

Potentials for fuel consumption reduction by using electronic driver assistance systems

Abstract: Electronic driver assistance systems help drivers to control traffic situation, transmit signals to the brake and drive systems, recognize traffic signs, allow driver to keep proper distance when driving in the column, as well as control the vehicle position on the lane. Electronic driver assistance systems also help reduce fuel consumption by appropriate control of the propulsion system, giving hints to the driver how to control the vehicle or which route to choose. Examples of potentials for fuel consumption reduction with electronic driver assistance systems of two selected vehicle propulsion systems have been described. The paper includes examples of commercial driver assistance systems that enable fuel consumption reduction.

Keywords: driver assistance systems, fuel consumption, powertrain control

Możliwości redukcji przebiegowego zużycia paliwa przy zastosowaniu elektronicznych systemów wspomagających kierowców

Streszczenie: Elektroniczne systemy wspomagające kierowcę pomagają kierującemu kontrolować sytuację na drodze, przekazują sygnały do układu hamulcowego i napędowego, rozpoznają znaki drogowe, pozwalają utrzymać odpowiedni dystans w czasie jazdy w kolumnie, a także kontrolują położenie pojazdu na pasie ruchu. Elektroniczne systemy wspomagające kierowcę pomagają również zmniejszyć przebiegowe zużycie paliwa, poprzez odpowiednie sterowanie układem napędowym, podawanie podpowiedzi kierowcy co do sposobu prowadzenia pojazdu lub wyboru trasy przejazdu. W pracy przedstawiono możliwości ograniczenia przebiegowego zużycia paliwa przy zastosowaniu elektronicznych systemów wspomagających kierowców na przykładzie dwóch wybranych układów napędowych samochodów. W pracy przedstawione zostały również przykłady komercyjnych systemów wspomagających kierowców, które umożliwiają redukcję przebiegowego zużycia paliwa.

Słowa kluczowe: systemy wspomagające kierowcę, przebiegowe zużycie paliwa, sterowanie układem napędowym

1. Wstęp

Elektroniczne systemy wspomagające kierowcę pomagają kierującemu kontrolować sytuację na drodze, przekazują sygnały do układu hamulcowego i napędowego, rozpoznają znaki drogowe, kontrolują położenie pojazdu na pasie ruchu oraz pomagają również zmniejszyć przebiegowe zużycie paliwa, poprzez odpowiednie sterowanie układem napędowym, podawanie podpowiedzi kierowcy co do sposobu prowadzenia pojazdu lub wyboru trasy przejazdu. Do głównych zadań tych systemów można zaliczyć:

- wyznaczenie i utrzymanie bezpiecznej prędkości,
- utrzymanie bezpiecznej odległości od innych pojazdów,
- pozostanie na swoim pasie ruchu,
- pomoc w bezpiecznej zmianie pasa ruchu,
- unikanie kolizji z pojazdami i pieszymi,
- pomoc w identyfikacji znaków drogowych,
- pomoc w parkowaniu pojazdu,
- kontrola prędkości zjeżdżania ze wzniesienia,
- poprawa płynności ruchu i przepustowości dróg,
- redukcja przebiegowego zużycia paliwa i emisji związków toksycznych do atmosfery.

Wyniki badań pokazują, że przebiegowe zużycie paliwa może być zmniejszone nawet o 25-50% [4, 14], za pomocą ekonomicznego stylu jazdy. Jednak kierowca, który chciałby samodzielnie poprawić sposób sterowania układem napędowym w celu zmniejszenia przebiegowego zużycia paliwa, nie ma niezbędnych do tego informacji. Istnieje duża liczba systemów, które wspomagają kierowcę w ekonomicznej jeździe, np. poprzez udzielanie podpowiedzi co do wyboru najlepszego biegu w przekładni wybieralnej, autonomiczne sterowanie automatycznymi skrzyniami biegów lub sterowanie układem napędowym i hamulcowym, tzw. adaptacyjne systemy kontroli prędkości. Najbardziej zaawansowane systemy umożliwiają, przy wyborze strategii sterowania pojazdem, uwzględnienie informacji o zbliżających się wzniesieniach i ich nachyleniu oraz o utrudnieniach w ruchu [4, 8, 14], co pozwala zarządzać procesem kumulowania i wykorzystania energii kinetycznej oraz potencjalnej pojazdu. W Unii Europejskiej i Stanach Zjednoczonych rozwijane są intensywnie systemy komunikacji między pojazdami mającymi poprawić bezpieczeństwo i płynność ruchu, a przy okazji zredukować zużycie paliwa (Unia Europejska: AWAKE, Aide; Stany Zjednoczone: California Partners for Advanced Transit and Highways).

2. Minimalizacja przebiegowego zużycia paliwa

Przebiegowe zużycie paliwa obliczane jest na podstawie objętości paliwa zużytego przez silnik spalinowy po przebyciu znanej odległości lub przy zastosowaniu systemów mierzących masowy strumień paliwa wg następującej zależności:

$$Q = \frac{1}{\rho_{\text{pal}} \cdot L} \int_0^{t_c} G_e dt \quad (2.1)$$

gdzie:

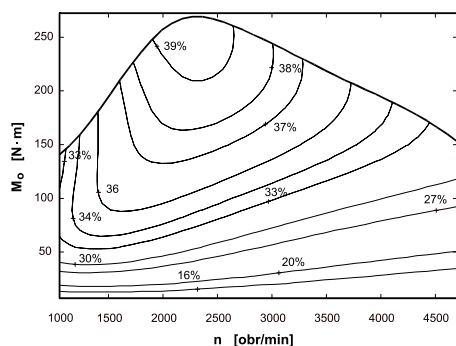
- G_e – masowy strumień paliwa,
- ρ_{pal} – gęstość paliwa,
- t_c – czas cyklu pomiarowego,
- L – całkowita droga przebyta przez pojazd w czasie cyklu pomiarowego.

Teoretyczne zasady wyznaczania optymalnego sterowania układem napędowym ze względu na minimalizację zużycia paliwa formułowane są zazwyczaj na podstawie znajomości charakterystyki ogólnej silnika (rys. 2.1). Chociaż takie podejście prowadzi do popełniania pewnych błędów przy modelowaniu pracy silnika spalinowego w stanach dynamicznych [15, 16], to jest metoda preferowana przy zadaniach optymalizacji sterowania układem napędowym [7, 9, 12, 13, 14]. Poniżej zamieszczono przykłady wyznaczania optymalnego sterowania układem napędowym przy wykorzystaniu charakterystyk ogólnych silników. Przykłady dotyczą maksymalizacji sprawności ogólnej silnika, która przy znajomości przebiegu mocy użytecznej dostarczonej przez silnik w czasie cyklu pomiarowego może zostać przeliczona na przebiegowe zużycie paliwa:

$$Q = \frac{1}{\rho_{\text{pal}} \cdot L} \int_0^{t_c} \frac{N_e}{\eta_o \cdot W_d} dt \quad (2.2)$$

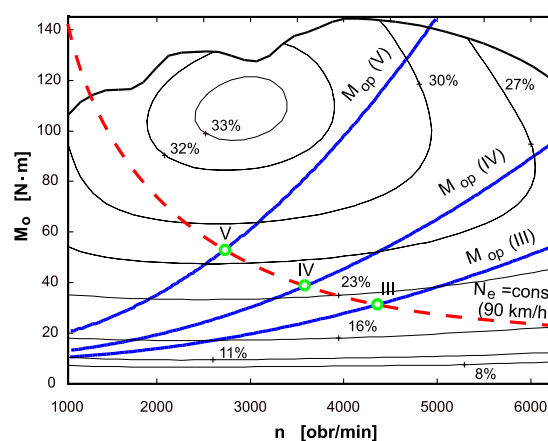
gdzie:

- N_e – moc użyteczna silnika,
- η_o – sprawność ogólna silnika,
- W_d – wartość opałowa paliwa.



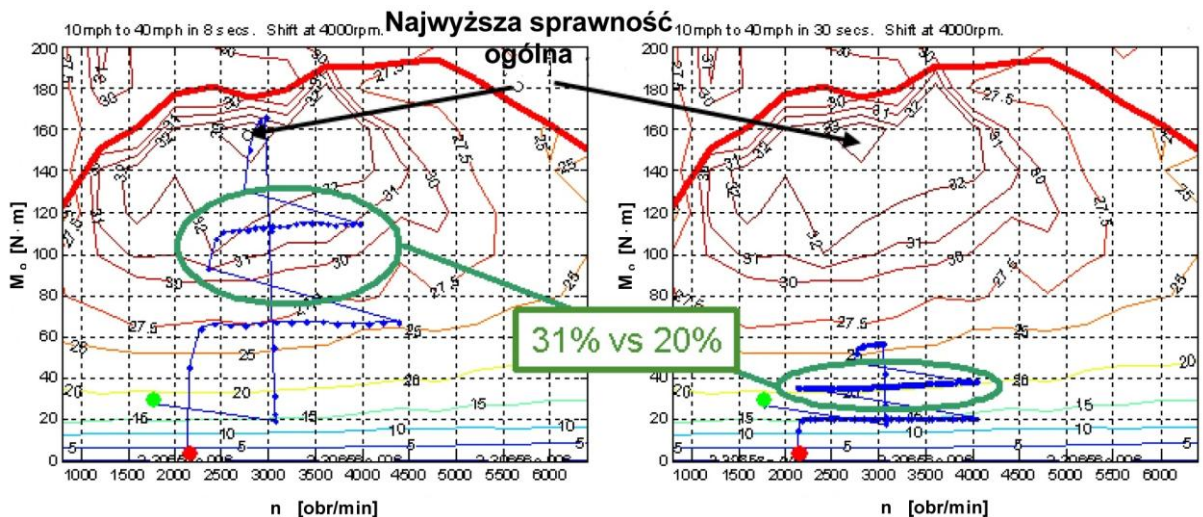
Rys. 2. 1. Charakterystyka ogólna silnika Fiat Stilo 1,9 JTD (ZS) z zaznaczonymi warstwicami stałej wartości sprawności ogólnej silnika (M_o – moment obrotowy silnika, n – prędkość obrotowa silnika)

Na rys. 2.2 przedstawiono przykład wyboru najlepszego biegu w przekładni wybieralnej ze względu na maksymalizację sprawności ogólnej silnika przy jeździe ze stałą prędkością 90 km/h. Takiej prędkości jazdy odpowiada linia stałej mocy ($N_e = \text{const}$) zaznaczona na charakterystyce ogólnej silnika w postaci linii przerywanej. Możliwe punkty pracy silnika oznaczone odpowiednio III, IV i V powstają w miejscach przecięcia linii stałej mocy oraz charakterystyk oporów ruchu pojazdu (M_{op}) odpowiadającym jeździe ze stałą prędkością przy wybranych biegach III, IV i V. Z przeprowadzonego porównania wynika, że przy zadanych warunkach jazdy najwyższa sprawność ogólna silnika (28%) zostanie osiągnięta przy wyborze biegu V. Dla porównania wybór biegu IV spowoduje pracę silnika z wyraźnie niższą sprawnością wynoszącą 24%.



Rys. 2. 2. Charakterystyka ogólna silnika Fiat Stilo 1,6 (ZI) z zaznaczonymi warstwicami stałej wartości sprawności ogólnej silnika i liniami oporów ruchu pojazdu M_{op} przy wybranym biegu: III, IV i V (M_o – moment obrotowy silnika, n – prędkość obrotowa silnika)

Analogiczny przykład dotyczący optymalnego sterowania układem napędowym ze względu na maksymalizację średniej sprawności ogólnej silnika ale podczas jazdy ze zmienną prędkością przedstawiono na rys. 2.3 [12]. W obliczeniach rozważano dwa przypadki rozpędzania pojazdu: dynamicznie i spokojnie, przy czym zakładana prędkość docelowa oraz przebyta droga będą w obydwu przypadkach takie same. Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że przy zadanych warunkach jazdy, wyższą średnią sprawność ogólną silnika osiągnie przy dynamicznym rozpędzaniu ze względu na położenie punktów pracy silnika (punkty zaznaczone kropkami na wykresie) w obszarze bliższym najwyższej sprawności ogólnej silnika.



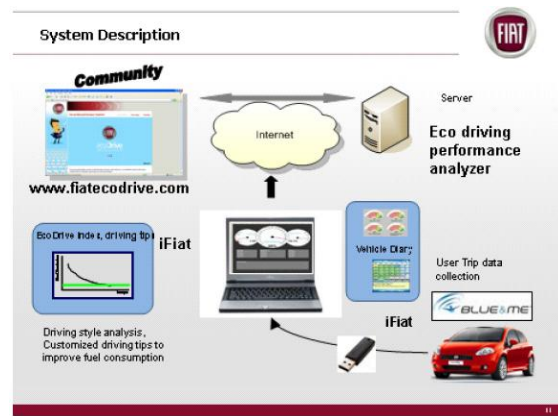
Rys. 2.3. Wybór sposobu rozpędzania pojazdu ze względu na maksymalizację sprawności ogólnej silnika od 10 do 40 mil/h (16 – 64 km/h); lewy wykres – dynamiczne rozpędzanie; prawy wykres – spokojne rozpędzanie [12]

Istnieje także grupa metod mających na celu zmniejszenie przebiegowego zużycia paliwa, które wykorzystują identyfikację warunków eksploatacji pojazdu [1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16]. W metodach tych klasyfikuje się styl jazdy kierowcy [1, 13] bądź też w czasie rzeczywistym dokonuje analizy parametrów ruchu pojazdu i sugeruje kierowcy ekonomiczny sposób sterowania układem napędowym (systemy asystujące kierowcy) [2, 4, 8, 11, 12, 14]. W kolejnym rozdziale przedstawiono wybrane przykłady takich systemów. Choć wymienione prace koncentrują się głównie na minimalizacji przebiegowego zużycia paliwa to uzyskane wyniki umożliwiają jednocześnie redukcję emisji dwutlenku węgla (CO₂) do atmosfery, ze względu na niemal wprost proporcjonalną zależność między tymi wielkościami [5].

3. Przykłady komercyjnych systemów wspomagających kierowców w oszczędnej jeździe

Koncern Fiat opracował system eco:Drive [13], którego baza użytkowników w roku 2010 przekroczyła 90 tys. osób (6.5 mln zarejestrowanych przejazdów). Ocena stylu jazdy kierowcy prowadzona jest przez program komputerowy, do którego dane zbierane są przez pokładowy system informatyczny (rys. 3.1). Dane z pojazdu przenoszone są przez użytkowników do komputera przez pamięć typu Flash (transmisja przez port USB w pojeździe). Dane są analizowane za pomocą programu (rys. 3.3), który podpowiada zmiany w sposobie sterowania pojazdem w celu zmniejszenia przebiegowego zużycia paliwa i emisji CO₂. Zachowanie kierowcy jest oceniane specjalnym indeksem (eco:Index) określanym na podstawie przebiegu następujących parametrów: wybór biegu w prze-

kładni wybieralnej, położenie pedału przyspieszenia, położenie pedału hamulca, prędkość, i in. (rys. 3.2). Zgodnie z danymi producenta systemu, po szkoleniu trwającym 30 dni, zużycie paliwa zmniejsza się o około 6% (rys. 3.4).



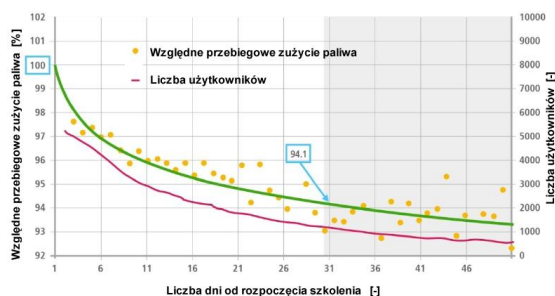
Rys. 3.1. Schemat systemu eco:Drive [13]



Rys. 3.2. Wagi używane przy obliczaniu łącznego wskaźnika eco:Index [13]



Rys. 3.3. Raport systemu eco:Drive [13]



Rys. 3.4. Względne przebiegowe zużycie paliwa w trakcie szkolenia eco:Drive [13]

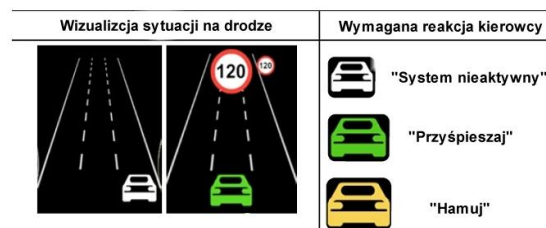
Firma BMW we współpracy z Technische Universität München jest w trakcie wdrażania systemu ADAS (Advanced Driver Assistance System), który ma następujące zadania [4]: poprawa bezpieczeństwa ruchu, zwiększenie płynności ruchu, zwiększenie komfortu podróżowania, zmniejszenie przebiegowego zużycia paliwa (emisji CO₂). Elementami systemu ADAS są: system GPS, system łączności między autami: Car-to-Car, system łączności z infrastrukturą komunikacyjną: car-to-infrastructure, baza danych. Podpowiedzi dla kierowcy przekazywane są w postaci graficznej za pomocą wyświetlacza umieszczonego w centralnej konsoli pojazdu (rys. 3.5).



Rys. 3.5. Usytuowanie wyświetlacza systemu ADAS w pojeździe [4]

Uwagi przekazywane kierowcy dotyczą: wyboru najlepszego biegu w celu redukcji przebiegowego zużycia paliwa, wykonania hamowania, jeżeli

metoda wybiegu nie będzie wystarczająco wydajna (zakładane opóźnienie maksymalne z punktu widzenia komfortu 3 m/s²), wykonanie przyspieszenia, zmiana pasa ruchu (rys. 3.6).



Rys. 3.6. Przekazywanie wskazówek kierowcy przez system ADAS [4]

Firma Ricardo jest w trakcie opracowywania systemu Foot-LITE [12] stanowiącego aplikację do telefonów typu Smartphone. Telefon jest połączony z kamerą oraz sterownikami pojazdu za pomocą sieci bezprzewodowej. Do zadań systemu Foot-LITE należy przekazywanie informacji o: parametrach ruchu innych użytkowników, opuszczaniu przez pojazd zajmowanego pasa ruchu, zalecanym sposobie sterowania układem napędowym w celu zmniejszenia przebiegowego zużycia paliwa i emisji CO₂ (rys. 3.7).



Rys. 3.7. Przekazywanie wskazówek kierowcy przez system Foot-LITE [12]

4. Przykłady potencjalnych możliwości ograniczenia przebiegowego zużycia paliwa

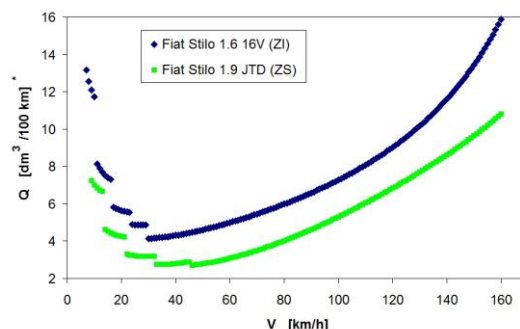
W niniejszym rozdziale przedstawiono możliwości ograniczenia przebiegowego zużycia paliwa przy zastosowaniu elektronicznych systemów wspomagających kierowców na przykładzie dwóch wybranych układów napędowych samochodów. W pracy wykorzystano model pojazdu [3, 10] Fiat Stilo dla dwóch konfiguracji układu napędowego: wyposażonego w silnik o zapłonie samoczynnym (ZS) oraz zapłonie iskrowym (ZI). Wybrane parametry modelowanego pojazdu przedstawiono w tab. 4.1. Zgodnie z danymi dostarczonymi przez producenta pojazd z silnikiem ZS ma masę o 130 kg większą od pojazdu z silnikiem ZI (w tej samej wersji wyposażenia). Jest to sytuacja typowa dla pojazdów tej klasy, gdyż silnik ZS z reguły ma większą objętość skokową oraz dodatkowe wyposażenie w postaci turbosprężarki, systemu chłodze-

nia powietrza zasilającego, materiałów wygłuszających pracę silnika i filtrów paliwa o zwiększonej masie. Do wykonania modelu układu napędowego rozważanego pojazdu wykorzystano charakterystyki ogólne uzyskane od producenta silników.

Tab. 4.1. Wybrane parametry pojazdu wykorzystane w badaniach symulacyjnych

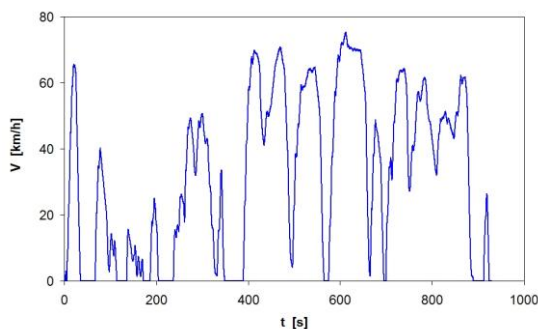
Nazwa parametru	Wartość parametru	
	Fiat Stilo 1,9 JTD (ZS)	Fiat Stilo 1,6 (ZI)
Rodzaj paliwa	olej napędowy	benzyna
Gęstość paliwa [kg/dm ³]	0,835	0,705
Masa samochodu [kg]	1375	1245
Rok produkcji	2002	2002
Standard emisji spalin	Euro 3	Euro 3
Q _{UDC} [dm ³ /100 km]	7,2	10,1
Q _{EUDC} [dm ³ /100 km]	4,2	5,7
Objętość skokowa silnika [dm ³]	1910	1581
Moc maksymalna silnika [kW]	78	76
Maksymalny moment obrotowy silnika [N·m]	270	146
Przełożenie przekładni gł.	2,85	3,73
Przełożenie na 1. biegu	3,91	3,91
Przełożenie na 5. biegu	0,77	0,9

W przypadku jazdy ze stałą prędkością wybór najlepszego biegu w przekładni wybieralnej można przeprowadzić wykorzystując metodę przedstawioną na rys. 2.2. Na rys. 4.1 przedstawiono wyniki symulacji pracy układu napędowego przy stałej prędkości jazdy. Wybór najlepszego biegu ze względu na minimalizację przebiegowego zużycia paliwa wymaga zmiany biegu na wyższy, zaczynając od jazdy na biegu pierwszym, przy następujących prędkościach: 15, 23, 34, 47 km/h (silnik ZS), 12, 18, 25, 31 km/h (silnik ZI). Uzyskane minimalne przebiegowe zużycie paliwa osiągnięte jest na piątym biegu i wynosi w przypadku silnika ZS 2,7 dm³/100 km przy prędkości jazdy 47 km/h, natomiast w przypadku silnika ZI 4,1 dm³/100 km przy prędkości jazdy 31 km/h. W przypadku obydwu rodzajów silników odpowiada to bardzo niskiej prędkości obrotowej wynoszącej ok. 900 obr/min. W przypadku rzeczywistego pojazdu możliwości wykonania takiej optymalizacji uwarunkowane będą dostępnością charakterystyki ogólnej silnika, a dokładność obliczeń będzie uzależniona w głównej mierze od jakości odwzorowania charakterystyki oporów ruchu pojazdu.



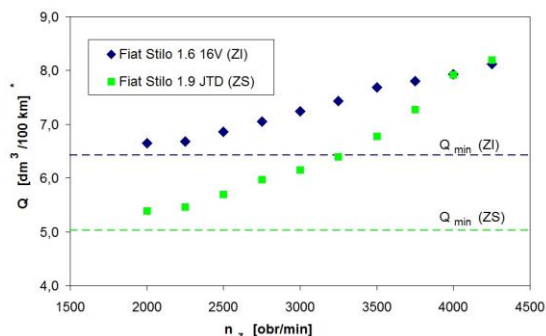
Rys. 4.1. Minimalne przebiegowe zużycie paliwa (Q) przy stałej prędkości jazdy (V); * benzyna – Fiat Stilo 1.6 16V; olej napędowy – Fiat Stilo 1.9 JTD

Potencjalne możliwości ograniczenia przebiegowego zużycia paliwa dla złożonych warunków ruchu, odpowiadających jeździe w mieście, przedstawiono na przykładzie realizacji typowego przebiegu prędkości zarejestrowanego w rzeczywistych warunkach ruchu na terenie Gdańska (rys. 4.2).



Rys. 4.2. Prędkość pojazdu zarejestrowana w czasie przejazdu przez centrum Gdańska (długość trasy 8 km)

Wykorzystując stosunkowo prostą strategię sterowania układem napędowym, zgodnie z którą kierowca zmienia bieg w przekładni wybieralnej na wyższy po osiągnięciu założonej prędkości obrotowej silnika, otrzymano obliczeniowe wartości przebiegowego zużycia paliwa (rys. 4.3). Zmiana biegu na wyższy jest odpowiednio opóźniana jeżeli spowodowałoby to niedostatek mocy niezbędnej do realizacji założonego przebiegu prędkości pojazdu. W warunkach rozważanego testu jest to sytuacja występująca sporadycznie.



Rys. 4.3. Zależność przebiegowego zużycia paliwa od prędkości obrotowej zmiany biegu; Q_{min} – minimalne przebiegowe zużycie paliwa dla optymalnego sterowania; * benzyna – Fiat Stilo 1.6 16V; olej napędowy – Fiat Stilo 1.9 JTD

Zgodnie z uzyskanymi wynikami (rys. 4.3) kierowca powinien przy możliwie najniższej prędkości obrotowej zmieniać bieg na wyższy. Zarówno w przypadku silnika ZS jak i ZI skutkuje to, w rozważanym zakresie prędkości obrotowych, zmniejszeniem przebiegowego zużycia paliwa. W badaniach przeprowadzono również poszukiwanie optymalnego sterowania przekładnią wybieralną dla założonego przebiegu prędkości, w wyniku czego uzyskano minimalne przebiegowe zużycie paliwa (Q_{min}). Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że różnica między przebiegowym zużyciem paliwa uzyskanym w wyniku sterowania optymalnego oraz przy zastosowaniu strategii zmiany biegu na wyższy przy 2000 obr/min jest mała i wynosi w przypadku silnika ZS 11%, a w przypadku ZI 9%. Natomiast dopuszczenie wyższych prędkości obrotowych zmiany biegu na wyższy, w przypadku silnika ZS, skutkuje znaczącym wzrostem przebiegowego zużycia paliwa i przy 4250 obr/min wynosi on 63%. W przypadku silnika ZI wzrost ten nie jest tak znaczący i wynosi 26%.

5. Wnioski

Zgodnie z założeniami twórców systemów wspomagających kierowców w oszczędnej jeździe użycie takich systemów może spowodować redukcję przebiegowego zużycia paliwa dochodzące do 25 – 50% [4, 14]. Wyniki badań już wdrożonego systemu [13] zdają się nie potwierdzać tak optymistycznych założeń. Można jednak przyjąć, że system eco:Drive jest stosunkowo prosty i w sposób daleki od doskonałego pozwala realizować optymalne sterowania układem napędowym, ponadto kierowcy biorący udział w szkoleniu już w chwili przystąpienia do niego starają się jeździć w sposób oszczędny – stąd stosunkowo mała redukcja w przebiegowym zużyciu paliwa po 30 dniach szkolenia (6%). Podobne rezultaty uzyskano w czasie badań symulacyjnych (rys. 4.3). Różnica między przebiegowym zużyciem paliwa uzyskanym w wyniku sterowania optymalnego oraz przy zastosowaniu prostej strategii zmiany biegu na wyższy przy 2000 obr/min jest mała i wynosi w przypadku silnika ZS 11%, a w przypadku ZI 9%. Natomiast zmiana strategii sterowania układem napędowym na bardziej ekonomiczną u kierowcy zmieniającego bieg na wyższy przy 3500 obr/min spowoduje, w przypadku rozważanego testu (rys. 4.3), oszczędności w przebiegowym zużyciu paliwa wynoszące dla silnika ZS i ZI odpowiednio: 35 oraz 20%. Wyniki badań symulacyjnych dotyczące stałej prędkości jazdy (rys. 4.1) potwierdzają natomiast tezę, że największą redukcję w przebiegowym zużyciu paliwa (emisji CO₂) można uzyskać zachowując dużą płynność ruchu pojazdów ale również redukując prędkość maksymalną przejazdu. Przykładowo, dla rozważanego testu (rys. 4.1), zmniejszenie prędkości jazdy ze 140 do 100 km/h spowoduje oszczędności w przebiegowym zużyciu paliwa wynoszące dla silnika ZS i ZI odpowiednio: 39 oraz 37%.

Literatura

- [1] Augustynowicz A., Ściegosz H., Broł S.: Using nonlinear method for analysis accelerator pedal signal. *Combustion Engines*, 2009-SC1, Powertrain, Design, Ecology&Diagnostics, s. 175-179.
- [2] Bosch Informator Techniczny: Adaptacyjna regulacja prędkości jazdy ACC. WKiŁ, Warszawa 2005.
- [3] Cichy M., Kropiwnicki J., Makowski S.: A model of the IC engine in the form of the bond graph (BG), *Silniki Spalinowe R.* 43, nr 2, 2004, s. 40-47.
- [4] Duschl M., Klinker G., Popiv D., Laquai F., Mariana R.: Birdeye visualization for assisting prospective driving. FISITA 2010 World Automotive Congress, Budapest 2010, F2010-A-121.
- [5] Gao Y., Checkel M.D.: Experimental measurement of on-road CO₂ emission and fuel consumption functions. SAE Technical Paper Series, 2007-01-1610.
- [6] Holzmann F.: Adaptive cooperation between driver and assistant system. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2008.
- [7] Jacobson B.: On vehicle driving cycle simulation. SAE Technical Paper Series 950031.
- [8] Kamal M.A.S, Mukai M., Murata J., Kawabe T.: Development of ecological driving system using model based prediction of traffics and information of road shapes. FISITA 2010 World Automotive Congress, Budapest 2010, F2010-A-043.
- [9] Kropiwnicki J., Makowski S.: Wyznaczanie sygnału sterowania silnikami dla zadanych

parametrów ruchu pojazdu. Materiały konf. II Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy jakościowe, energetyczne i eksploatacyjne w maszynach ciepłych”, ATR, Bydgoszcz 2004, s. 75-82.

- [10] Kropiwnicki J.: Ocena efektywności energetycznej pojazdów samochodowych z silnikami spalinowymi. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2011.
- [11] Merkiż J., Mazurek S., Pielecha J.: Pokładowe urządzenia rejestrujące w samochodach. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2007.
- [12] Miller P.: Real-time driver assessment. FISITA 2010 World Automotive Congress, Budapest 2010, F2010-E-018.

- [13] Orofino L., Cilimingras L., Morello E.: Ecodrive: driver behavior evaluation system to reduce CO₂ emissions. FISITA 2010 World Automotive Congress, Budapest 2010, F2010-E-052.
- [14] Popiv D., Bengler K., Rakic M., Duschl M., Laquai F.: Reduction of fuel consumption by early anticipation and assistance of deceleration phases. FISITA 2010 World Automotive Congress, Budapest 2010, F2010-A-141.
- [15] Ubysz A.: Energochłonność samochodu a zużycie paliwa w złożonych warunkach ruchu. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003.
- [16] Siłka W.: Teoria ruchu samochodu. WNT, Warszawa 2002.

Mr Kropiwnicki Jacek, DSc., DEng. – doctor in the Faculty of Mechanical Engineering at Gdańsk University of Technology.

Dr hab. inż. Jacek Kropiwnicki – adiunkt na Wydziale Mechanicznym Politechniki Gdańskiej.



Mr Paweł Kortas, M. Sc. – specialist engineer at Section of repair of rolling stock at PKP Intercity S.A.

Mgr inż. Paweł Kortas – specjalista mechanik w Sekcji Napraw Taboru PKP Intercity S.A.

