

Andrzej Lechowicz, Andrzej Augustynowicz
Politechnika Opolska, Opole

ANALIZA WYBRANYCH WŁASNOŚCI TRAKCYJNYCH SAMOCHODU FIAT PANDA Z HYBRYDOWYM UKŁADEM NAPĘDOWYM

ANALYSIS OF SELECTED TRACTION PARAMETERS OF A HYBRID POWERTRAIN DESIGNED FOR USE IN A FIAT PANDA VEHICLE

Streszczenie: W artykule przedstawiono analizę wybranych własności trakcyjnych hybrydowego układu napędowego przeznaczonego do miejskiego pojazdu FIAT Panda 4x4. W rozwiązaniu tym przednie koła napędzane są za pomocą tradycyjnego układu napędowego, który składa się z silnika spalinowego, sprzęgła i automatycznej skrzyni biegów. Natomiast koła tylne napędzane są za pomocą maszyny elektrycznej poprzez mechanizm różnicowy umieszczony na tylnej osi pojazdu. Poprzez zintegrowane sterowanie dwoma różnymi jednostkami napędowymi w jednym układzie napędowym uzyskano wiele dodatkowych funkcji: poruszanie pojazdu wykorzystując do tego wyłącznie energię elektryczną, wspomaganie przyspieszania, odzysk energii hamowania oraz funkcję napędu na cztery koła. W prezentowanej pracy przedstawiono dobór zakresu przełożeń oraz analizę kinematyczną elektrycznego układu napędowego.

Abstract: This paper presents an analysis of selected traction parameters of a hybrid powertrain designed for use in an urban vehicle (FIAT Panda 4x4). In this solution front wheels are driven with a traditional powertrain, which consists of a combustion engine, a clutch and an automatic transmission. Rear wheels are powered by an electrical machine through a differential located in the rear axle of the vehicle. As a result of integrated control of two power sources in one powertrain, it was possible to implement a number of functionalities: vehicle start-up using electric power only, better acceleration, braking energy recovery and four wheels drive. The presentation in the paper reports on the selection of the range of powertrain ratio and kinematic analysis of an electrical drivetrain.

Słowa kluczowe: *hybrydowy układ napędowy, silnik spalinowy, silnik elektryczny*
Keywords: *hybrid powertrain, internal combustion engine, electric motor*

1. Wstęp

Ograniczenia konstrukcyjne silników spalinowych oraz ciągle podnoszone wymagania dotyczące emisji spalin zmuszają inżynierów do poszukiwania nowych bardziej wydajnych układów napędowych [3]. Obecnie największą popularnością cieszy się napęd hybrydowy w którym tradycyjny napęd spalinowy wspomagany jest silnikiem elektrycznym. Silnik elektryczny staje się więc powoli wybawieniem dla branży motoryzacyjnej, która po latach zastoju bardzo mocno zintensyfikowała prace rozwojowe w kierunku połączenia jednostki spalinowej i elektrycznej. Największą zaletą takiego połączenia dwóch różnych źródeł energii w jednym pojeździe jest efektywniejsze wykorzystanie obu tych źródeł [5,6]. Obecnie można wyróżnić trzy główne koncepcje hybrydowych układów napędowych: hybryda równoległa, hybryda szeregową i połączenie obu tych rozwiązań, czyli hybryda szeregowo – równoległa.

Mimo, iż każda z tych koncepcji do napędu wykorzystuje jednostkę spalinową i elektryczną to każde z tych rozwiązań znacznie różni się od siebie. Producenci pojazdów hybrydowych, aby zachować przewagę nad konkurencją opracowują coraz to nowsze rozwiązania połączenia jednostki spalinowej i elektrycznej. Największą popularnością w ostatnich czasach cieszą się przede wszystkim układy, które najłatwiej można zaadoptować w obecnych pojazdach. W szczególności zauważyć można to w przypadku układów z grupy micro- i mild hybrid. Pomimo, że koncepcje te wymagają pewnych zmian konstrukcyjnych, to jednak stwarzają możliwość znacznej redukcji emisji spalin i zużycia paliwa. Jednocześnie nie zwiększając zbytnio nakładów finansowych na opracowanie nowej koncepcji napędu, jak w przypadku grupy full hybrid. Główną przyczyną tak dużego zainteresowania napędem hybrydowym jest

fakt, że każdy z tych pojazdów, niezależnie od przyjętego rozwiązania, charakteryzuje się mniejszym zużyciem paliwa i zredukowaną emisją spalin [1]. Różnorodność konstrukcji obecnie znanych napędów oraz zalety wynikające z wykorzystania maszyny elektrycznej we współpracy z silnikiem spalinowym skłoniły autorów do podjęcia tej tematyki. W prezentowanej pracy przedstawiono analizę i dobór przełożenia kinematycznego elektrycznego układu napędowego przeznaczonego do miejskiego pojazdu FIAT Panda 4x4. W rozwiązaniu tym przednie koła napędzane są za pomocą tradycyjnego układu napędowego, który składa się z silnika spalinowego, sprzęgła i automatycznej skrzyni biegów. Koła tylne natomiast napędzane są za pomocą maszyny elektrycznej [7]. Ten brak połączenia mechanicznego w proponowanym układzie napędowym jest bardzo korzystny w szczególności dla producentów oferowanych już pojazdów hybrydowych. Poprzez niewielkie zmiany konstrukcyjne mogą wprowadzić na rynek nowy rodzaj układu napędowego w swoich istniejących pojazdach z napędem klasycznym [8]. Tak więc pojazd ten może mieć zupełnie innowacyjny układ napędowy napędzający koła przednie i tylne. W praktyce, ze względu na konstrukcje modyfikowanego pojazdu FIAT Panda 4x4, silnik spalinowy napędza przednią oś, a elektryczny układ napędowy napędza tylną oś pojazdu. Poprzez zintegrowanie wymienionych dwóch różnych jednostek napędowych w jeden system napędowy, proponowane rozwiązanie ma charakter hybrydy szeregowo – równoległej.

2. Analiza hybrydowego układu napędowego w pojeździe FIAT Panda

Analizę hybrydowego układu napędowego oraz dobór zakresu przełożeń elektrycznego układu napędowego wykonano dla pojazdu FIAT Panda 4x4. Przednią oś pojazdu napędza klasyczny układ napędowy, z silnikiem spalinowym o pojemności 1200 cm³ i mocy 41 kW oraz przekładnią automatyczną. Przedmiotem analizy tego artykułu są obliczenia trakcyjne oraz dobór zakresu przełożeń elektrycznego układu napędowego tylnej osi pojazdu.

Mimo, iż silnik elektryczny ma znacznie korzystniejszy przebieg charakterystyki prędkościowej momentu obrotowego od uzyskanego z silnika spalinowego to zastosowanie silnika elektrycznego, zwłaszcza o niewielkiej mocy jest niewystarczające do napędu pojazdu klasy

FIAT Panda dla pełnego zakresu prędkości pojazdu. Aby móc efektywnie wykorzystywać silnik elektryczny małej mocy w zaproponowanym układzie napędowym wymagana jest dodatkowa przekładnia o kilku przełożeniach. Dodatkowe przełożenia mają za zadanie zwiększyć moment przekazywany do kół podczas ruszania i rozpędzania. Producenci samochodowych napędów elektrycznych, np. firma TESLA, odstąpili od rozwiązań uwzględniających dodatkową przekładnię. W pojazdach firmy TESLA zastosowano jednostkę elektryczną o odpowiednio dobranej dużej mocy. Dzięki temu uzyskano wymagany moment przekazywany do kół podczas ruszania i rozpędzania samochodu. Jednak wadą takiego rozwiązania w kontekście małego pojazdu jakim jest FIAT Panda, wykorzystującego tak mocną jednostkę elektryczną jest konieczność zainstalowania w pojeździe dużo wydajniejszych akumulatorów o większej pojemności, które zapewniłyby wymaganą moc. Wiąże się to z większym kosztem budowy takiego układu oraz znacznie większą masą pojazdu. Ponadto ograniczona przestrzeń bagażowa w modyfikowanym pojeździe FIAT Panda 4x4 uniemożliwia instalację większego akumulatora. Dlatego autorzy publikacji w zaproponowanym rozwiązaniu hybrydowym pragną zoptymalizować napęd elektryczny samochodu FIAT Panda tak, aby poprzez ograniczenie mocy silnika elektrycznego oraz dobór liczby przełożeń wykorzystać wybrany silnik elektryczny w całym zakresie prędkości pojazdu, uzyskując przy tym zadawalające własności trakcyjne samochodu. Do wyznaczenia parametrów kinematycznych elektrycznego układu napędowego, wzięto pod uwagę dwa kryteria. Pierwszym kryterium był zakres prędkości silnika elektrycznego. Drugim kryterium jest maksymalna prędkość pojazdu, która bezpośrednio wynika z oporów ruchu oraz maksymalnej mocy przekazywanej do kół. Aby określić zakres przełożeń napędu elektrycznego należy w pierwszej kolejności określić zakres prędkości pojazdu w poszczególnych trybach pracy napędu hybrydowego. O maksymalnej prędkości pojazdu, decyduje punkt przecięcia krzywej mocy dla najszybszego biegu, z krzywą mocy oporów ruchu na drodze poziomej. Do oporów ruchu zalicza się: opór toczenia, opór powietrza, opór wzniesienia i opór bezwładności [10]. Jednak na potrzeby tej analizy, pod uwagę wzięto tylko opory powietrza i toczenia. Na opór toczenia pojazdu składa się opór to-

czenia wszystkich kół pojazdu, który określa równanie:

$$F_T = f_t \cdot m \cdot g \quad (1)$$

gdzie:

f_t - siła oporu toczenia,

m - masa pojazdu,

g - przyspieszenie ziemskie.

Największy udział we wszystkich oporach ruchu pojazdu ma opór powietrza. Występuje on ze względu na ruch pojazdu w ośrodku gazowym jakim jest otaczające powietrze, który znajduje się pod wpływem siły aerodynamicznej. Opór powietrza wyrażany jest jako:

$$F_P = c_x \cdot A \cdot \frac{\rho V^2}{2} \quad (2)$$

gdzie:

c_x - współczynnik oporu powietrza,

A - powierzchnia czołowa pojazdu,

V - prędkość pojazdu,

ρ - gęstość powietrza.

Moc potrzebna do pokonania oporu toczenia i powietrza P_{TP} może być wyrażona jako

$$P_{TP} = v \cdot (c_1 + c_2 \cdot v^2) \quad (3)$$

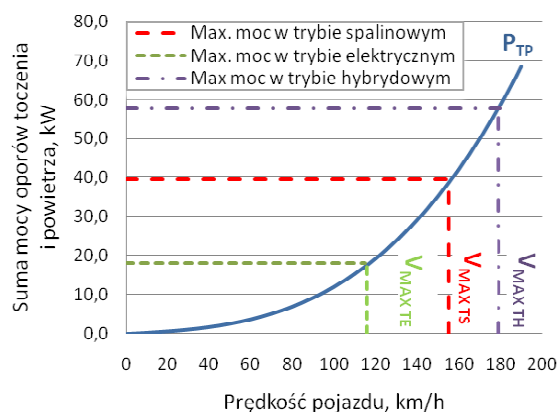
gdzie:

c_1 - stała oporów toczenia,

c_2 - stała oporów powietrza.

Dla parametrów pojazdu FIAT Panda 4x4 rozważana moc oporów ruchu może być oceniana jako funkcja prędkości pojazdu (rys.1). Punkt przecięcia maksymalnej mocy na kołach w danym trybie pracy z krzywą mocy oporów ruchu wyznacza nam maksymalną prędkość, jaką może osiągnąć pojazd w analizowanym trybie jazdy.

W trybie spalinowym do napędu wykorzystywana jest wyłącznie jednostka spalinowa. Pojazd FIAT Panda 4x4 wyposażony jest w silnik spalinowy o pojemności 1200 cm³ i mocy 41 kW. Po uwzględnieniu sprawności układu napędowego ($\eta_{NS}=0,9$) moc na kołach w trybie spalinowym oszacowano na 39,6 kW. Punkt przecięcia maksymalnej mocy przekazywanej do kół w trybie spalinowym z krzywą mocy oporów ruchu P_{TP} , wyznacza maksymalną prędkość równą $V_{MAX TS} = 155,5$ km/h (według producenta maksymalna prędkość pojazdu wynosi 155km/h).



Rys. 1. Moc oporów ruchu w funkcji prędkości pojazdu dla trybu elektrycznego, spalinowego i hybrydowego

W trybie elektrycznym silnik elektryczny wykorzystywany jest do napędu osi tylnej. Do tego celu wybrano silnik elektryczny o niewielkiej mocy 20 kW. Po uwzględnieniu sprawności napędu elektrycznego ($\eta_{NE}=0,9$) moc przekazywaną do kół w trybie elektrycznym wynosi $P_{ME}=18$ kW. W tym trybie prędkość maksymalną wyznaczył punkt przecięcia maksymalnej mocy na kołach z krzywą mocy oporów ruchu P_{TP} . Prędkość maksymalna w trybie elektrycznym wynosi $V_{MAX TE} = 116$ km/h.

Największa moc przekazywana do kół jest osiągana w trybie hybrydowym, w którym moc obu jednostek napędowych jest sumowana. Po uwzględnieniu sprawności obu układów napędowych suma mocy obu jednostek napędowych przekazywana do kół pojazdów wynosi 57,6 kW. Dla tej mocy punkt przecięcia z krzywą mocy oporów ruchu pojazdu określił teoretyczną maksymalną prędkość pojazdu w trybie hybrydowym, wynoszącą $V_{MAX TH} = 179$ km/h. Mimo, iż z punktu widzenia zakresu przełożeń napędu spalinowego taka prędkość jest możliwa do osiągnięcia (bez przekroczenia maksymalnej prędkości obrotowej silnika spalinowego na biegu 5), to jednak producent pojazdu określił maksymalną prędkość pojazdu równą 155 km/h i do wyznaczenia zakresu przełożeń napędu elektrycznego wzięto pod uwagę maksymalną prędkość pojazdu określoną przez producenta.

3. Dobór przełożeń hybrydowego układu napędowego

W zaproponowanym napędzie hybrydowym moc przekazywana do kół pojazdu zależy od trybu pracy jednostki spalinowej napędzającej przednie koła pojazdu oraz jednostki elektrycz-

nej napędzającej tylne koła pojazdu. Za wybór odpowiedniego trybu pracy odpowiedzialny jest sterownik napędu hybrydowego, który w zależności od wymaganej mocy, prędkości pojazdu oraz poziomu naładowania akumulatorów, umożliwia sterowanie napędem w trzech trybach: elektrycznym, hybrydowym i spalinywym. Jednak, aby móc wykorzystywać wszystkie tryby pracy napędu hybrydowego w całym zakresie prędkości pojazdu należy dobrać tak zakres przełożeń napędu elektrycznego, aby maksymalna dopuszczalna prędkość silnika elektrycznego nie została przekroczona w całym zakresie prędkości pojazdu.

Na ogół zakres przełożeń układu napędowego określa się za pomocą przełożenia maksymalnego i minimalnego. Przełożenie maksymalne (1 biegu) określa się pod względem maksymalnej przyczepności pojazdu oraz maksymalnego do pokonania wzniesienia. Przełożenie minimalne natomiast określa maksymalną prędkość pojazdu, najczęściej 4 bieg. Biegi pośrednie wyznacza się za pomocą postępu geometrycznego pomiędzy przełożeniem minimalnym i maksymalnym.

W przypadku napędu elektrycznego zastosowanego w pojeździe hybrydowym FIAT Panda 4x4 pod uwagę należy wziąć prostą konstrukcję, którą można będzie zastosować w ograniczonej przestrzeni pod pojazdem w okolicy mechanizmu różnicowego tylnej osi. Z tego powodu autorzy pragną zastosować przekładnię jedynie o dwóch przełożeniach, w której pierwszy bieg będzie wykorzystywany do ruszania i jazdy w zakresie niskich prędkości pojazdu w trybie elektrycznym i hybrydowym oraz drugi bieg, który będzie wykorzystywany w zakresie wyższych prędkości, aż do prędkości maksymalnej pojazdu. Przy tak ograniczonej liczbie biegów dobór zakresu przełożeń napędu elektrycznego ograniczy się jedynie do wyznaczenia przełożenia minimalnego i maksymalnego, czyli określeniu przełożenia biegu pierwszego i drugiego. Pierwszy bieg dobrano pod względem kryterium przełożenia skrzyni biegów dającego maksymalną siłę napędową na kołach. Przełożenie pierwszego biegu wyliczono na podstawie wzoru:

$$i_1 = \frac{D_{MAX} \cdot r_d \cdot m_c \cdot g}{\eta_{NE} \cdot M_{MAX} \cdot i_g} \quad (4)$$

gdzie:

D_{max} - maksymalny wskaźnik dynamiczny,

M_{max} - maksymalny moment obrotowy silnika ($M_{max} = 65 \text{ Nm}$)

i_g - przełożenie przekładni głównej pojazdu ($i_g=2,77$),

η_{NE} - sprawność elektrycznego układu napędowego ($\eta_{NE} = 0,9$),

r_d - promień dynamiczny koła ($r_d = 0,29 \text{ m}$),

m_c - masa całkowita pojazdu ($m_c = 960 \text{ kg}$),

g - przyspieszenie ziemskie, m/s^2 .

Do wyliczenia maksymalnego wskaźnika dynamicznego należy określić współczynnik obciążenia osi napędowej. W pojeździe Fiat Panda 4x4 przyjęto nacisk osi tylnej równy 44% masy pojazdu, a zatem maksymalny wskaźnik dynamiczny wynosi

$$D_{max} = (\mu + f_t) \cdot \lambda = (0,6 + 0,011) \cdot 0,52 = 0,32 \quad (5)$$

gdzie:

μ - współczynnik przyczepności kół napędowych ($0,6 \div 1,0$), przyjęto $\mu=0,6$,

f_t - współczynnik oporu toczenia ($f_t=0,011$),

λ - współczynnik obciążenia osi napędowej ($\lambda=0,52$).

Zatem przełożenie biegu pierwszego wynosi $i_1=4,5$. Drugą ważną kwestią budowy przekładni napędu elektrycznego jest sposób zmiany przełożeń skrzyni biegów. W tradycyjnych skrzyniach biegów do zmiany biegu wymagane jest zastosowanie sprzęgła pomiędzy wałem napędowym i wałem napędzającym. Autorzy ze względu na ograniczoną przestrzeń pragną zastosować inne rozwiązanie, które nie wymaga zastosowania tradycyjnego sprzęgła. Załączanie poszczególnych biegów będzie odbywało się za pomocą dodatkowych hamulców blokujących odpowiednie biegi. Taka konstrukcja charakteryzuje się znacznie prostszą budową w porównaniu do przekładni wykorzystujących tradycyjne sprzęgło cierne. Ponadto taka konstrukcja zajmuje znacznie mniej przestrzeni, co w przypadku zaproponowanego układu jest bardzo istotne. Z uwagi na to, że autorzy nie planują zastosować sprzęgła rozłączającego silnik elektryczny od kół pojazdu, to należy tak dobrać przełożenie minimalne elektrycznego układu napędowego (drugiego biegu), aby nie dopuścić do przekroczenia maksymalnej prędkości obrotowej podanej przez producenta silnika elektrycznego. Maksymalna prędkość obrotowa silnika elektrycznego wykorzystanego do budowy napędu elektrycznego wynosi 6000 obr/min, tak więc minimalne przełożenie (2 biegu) przekła-

dni napędu elektrycznego wyliczono z następującej zależności:

$$i_1 = \frac{r_d \cdot n_{ME_{MAX}}}{2,65 \cdot V_{MAX_{TE}} \cdot i_g} = 1,5 \quad (6)$$

gdzie:

$r_d=0,29$ m - promień dynamiczny koła,

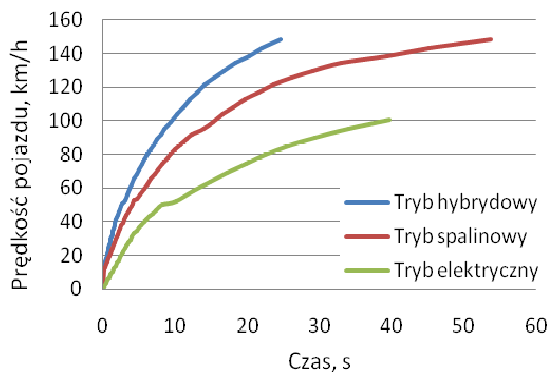
$n_{ME_{max}}=6000$ obr/min - maksymalna prędkość obrotowa silnika elektrycznego,

$V_{max}=155$ km/h - prędkość maksymalna pojazdu,

$i_g=2,77$ – przełożenie mechanizmu różnicowego.

Dzięki tak dobranym wartościom przełożenia będzie można wykorzystywać silnik elektryczny w całym zakresie prędkości pojazdu np. jako główny napęd, odzysk energii hamowania lub wykorzystywać moc silnika elektrycznego w czasie przyspieszania. Jednak z uwagi na niewielką moc jednostki elektrycznej, w zakresie wyższych prędkości pojazdu (powyżej 116 km/h), w czasie przyspieszania jednostka elektryczna będzie musiała być wspomagana przez silnik spalinowy.

Bazując na obliczonych wartościach przełożeń biegu pierwszego i drugiego wyliczono przebieg rozpędzania dla wszystkich trybów pracy pojazdu hybrydowego FIAT Panda 4x4 (rys. 2). Najkorzystniejszy przebieg rozpędzania pojazd osiąga w trybie hybrydowym, w którym obie jednostki napędzają koła pojazdu. W trybie elektrycznym, w którym do napędu wykorzystywany jest wyłącznie silnik elektryczny, największe przyspieszenie pojazd uzyskuje na pierwszym biegu elektrycznego układu napędowego (do 50 km/h). Powyżej prędkości 50 km/h, elektryczny układ napędowy przełączony jest na drugi bieg i jego przyspieszenie jest znacznie niższe.



Rys. 2. Przebieg rozpędzania pojazdu hybrydowego FIAT Panda 4x4 w trybie elektrycznym, spalinowym i hybrydowym

Rozpędzanie do prędkości 100 km/h w trybie elektrycznym zajmuje ok. 39 sekund. Dla porównania czas rozpędzania do 50 km/h wynosi ok. 8 sekund. W trybie miejskim takie przyspieszenie jest w pełni wystarczające. Jednak, aby uzyskać lepsze przyspieszenie powyżej prędkości 50 km/h należy wspomagać się jednostką spalinową w trybie hybrydowym. Moc obu jednostek jest w tym trybie sumowana (57,6 kW), przez co pojazd uzyskuje największe przyspieszenie. W trybie hybrydowym czas rozpędzania do 100 km/h trwa ok. 9 sekund. Dla porównania w trybie spalinowym, w którym pracuje jedynie jednostka spalinowa czas rozpędzania do 100 km/h trwa ok. 15,3 sekundy. Producent dla tego pojazdu podaje, że rozpędzanie 100km/h wynosi 15 sekund. Jak widać obliczone wyniki są bardzo zbliżone do wartości podawanych przez producenta. Jest zatem bardzo prawdopodobne, że dzięki zastosowaniu dwubiegowej skrzyni biegów napędu elektrycznego pojazd z zaproponowanym hybrydowym układem napędowym uzyska znacznie lepsze właściwości trakcyjne oraz umożliwi efektywniejsze wykorzystanie silnika spalinowego, co bezpośrednio wpłynie na zmniejszenie zużycia paliwa i emisji substancji szkodliwych.

4. Wnioski

Silniki elektryczne coraz częściej wykorzystywane są w napędach elektrycznych i hybrydowych. Mimo, iż charakterystyka momentu silnika elektrycznego jest znacznie korzystniejsza od silnika spalinowego, to w przypadku niewielkich jednostek elektrycznych wciąż wymagana jest dodatkowa przekładnia o kilku przełożeniach, która pozwoli wykorzystywać silnik elektryczny w całym zakresie prędkości pojazdu. Poza tym w nowoczesnych układach hybrydowych coraz częściej maszynę elektryczną już nie wykorzystuje się tylko jako dodatkowy napęd wspomagający silnik spalinowy. Coraz częściej maszyna elektryczna pracuje jako drugi niezależny napęd (w trybie elektrycznym). Dzięki temu pojazd do napędu może wykorzystywać wyłącznie energię elektryczną zgromadzoną w akumulatorach, co skutkuje zmniejszeniem zużycia paliwa oraz emisji związków toksycznych [9].

Największą zaletą układu hybrydowego zaproponowanego przez autorów jest właśnie to, że jednostka spalinowa i elektryczna może być zamiennie wykorzystywana. Ze względu brak mechanicznego połączenia, układy napędowe

silnika spalinowego i maszyny elektrycznej mogą pracować niezależnie. Takie połączenie dwóch jednostek napędowych w jednym pojeździe pozwoliło na uzyskanie wielu dodatkowych korzyści: poruszanie pojazdu wykorzystując do tego wyłącznie energię elektryczną, wspomaganie przyspieszania, odzysk energii hamowania oraz napęd na cztery koła. Ponadto maszyna elektryczna w przeciwieństwie do silnika spalinowego może generować moment użyteczny już od zerowych obrotów, przez co może być wykorzystywana w stanach najmniej niekorzystnych dla silnika spalinowego, czyli podczas ruszania pojazdu i jazdy z niską prędkością [2].

W celu stwierdzenia przydatności opracowanej koncepcji zaprojektowano hybrydowy układ napędowy na bazie pojazdu FIAT Panda 4x4. Na podstawie analizy kinematycznej wykazano, że w proponowanym rozwiązaniu należy zastosować dodatkową przekładnię napędu elektrycznego, by zwiększyć zakres prędkości pojazdu, w którym można wykorzystywać silnik elektryczny. Przez zastosowanie dwóch jednostek napędowych do napędu pojazdu moc całego układu zwiększyła się o ok. 45%. Dzięki temu czas rozpędzania do 100km/h, mimo zwiększania masy pojazdu o 100 kg (masa napędu elektrycznego) zmniejszył się o 6 sekund. Dodatkowo dzięki zastosowaniu przekładni napędu elektrycznego proponowane rozwiązanie jest znacznie bardziej wydajne od rozwiązania z jednym przełożeniem. Obecnie prowadzone są badania, które mają na celu opracowanie konstrukcji elektrycznego układu napędowego, który pozwoli na wykorzystanie maszyny elektrycznej w całym zakresie prędkości pojazdu.

5. Literatura

- [1]. Hiroatsu Endo, Masatoshi Ito, Tatsuya Ozeki: "Development of Toyota's transaxle for mini-van hybrid vehicles", Elsevier, JSAE Review 24, str. 109–116, 2003.
- [2]. J. Jantos: "Control of the Transmission Ratio Derivative in Passenger Car Powertrain with CVT", SAE Technical Paper Series, SAE 2001 World Congress, Detroit, Michigan 2001-01-1159, 2001.
- [3]. J. Jantos: "Zintegrowane sterowanie samochodowym, spalinowym układem napędowym o przełożeniu zmiennym w sposób ciągły", *Oficyna Wydawnicza Politechnika Opolska*, Opole 2003.
- [4]. K. Nakamura, H. Kosaka, K. Kadotab, K. Shimizu: "Development of a motor-assisted 4WD system for small front-wheel-drive vehicles" Elsevier, JSAE Review 24 (2003) 417–424.
- [5]. A. Lechowicz, A. Augustynowicz: "Hybrydowy układ napędowy wykorzystujący przekładnię planetarną", *Silniki Spalinowe - Combustion Engines* nr.3, str. 45-52, 2011.
- [6]. A. Lechowicz, A. Augustynowicz: "Hybrydowy układ napędowy dla małych pojazdów miejskich", *Maszyny elektryczne - Zeszyty problemowe*, nr 101 str. 63-68.
- [7]. A. Lechowicz, A. Augustynowicz: "Projekt hybrydowego układu napędowego dla pojazdu FIAT Panda", *Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe*, nr 105, str. 101-106.
- [8]. C. Pisanti, G.Rizzo, V.Marano: "Energy Management of Through-The-Road Parallel Hybrid Vehicles", *The International Federation of Automatic Control*, 2014.
- [9]. A. Szumanowski: "Hybrid Electric, Vehicle Driver Design", *Wydawnictwo ITEE*, Warszawa – Radom 2006.
- [10]. Z. Jaśkiewicz: „Projektowanie układów napędowych pojazdów samochodowych”, WKŁ, Warszawa 1982.