strategię, która w zależności od złożoności układu optymalizuje sposób kontroli poszczególnych urządzeń. Dużą zaletą stosowania „hybrydy” jest funkcja jazdy przy użyciu wyłącznie napędu elektrycznego w czasie, której pojazd nie zużywa

paliwa i nie emituje związków toksycznych. Funkcja ta jednak jest możliwa przy ograniczonym zasięgu jazdy, ze względu na pojemność zainstalowanych akumulatorów w pojeździe. Dlatego największe możliwości sterowania opierają się na optymalizacji wykorzystania jednostki spalinowej tak, aby mogła pracować z największą sprawnością, emitując przy tym najmniej substancji szkodliwych [1].

Silnik spalinowy od wielu lat jest główną jednostką napędową pojazdów poruszających się po drogach. Jednak mimo tak dużej popularności i ciągłego rozwoju jest jednym z najmniej efektywnych źródeł napędu. W czasie procesu spalania paliwa, tylko część energii jest wykorzystywana do napędzania pojazdu. Reszta w postaci ciepła, odprowadzonego przez układ chłodzenia i gazów wylotowych, jest bezpowrotnie tracona. Posiada on również, przebieg charakterystyki wielce niekorzystny, do zastosowań trakcyjnych, gdyż dopiero powyżej kilkuset obrotów może pokonać własne opory i generować moment użyteczny. Dlatego niezbędne jest takie przetwarzanie jego charakterystyki, aby dostosować ją do wymaganej mocy. W tym celu tradycyjny układ napędowy pojazdu wymaga wykorzystania dodatkowych urządzeń m.in. sprzęgła, jako przetwornicy prędkości kątowej oraz przekładni, jako przetwornicy momentu obrotowego. Sprzęgło, umożliwi ruszanie z miejsca. Przekładnia, natomiast umożliwi redukcję prędkości kątowej silnika do wartości umożliwiającej poruszanie pojazdu, w określonym przedziale prę-

kości. Najbardziej znane są przekładnie stopniowe, jednak ograniczone są kilkoma przełoženiami, co znacznie utrudnia sterowanie punktem pracy silnika spalinowego. Ponadto obsługiwane są najczęściej przez kierowcę, który nie zawsze jest w stanie prawidłowo sterować przełoženiem układu napędowego. Przekładnie automatyczne, mimo, że umożliwiają sterowanie przełoženiem, to posiadają tylko kilka przełożeń, co jest nie wystarczające do uzyskania pełnego sterowania jednostką spalinową, a poza tym przekładnie są ciężkie i znacznie zwiększają masę pojazdu. Idealnym rozwiązaniem do napędu pojazdu, byłoby uzyskanie nieskończonego wielu przełożeń, co pozwoliłoby na poruszanie się po charakterystyce idealnej, czyli takiej, przy której silnik osiąga moc maksymalną w całym zakresie prędkości pojazdu [2,3]. Jednak znane do tej pory przekładnie bezstopniowe okupione są skomplikowaną budową oraz niską sprawnością.

Korzystnym rozwiązaniem jest zastosowanie przekładni planetarnej, jako przekładni bezstopniowej. Przekładnia taka, ze względu na jej budowę, charakteryzuje się wysoką sprawnością, prostą konstrukcją, cichą pracą, a dzięki zastosowaniu wielu kół zębatach siły na poszczególnych kołach są mniejsze co pozwala na przenoszenie dużych momentów. Przez płynne sterowanie prędkością jednego z kół przekładni planetarnej, można uzyskać bezstopniową zmianę jej przełożenia, w sposób ciągły. Poza tym, taki układ napędowy może być zrealizowany bez tradycyjnej skrzyni biegów, elementów przełączających i sprzęgła.

W prezentowanej pracy przedstawiono analizę i dobór przełożenia kinematycznego układu napędowego z przekładnią planetarną. Przez połączenie dwóch różnych jednostek napędowych, proponowany układ ma charakter hybrydy szeregowo – równoległej.

2. Analiza kinematyczna hybrydowego układu napędowego

Analizę układu napędowego, z elektrycznie sterowaną przekładnią planetarną, wykonano na podstawie pojazdu typu buggy KINROAD XT150. Pojazd ten, wyposażony jest w klasyczny układ napędowy, z silnikiem spalinowym o pojemności 150 cm³ i mocy 9 kW oraz przekładnię bezstopniową CVT z pasem gumowym. Na wstępie wykonano analizę porównawczą właściwości trakcyjnych pojazdu z układem napędowym wyposażonym w przekładnię bezstopniową CVT, a następnie z proponowanym układem napędowym, z przekładnią planetarną. Rozwiązanie to bazuje na przekładni planetarnej o dwóch stopniach swobody w której wszystkie jej osie są swobodne. Jej przełożeńie wyrażone jest jako

$$R_{PG} = \frac{\omega_s - \omega_j}{\omega_k - \omega_j} \quad (1)$$

gdzie:

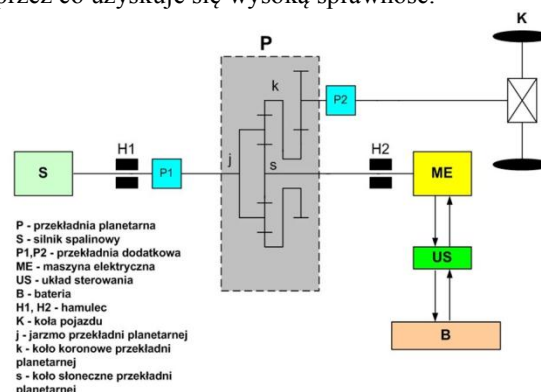
R_{PG} - przełożeńie kinematyczne przekładni planetarnej

ω_j - prędkość kątowna jarzma,

ω_s - prędkość kątowna koła słonecznego,

ω_k - prędkość kątowna koła koronowego.

Układ taki (rys.1), składa się z przekładni planetarnej (P), silnika spalinowego (S), maszyny elektrycznej (ME), która odpowiedzialna jest za zamianę przełożenia kinematycznego oraz układu sterowania (US) i baterii akumulatorów (B). Silnik spalinowy połączony jest z jazmem poprzez przekładnię P₁. Koło słoneczne natomiast połączone jest z wałem maszyny elektrycznej. Moc z obu jednostek przekazywana jest na koła napędowe z koła koronowego, przez przekładnię P₂. W celu odseparowania poszczególnej jednostki napędowej, układ wyposażono w dwa dodatkowe hamulce H₁ i H₂, które blokują odpowiednio jazmo i koło słoneczne przekładni planetarnej. W czasie zablokowania jednego z kół przekładni planetarna pracuje, jako przekładnia jednostopniowa o stałym przełożeńiu. Napęd przenoszony jest tylko na drodze mechanicznej, przez co uzyskuje się wysoką sprawność.

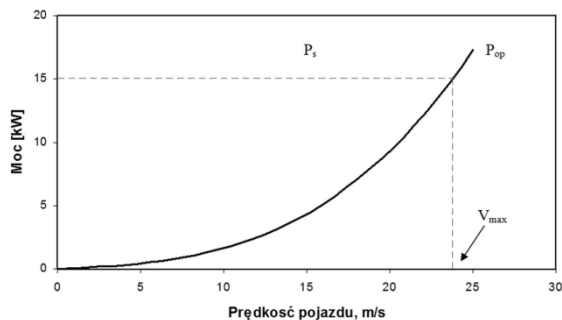


Rys. 1. Hybrydowy układ napędowy

Do wyznaczenia parametrów kinematycznych układu napędowego, wzięto pod uwagę dwa kryteria. Pierwszym kryterium był zakres prędkości silnika spalinowego i maszyny elektrycznej. Aby móc efektywnie wykorzystać silnik spalinowy w pojeździe, należy odpowiednio sterować jego punktem pracy, w zależności od obciążenia, w zakresie jego prędkości użytecznych. Sterowanie, wymaga jednak rozwiązania wielu problemów, związanych z zapewnieniem odpowiedniej mocy na kołach. Oprócz problemów wynikających z ograniczonego zakresu prędkości obrotowej i momentu obrotowego, istnieją również, dodatkowe wskaźniki charakteryzujące pracę silnika spalinowego, w danym punkcie jego charakterystyki, takie jak zużycie paliwa oraz emisja związków toksycznych. Zapewniając odpowiednie sterowanie punktem pracy silnika spalinowego, można znacznie poprawić sprawność jednostki spalinowej oraz zmniejszyć emisję substancji szkodliwych. Możli-

we jest więc, niezależne sterowanie momentem obrotowym, realizowane w silniku spalinowym, za pomocą zmian położenia przepustnicy oraz prędkości kątowej wału korbowego, za pomocą zmian przełożenia w układzie przeniesienia napędu. Maszyna elektryczna, w przeciwieństwie do silnika spalinowego, może generować moment użyteczny już od zerowych obrotów oraz umożliwia również zmianę kierunku obrotów, co pozwala na poruszanie się pojazdu do tyłu. Drugim kryterium, to prędkość pojazdu, która bezpośrednio wynika z oporów ruchu oraz maksymalnej mocy przekazywanej do kół. O prędkości pojazdu, decyduje punkt przecięcia krzywej mocy dla najszybszego przełożenia, z krzywą mocy oporów ruchu na drodze poziomej. Do oporów ruchu zalicza się, opór toczenia, opór powietrza, opór wzniesienia i opór bezwładności. Jednak na potrzeby tej analizy, pod uwagę wzięto tylko opory powietrza i toczenia.

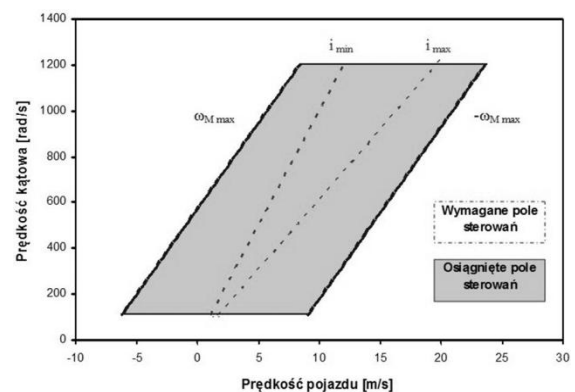
W proponowanym rozwiązaniu do napędu w pojeździe zastosowano silnik spalinowy o mocy 9 kW i maszynę elektryczną o mocy 7 kW. Punkt przecięcia, maksymalnej mocy na kołach P_s z krzywą mocy oporów ruchu P_{op} , wyznacza nam maksymalną prędkość V_{max} , jaką może osiągnąć pojazd na prostej i poziomej drodze (rys.2). Znając prędkość maksymalną pojazdu, można wyznaczyć przełożenie minimalne układu napędowego. Przełożenie maksymalne natomiast, wynika z maksymalnej mocy jaką możemy przenieść na koła pojazdu. Moc ta ograniczona jest masą pojazdu oraz przyczepnością kół osi napędzanej do nawierzchni jezdni, po przekroczeniu, której wystąpić może poślizg kół. Mając na uwadze powyższe, można wyznaczyć pole sterowań przełożeniem układu napędowego dla danego pojazdu.



Rys. 2. Moc oporów ruchu w funkcji prędkości

Zakres ten przedstawiony jest w formie trapezu (rys.3), symbolizującego obszar zapotrzebowania na moc pojazdu, którego pole ograniczane jest liniami prędkości minimalnej i maksymalnej silnika spalinowego oraz przełożeniem minimalnym i maksymalnym układu napędowego. Do zmiany przełożenia układu napędowego, wykorzystano przekładnię planetarną. Poprzez odpowiednie sterowanie prędkością koła słonecznego, przekładni planetarnej, za pomocą maszyny elektrycznej uży-

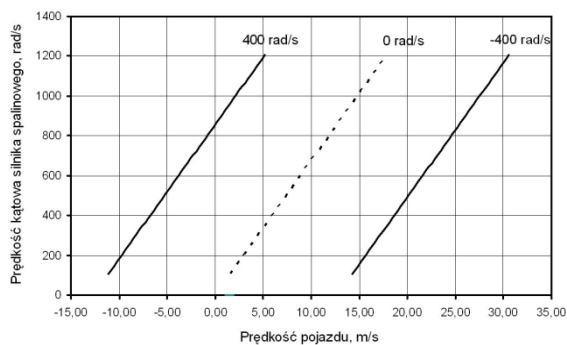
skano bezstopniową zmianę jej przełożenia. Jednak zakres tego przełożenia, wykorzystując jedynie pojedynczą przekładnię planetarną, był niewystarczający, dlatego układ doposażono w dwie dodatkowe przekładnie P_1 i P_2 o stałym przełożeniu r_1 oraz r_2 . Otrzymano, w ten sposób, w pełni zautomatyzowany układ napędowy, który umożliwi ruszanie z miejsca i bezstopniowe sterowanie przełożeniem układu napędowego do prędkości maksymalnej. W celu najlepszego wypełnienia, wymaganego pola sterowań, przełożeniem pojazdu (kontur zaznaczony linią przerywaną, rys.3), ograniczonego liniami wymiarowymi wartości przełożeń i_{min} i i_{max} , poszukiwano najkorzystniejszych wartości przełożenia dodatkowych przekładni P_1 i P_2 . Dzięki odpowiedniemu doborowi wartości, wyżej wymienionych parametrów, można uzyskać w pełni wypełnione pole sterowań. Zwiększając pole sterowania oraz pełniej wykorzystując zakres prędkości kątowej silnika, w całym zakresie prędkości pojazdu, polepszamy sprawność oraz wskaźniki pracy jednostki napędowej. Jednak, zwiększanie tego pola, wymusza zastosowanie maszyny elektrycznej o większej mocy oraz większej liczby ogniw, co wiąże się z podwyższeniem masy pojazdu.



Rys. 3. Pole sterowań układu przeniesienia napędu

Dlatego, przy kształtowaniu zakresu pola sterowań, wzięto pod uwagę najkorzystniejsze warunki pracy danej jednostki napędowej. Elektroniczny sterownik nadzorczy układu napędowego, w zależności od wymaganej mocy, prędkości pojazdu oraz poziomu naładowania akumulatorów, umożliwia sterowanie napędem w trzech trybach: hybrydowym, spalinowym i elektrycznym [4,5]. W czasie ruszania, jazdy do tyłu oraz dla niskich prędkości pojazdu wykorzystywany jest tryb elektryczny, więc obszar pola sterowań jednostki spalinowej jest najmniejszy. W trybie tym, wał korbowy silnika spalinowego jest zablokowany, za pomocą hamulca H_1 , a do napędu wykorzystywana jest jedynie maszyna elektryczna, która zamienia energię chemiczną przechowywaną w baterii na energię mechaniczną. Tryb ten, pozwala na zmniejszenie emisji zanieczyszczeń, ponieważ silnik spalinowy jest

unieruchomiony. W zakresie średnich prędkości, które są najczęściej wykorzystywane w ruchu drogowym, obszar sterowania jest największy. Do napędu pojazdu wykorzystywane są wtedy obie jednostki napędowe, a przełożenie układu napędowego sterowane jest za pomocą maszyny elektrycznej. Osiągany w ten sposób, szeroki zakres przełożeń układu napędowego, umożliwia sterowanie prędkością kątową jednostki spalinowej, w zakresie największej sprawności, co skutkuje zmniejszeniem zużycia paliwa oraz emisji związków toksycznych. W zakresie najwyższych prędkości pojazdu, opory ruchu są znacznie większe, dlatego zakres pola sterowań jednostki spalinowej skoncentrowany jest na wyższych prędkościach kątowych silnika spalinowego, w których osiąga on najwyższą moc. Dodatkowo, silnik spalinowy wspomagany jest przez maszynę elektryczną, przez co możliwe jest osiągnięcie znacznie większej prędkości maksymalnej, niż w tradycyjnym układzie napędowym. W zakresie wyższych prędkości pojazdu, może być również wykorzystywany tryb spalinowy, w którym tylko jednostka spalinowa służy do napędu pojazdu. Wał maszyny elektrycznej jest wtedy zablokowany hamulcem H_2 . Silnik spalinowy, wtedy pracuje przy wyższym obciążeniu w zakresie swojej największej sprawności. Prędkość pojazdu, uzależniona jest od prędkości kątowej silnika spalinowego i maszyny elektrycznej. Zakres prędkości dla zastosowanej jednostki spalinowej wynosi od 100 do 1200 rad/s. Maszyna elektryczna ograniczona jest prędkością w zakresie ± 400 rad/s (rys.4).

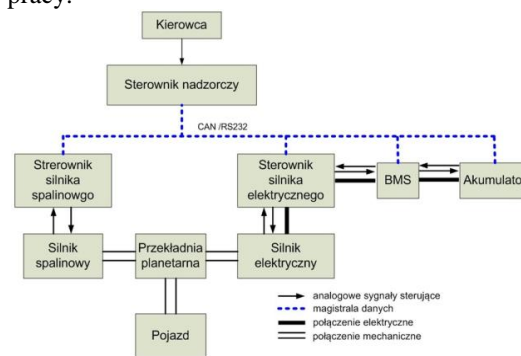


Rys. 4. Zakres przełożenia hybrydowego układu napędowego

3. System zarządzania energią

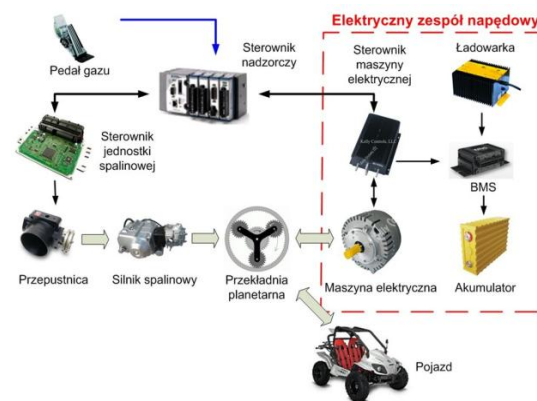
Mimo, że w ostatnich latach nastąpił znaczny postęp w kwestii baterii akumulatorów, to dostępne ogniwa wymagają odpowiedniego użytkowania. W tym celu zaprojektowano, zintegrowany system sterowania, który stanowi skomputeryzowany system służący do monitoringu i sterowania, całym układem napędowym, uwzględniając przepływ

mocy pomiędzy jednostkami, w różnych trybach pracy.



Rys. 5. Schemat blokowy hybrydowego układu napędowego

Ten system sterowania pojazdu obejmuje, trzy różne sterowniki. Elektroniczny sterownik silnika spalinowego kontroluje pracę silnika spalinowego, we współpracy z elektronicznie sterowaną przepustnicą. Sterownik maszyny elektrycznej steruje prędkością silnika, poprzez zmianę napięcia zasilania. Wyposażony jest on dodatkowo w tryb odzysku energii, co pozwala również na pracę silnika w roli generatora. Kontroluje on prąd oraz temperaturę silnika, nie dopuszczając do jego przeciążenia.



Rys. 6. Elementy składowe hybrydowego układu napędowego

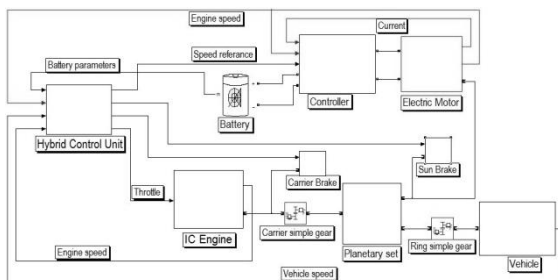
Do monitorowania parametrów akumulatora, wykorzystano sterownik zarządzający energią zestawu ogniwi BMS (Battery Management System), który odczytuje napięcie i temperaturę każdego ogniwa i na podstawie tych informacji kontroluje stan naładowania oraz prąd ładowania i rozładowania każdego z nich tak, aby nie dopuścić do przeładowania lub głębokiego rozładowania. Taki system, zapewnia bezpieczne użytkowanie akumulatora oraz zwiększa żywotność zawartych w nim ogniwi. Wszystkie dane pomiędzy sterownikami, przekazywane są poprzez sieć lokalną sterownika nadzorczego (CAN i RS-232).

Do zasilania pojazdu, zdecydowano się na akumulatory LiFePo4 firmy Thunder Sky, które po-

zwalają na ładowania i rozładowanie wysokim prądem, co jest niezwykle istotne z punktu sterowania przepływem mocy w układzie. Ze względu na niskie napięcie jednego ogniwa, do budowy akumulatora, wykorzystano 22 ogniwa o łącznym napięciu 72 V. Każde ogniwo jest nadzorowane przez sterownik BMS firmy EMUS.

4. Badania symulacyjne

Głównym źródłem napędu w tym układzie jest silnik spalinowy (200 cm³) o mocy 9kW. Do symulacji wykorzystano model silnika spalinowego oparty na statycznych charakterystykach momentu obrotowego w funkcji prędkości obrotowej silnika spalinowego oraz uchylenia przepustnicy



Rys. 7. Model hybrydowego układu napędowego (Matlab/Simulink)

Moment obrotowy wału korbowego wyrażono jako:

$$T_D = T_{EM} - J_e \cdot \frac{d\omega_e}{dt} \quad (2)$$

gdzie : T_D – moment silnika spalinowego, T_{EM} – moment statyczny, ω_e – prędkość kątowna silnika spalinowego, J_e – bezwładność silnika spalinowego.

Do sterowania przełożeniem kinematycznym przekładni planetarnej wykorzystano maszynę elektryczną z magnesami trwałymi. Model symulacyjny maszyny elektrycznej opisany został za pomocą równań Lagrange'a w postaci:

$$\frac{di(t)}{dt} = \frac{1}{L_t} u_z(t) - \frac{R_t}{L_t} i(t) - \frac{K_e}{L_t} \omega(t), \quad (3)$$

$$\frac{d\omega(t)}{dt} = \frac{K_m}{J_b} i(t) - \frac{1}{J_b} T_L(t), \quad (4)$$

gdzie: $u_z(t)$ - napięcie, T_L – moment maszyny elektrycznej, $i(t)$ - prąd, ω - prędkość kątowna maszyny elektrycznej, R_t , L_t , J_b , K_e , K_m – współczynniki konstrukcyjne maszyny elektrycznej.

Wartość przełożenia kinematycznego przekładni planetarnej w proponowanym układzie wyrażone jest poniższym wzorem:

$$R_{PG} = \frac{\omega_{ME} - (\omega_{SS} \cdot r_1)}{(\omega_{KP} \cdot r_2) - (\omega_{SS} \cdot r_1)}, \quad (5)$$

gdzie:

R_{PG} - przełożenie kinematyczne przekładni planetarnej

r_1 - przełożenie kinematyczne przekładni P1,

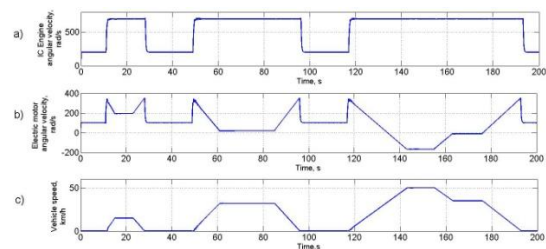
r_2 - przełożenie kinematyczne przekładni P2,

ω_{ME} - prędkość kątowna maszyny elektrycznej,

ω_{SS} - prędkość kątowna silnika spalinowego,

ω_{KP} - prędkość kątowna kół pojazdu.

Badania symulacyjne hybrydowego układu napędowego przeprowadzono dla cyklu miejskiego UDC. Wyniki symulacji przedstawiono na rys.8.



Rys. 8. Wyniki symulacji układu hybrydowego w miejskim cyklu UDC,

- Prędkość kątowna silnika spalinowego,
- Prędkość kątowna maszyny elektrycznej,
- Prędkość samochodu.

Warunkiem sterowania dla przedstawionej symulacji jest utrzymanie stałej prędkości silnika spalinowego na ok. 700 rad/s podczas jazdy i 100 rad/s na postoju. Sterowanie prędkością pojazdu odbywa się poprzez uchylenie przepustnicy silnika spalinowego. Natomiast silnik elektryczny odpowiedzialny jest za sterowanie przełożeniem układu napędowego. Na rys. 8b widać jak maszyna elektryczna dostosowuje prędkość kątowną, tak aby móc utrzymać pracę silnika spalinowego na zadanej prędkości kątownej (rys. 8a). Przedstawione tu wyniki symulacji cyklu UDC pokazują, że możliwe jest utrzymanie silnika spalinowego w stałym punkcie pracy w całym zakresie prędkości pojazdu.

5. Podsumowanie

Zastosowanie układów hybrydowych w małych pojazdach typu skuter, Quad lub Buggy jest jeszcze bardzo rzadko spotykane. Znane do tej pory rozwiązania hybrydowe charakteryzują się skomplikowaną, ciężką i kosztowną konstrukcją, co w znaczny sposób uniemożliwia ich montaż w małych pojazdach. W artykule zaprezentowano rozwiązanie hybrydowe, które można zastosować właśnie w małych pojazdach. Na podstawie analizy kinematycznej i badań symulacyjnych w środowisku Matlab/Simulink wykazano, że proponowane rozwiązanie hybrydowego układu napędowego umożliwia

beztropniową zmianę przełożenia w całym zakresie prędkości pojazdu oraz posiada znacznie większy zakres pola sterowań niż tradycyjny układ napędowy z klasyczną przekładnią CVT. Przy obecnym stanie techniki połączenie silnika spalinowego z maszyną elektryczną do napędzania pojazdu może przynieść wiele korzyści. Zaletą proponowanego rozwiązania jest prosta konstrukcja, niewielka liczba elementów co wiąże się z niewielką masą. Jednak bardzo ważnym elementem układu jest maszyna elektryczna i akumulatory. Dąży się do tego aby ograniczyć moc jednostki elektrycznej przy zachowaniu wymaganego zakresu przełożeń pojazdu, co ma istotny wpływ na wymaganą ilość energii magazynowanej w pojeździe i masę akumulatorów. Z przeprowadzonych badań wynika, że rozszerzenie zakresu przełożeń niesie za sobą zwiększenie zapotrzebowania na moc maszyny elektrycznej. Jest to szczególnie niekorzystne w małym pojeździe ze względu na masę akumulatorów. Dlatego autorzy prowadzą dalsze badania, które mają na celu dobór parametrów układu napędowego uwzględniając ich wpływ na właściwości dynamiczne pojazdu oraz wymaganą moc maszyny elektrycznej. W proponowanym układzie głównym zadaniem maszyny elektrycznej jest sterowanie prędkością obrotową koła słonecznego przekładni planetarnej, a w ślad za tym dobór jej przełożenia kinematycznego. Dzięki temu zasadnicza jednostka napędowa (silnik

spalinowy) może pracować w najkorzystniejszych warunkach, co skutkuje zmniejszeniem zużycia paliwa i emisji substancji szkodliwych. Jednak takie sterowanie maszyną elektryczną dostarcza wielu problemów, gdyż w zależności od warunków drogowych, a w szczególności od prędkości pojazdu maszyna elektryczna pracuje w charakterze silnika lub generatora. W przypadku pracy silnikowej (przy dużej prędkości ruchu) jest o tyle łatwo dostarczyć odpowiednią energię za pomocą układów przekształtnikowych. W przypadku pracy generatorowej (przy małej prędkości ruchu) jest o tyle trudniej, gdyż energia doprowadzona do akumulatorów musi spełniać odpowiednie warunki by nie dopuścić do ich przeładowania lub przegrzania. Pomimo ciągłego rozwoju akumulatory te nie są jeszcze w stanie szybko zmagazynować dużej energii co znacznie utrudnia spełnienie założeń proponowanego układu napędowego. Autorzy zamierzają rozwiązać ten problem wykorzystując adaptacyjny algorytm sterowania układem napędowym, który będzie zarządzał przepływem mocy w układzie tak aby uzyskać najlepsze właściwości trakcyjne i najmniejsze zużycie paliwa.

Podziękowania

Badania wykonano w ramach projektu badawczego finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (nr. N N504 704640)

Bibliography/Literatura

- [1] Augustynowicz A., Mamala J., Hepner W.: Idea of system of thorough assessment of vehicle and transmission performance in trucks, Machine design. University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences Adeko – association for design, elements and constructions, Monograph on the occasion of the 47th anniversary of the Faculty of Technical Sciences 1960 – 2007, s.179-184
- [2] Jantos, J., „Control of the Transmission Ratio Derivative in Passenger Car Powertrain with CVT”, SAE Technical Paper Series, SAE 2001 World Congress, Detroit, 2001, Michigan nr 2001-01-1159
- [3] Jantos, J., „Interpretation and Scaling of Acceleration Pedal in Passenger Car”, Conference Proceeding 8th European Automotive Congress, SAITS 01007, Slovak Society of Automotive Engineers, Bratislava, 2001, pp.113-120
- [4] Lechowicz A., Jantos J., Hybrid powertrain for light vehicle. Machine Design, 2010, pp.129-132
- [5] Lechowicz A., Jantos J., Mamala J., Bieniek A., Hybrid powertrain for Quad vehicle. Machine Design, 2011
- [6] Mamala J., Siłka W., Throttle range and speed motion programming in SI engine, Journal of KONES Internal Combustion Engines, 2002 pp. 181-187
- [7] SHEU, K-B.: Conceptual Design of Hybrid Scooter Transmission with Planetary Gear, Applied Energy 2007;84, pp. 526-541
- [8] SHEU, K-B.: Simulation for the Analysis of a Hybrid Electric Scooter Powertrain, Applied Energy 2008;85, pp. 589-606

Mr Andrzej Lechowicz, MSc. – assistant in the Faculty of Mechanical Engineering at Opole University of Technology.



mgr inż. Andrzej Lechowicz – asystent w Katedrze Pojazdów Drogowych i Rolniczych na Wydziale Mechanicznym Politechniki Opolskiej.

Mr Andrzej Augustynowicz, Dr Eng. Professor in the Department of Road and Agricultural Vehicles at Opole University of Technology.



Dr hab. inż. Andrzej Augustynowicz – profesor w Katedrze Pojazdów Drogowych i Rolniczych na Wydziale Mechanicznym Politechniki Opolskiej.