

## INFLUENCE OF CVT OPERATING PARAMETERS AT SI ENGINE OPERATING INDEXES

Andrzej Bieniek, Jerzy Jantos, Ireneusz Hetmańczyk  
Jarosław Mamala, Damian Borecki

Opole University of Technology  
Mikołajczyka 5, 45-271 Opole, Poland  
tel.: +48 77 4006272, fax: +48 77 4006272  
e-mail: a.bieniek@po.opole.pl

### Abstract

The advantage of combustion engine as power source at driving unit is connected with necessity of application of developed automotive transmission system. Only in the case of appropriate associate of combustion engine and transmission is it possible to achieving of eligible characteristic of transmission system. At currently technology level and comparable reliability and durability of different solutions the basic criterions are fuel consumptions, pollutant emissions and vehicle dynamical property. These basic criteria are at variance each other. Satisfactory result could be achieved exclusively on high number of transmission ratios. Increase of transmission ratio numbers is connected with problem of its reasonable selection, which is difficult to solve through the average driver. The result is rapidly growth of automated transmission system, were the transmission ratio is selected according to transmission control algorithm. In this transmission group grow the participation of Continuously Variable Transmissions- CVT, which disposes with high transmission ratio range and simultaneously enables to change its value fluently. In this paper the influence of CVT operating parameters at SI engine operating indexes are analysed. The own modification of transmission control unit enables to observing and control of significant transmission operating parameters. In this work the results of test bench and road tests at acceleration test and driving cycle are presented. Besides of registration of basic operating parameters the results of fuel consumption and pollutant emission are also observed.

**Keywords:** transmission system, CVT, SI engine, pollution emission, fuel consumption

## WPLYW PARAMETRÓW PRACY PRZEKŁADNI CVT NA WSKAŹNIKI PRACY SILNIKA ZI

### Streszczenie

Wykorzystanie silnika spalinowego w charakterze jednostki napędowej (JN) wiąże się z koniecznością zastosowania rozbudowanego układu przeniesienia napędu (UPN). Tylko dzięki odpowiedniemu skojarzeniu silnika spalinowego z UPN jest możliwe uzyskanie pożądanych cech całego układu napędowego (UN). Aktualnie przy obecnym poziomie technologii i porównywalnej niezawodności oraz trwałości różnych rozwiązań, kryteriami podstawowymi są zużycie paliwa, emisja substancji szkodliwych oraz właściwości dynamiczne samochodu. Te trzy podstawowe kryteria są częściowo sprzeczne. Zadawalający wynik można uzyskać wyłącznie przy dużej liczbie, możliwych do zrealizowania w UPN, wartości przełożenia. Ze wzrostem tej liczby pojawia się jednak problem racjonalnego wyboru, którego przeciętny kierujący nie jest w stanie poprawnie rozwiązać. W rezultacie zwiększa się znacznie liczba automatów napędowych, w których wybór przełożenia UPN jest zalgorytmizowany. Wśród możliwych rozwiązań rośnie udział bezstopniowych przekładni mechanicznych (Continuously Variable Transmission - CVT) dysponujących znacznym zakresem zmiany przełożenia, a jednocześnie umożliwiającymi płynną zmianę jego wartości. W pracy dokonano analizy wpływu parametrów pracy bezstopniowej przekładni cięgnowej na wskaźniki pracy silnika o zapłonie iskrowym. Przeprowadzona własna modyfikacja układu hydraulicznego przekładni pozwala na obserwację i zmianę istotnych parametrów jej pracy. W referacie przedstawiono wyniki badań stanowiskowych oraz drogowych przeprowadzonych w cyklach jezdnych i próbach rozpędzania. Poza podstawowymi parametrami pracy układu napędowego rejestrowano zużycie paliwa oraz emisję substancji szkodliwych uwzględniając zróżnicowane algorytmy sterowania przekładnią.

**Słowa kluczowe:** układ napędowy, bezstopniowa przekładnia mechaniczna, silnik ZI, emisja, zużycie paliwa

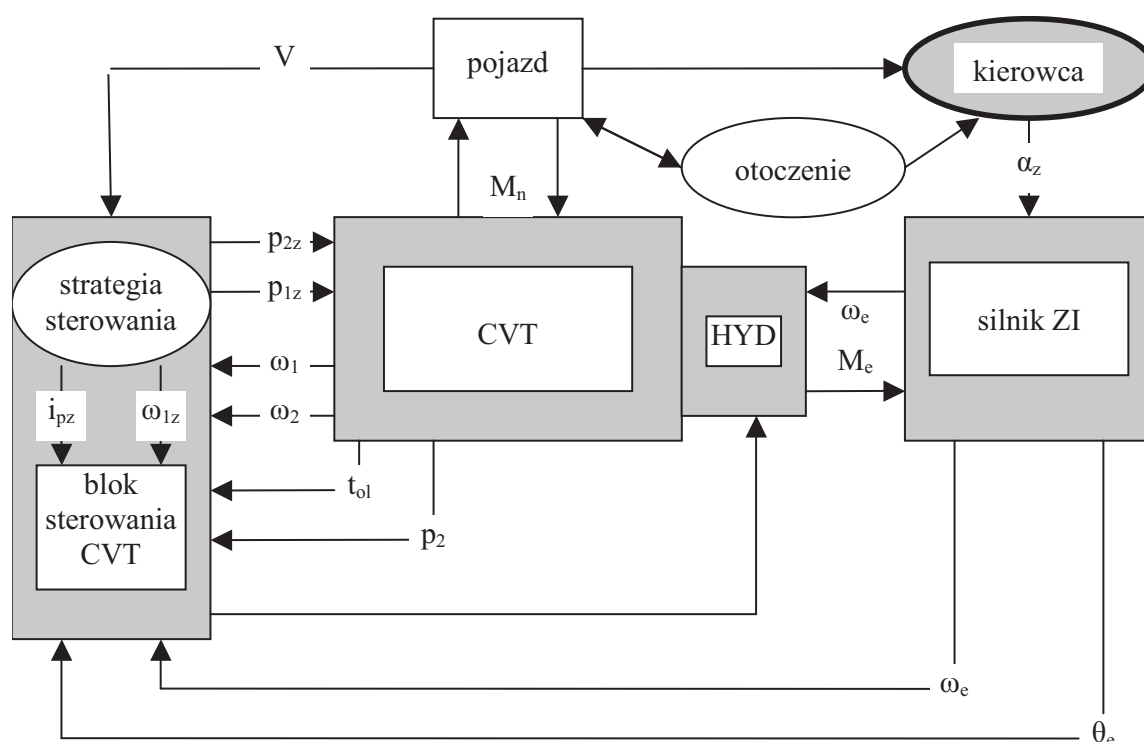
## 1. Wprowadzenie

Samochodowy układ napędowy rozumiany jako złożenie jednostki napędowej (JN) i układu przeniesienia napędu (UPN) powinien spełniać coraz to wyższe wymagania. Poprawę jakości jego funkcjonowania można osiągnąć różnymi drogami. Wśród możliwych kierunków jego rozwoju można wyróżnić doskonalenie konstrukcji oraz optymalizację algorytmów sterowania zarówno JN jak i UPN. Znaczne możliwości poprawy działania układu napędowego tkwią w zastosowaniu automatycznych układów przeniesienia napędu. Specyfika działania silnika spalinowego - w celu wykorzystania jego możliwości - wymaga zastosowania UPN o zmiennym przełożeniu. Powszechnie stosowane rozwiązania UPN zarówno sterowane manualnie jak i automatycznie umożliwiają jedynie skokową zmianę przełożenia. Skutkiem tego jest praca silnika spalinowego w znacznie ograniczonym obszarze jego charakterystyki i utrudnia płynną zmianę położenia punktu pracy silnika [1, 4]. Jednym z rozwiązań jest zwiększenie liczby dostępnych przełożeń, co komplikuje jednak konstrukcję takiego rozwiązania. Istotnym aspektem jest również zapewnienie przez UPN wystarczająco szerokiego zakresu zmian wartości przełożenia, co w rezultacie wpływa na rozszerzenie wykorzystywanego obszaru pracy silnika spalinowego [4]. Wśród dostępnych rozwiązań jedynie zastosowanie przekładni CVT pozwala na płynny, bezstopniowy wybór wartości przełożenia, umożliwiając jednocześnie jego zmianę w zakresie szerszym niż pozwalają na to pozostałe konstrukcje. Skompletowanie silnika spalinowego z bezstopniową przekładnią ciągłą pozwala więc na płynny wybór jego punktu pracy. Umożliwia to takie kształtowanie linii pracy silnika, które pozwala na redukcję emisji substancji szkodliwych, zmniejszenie zużycia paliwa przy równoczesnym uwzględnieniu wysokich wskaźników związanych z dynamiką ruchu pojazdu [2, 3, 5].

Mechaniczne zespolenie przekładni i silnika spalinowego powoduje, że w określonych warunkach obciążeń zdeterminowanych oporami ruchu pojazdu sterowanie parametrami pracy przekładni wpływa na pracę silnika spalinowego, a w szczególności na uzyskiwane wskaźniki zarówno energetyczne, ekologiczne jak dynamiczne (moc efektywna, moment obrotowy). Problematyka poprawy działania układów napędowych z silnikiem spalinowym jest przedmiotem licznych publikacji, jednak opracowania dotyczące poprawy działania układów napędowych z przekładnią CVT są niepełne i wymagają uzupełnienia.

## 2. Sterowanie układem napędowym z silnikiem ZI i przekładnią CVT

Samochodowy układ napędowy z przekładnią bezstopniową często wyposażony jest w silnik spalinowy. Największy udział w rynku tego typu układów napędowych stanowi skompletowanie bezstopniowej przekładni ciągłej z silnikiem ZI [4]. Na rysunku 1 przedstawiono uproszczony schemat sterownia rozważanym układem napędowym. Kierujący pojazdem sterując wychyleniem pedału przyspieszenia  $\alpha_z$  wyraża żądanie uzyskania odpowiedniej dynamiki pojazdu wywierając jednocześnie wpływ na kąt otwarcia przepustnicy  $\theta_e$ . Takie działanie powoduje bezpośrednio zmianę stopnia napełnienia cylindrów silnika, który w zależności od występujących w danej chwili oporów ruchu pojazdu oraz parametrów pracy przekładni, osiąga prędkość kątową  $\omega_e$ . Praca silnika z określoną prędkością kątową i uchyleniem przepustnicy generuje moment obrotowy  $M_e$ , który zostaje przeniesiony przez przetwornik momentu (HYD), na koło czynne przekładni CVT, wprawiając je w ruch obrotowy z prędkością kątową  $\omega_1$ . Chwilowa prędkość liniowa pojazdu  $V$ , prędkość kątowna silnika oraz kąt otwarcia przepustnicy są istotnymi parametrami uwzględnianymi przy regulacji wartości ciśnień w kołach przekładni. Wynikiem takiego sterowania jest uzyskanie określonej wartości przełożenia przekładni  $i_p$  wpływającego na prędkość kątową koła czynnego przekładni  $\omega_1$ . Uzyskanie zadanej wartości przełożenia  $i_{pz}$  odbywa się przez sterowanie ciśnieniem w kole czynnym  $p_{1z}$ , i kole biernym  $p_{2z}$ . Iloraz tych ciśnień w zależności od przenoszonego przez przekładnię momentu obrotowego pozwala na ustalenie określonej wartości przełożenia. Równocześnie uwzględniona zostaje wybrana strategia sterowania, w taki sposób, aby uzyskać zadaną prędkość kątową koła czynnego  $\omega_{1z}$ .



Rys. 1. Schemat sterowania UPN z silnikiem ZI i przekładnią CVT  
 Fig. 1. Scheme of powertrain control system with SI engine and CVT

Blok sterowania kontroluje prędkość kątową koła czynnego  $\omega_1$  i biernego  $\omega_2$ , porównując je równocześnie z odpowiednimi wartościami zadanymi (zadaną wartością przełożenia). Uchyby od wartości zadanych są kompensowane przez układ sterowania przekładnią przez zmianę zadanych wartości ciśnień w kołach przekładni. Obserwacja prędkości kątowej silnika, prędkości kątowej koła czynnego oraz kąta otwarcia przepustnicy pozwala na oszacowanie momentu obrotowego wejściowego przekładni i ustalenie zadanej wartości ciśnienia w kole biernym. Sterownie ciśnieniem w tym kole jest konieczne ze względu na zapewnienie bezpieczeństwa pracy przekładni (poślizg ciągu) [5, 6, 8]. Dodatkowym czynnikiem korygującym zadane wartości ciśnień w obwodach kół przekładni jest temperatura oleju przekładni  $t_{o1}$  [8].

Jak wynika z powyższego opisu bezpośredni wpływ na regulację silnika ZI wywiera kierujący operując pedałem przyspieszenia powiązany z przepustnicą, a z kolei sterowanie przekładnią bezstopniową ma decydujące znaczenie przy ustaleniu prędkości kątowej silnika wpływając tym samym na osiągnięte parametry jego pracy takie jak moment obrotowy, moc efektywna, zużycie paliwa oraz emisja substancji szkodliwych.

### 3. Strategia sterowania układem napędowym

Koncepcja systemu sterowania układem napędowym polega na zapewnieniu odpowiedniej wartości siły napędowej na kołach napędowych, zapewniających uzyskanie korzystnych wskaźników energetycznych i ekonomicznych. Wybór podstawowych parametrów odbywa się zgodnie z określoną strategią sterowania, w której można wskazać odpowiednią wagę wskaźników energetycznego (zużycie paliwa), dynamicznego (zdolność przyspieszania) i ekologicznego (emisja substancji szkodliwych). Określenie strategii sterowania ma znaczny wpływ zarówno na parametry pracy silnika (prędkość obrotowa, moment obrotowy, jednostkowe zużycie paliwa, emisja substancji szkodliwych) jak i pracę przekładni (przełożenie, prędkość obrotowa koła czynnego, ciśnienia naporu kół przekładni) [3, 5]. W wielu dostępnych na rynku układach typu CVT kierujący pojazdem ma możliwość wyboru jednego z kilku dostępnych programów

sterowania zorientowanych na uzyskanie zmniejszonego zużycia paliwa (strategia DE), dobrej dynamiki (strategia LN) bądź pewnego kompromisu pomiędzy tymi wskaźnikami (strategia DN). W wielu rozwiązaniach wprowadza się również możliwość skokowej zmiany przełożenia (strategia SN), pozostawiając kierującemu decyzję o wyborze jednego z kilku dostępnych wartości przełożenia. Rozstrzygający dla ograniczenia zużycia paliwa i emisji substancji szkodliwych jest nie tylko punkt pracy silnika, ale również sprawność przekładni, co skutkuje sumaryczną sprawnością napędu. W przypadku silnika jego sprawność ogólna rośnie ze wzrostem obciążenia, natomiast przekładnia charakteryzuje się najmniejszymi stratami, w przypadku pracy z przełożeniem bliskim  $i_p = 1$  [7, 8].

Dzięki zaimplementowaniu do algorytmu sterowania dodatkowych wielkości wejściowych (prędkość zmian wychylenia pedału, przyspieszenie wzdłużne i poprzeczne pojazdu, częstość zmian położenia pedału oraz zakres jego zmian) możliwe jest rozpoznawanie preferencji kierowcy (jazda dynamiczna, ekonomiczna) i lepsze dopasowanie punktu pracy silnika do danej sytuacji drogowej i oczekiwań użytkownika.

Wprowadzenie zintegrowanego sterowania układem napędowym z przekładnią bezstopniową pozwalającego na sterowanie uchyleniem przepustnicy według zadanego algorytmu, uwzględniającego z jednej strony żądania kierującego przekazywane przez położenie pedału przyspieszenia, a z drugiej uzyskanie korzystnych wybranych wskaźników pracy silnika pozwoli na poprawę jakości działania układu napędowego [5, 9, 10, 11]. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu zmiennej charakterystyki wiążącej położenie pedału przyspieszenia i kąta uchylenia przepustnicy.

#### 4. Obiekt i aparatura badawcza

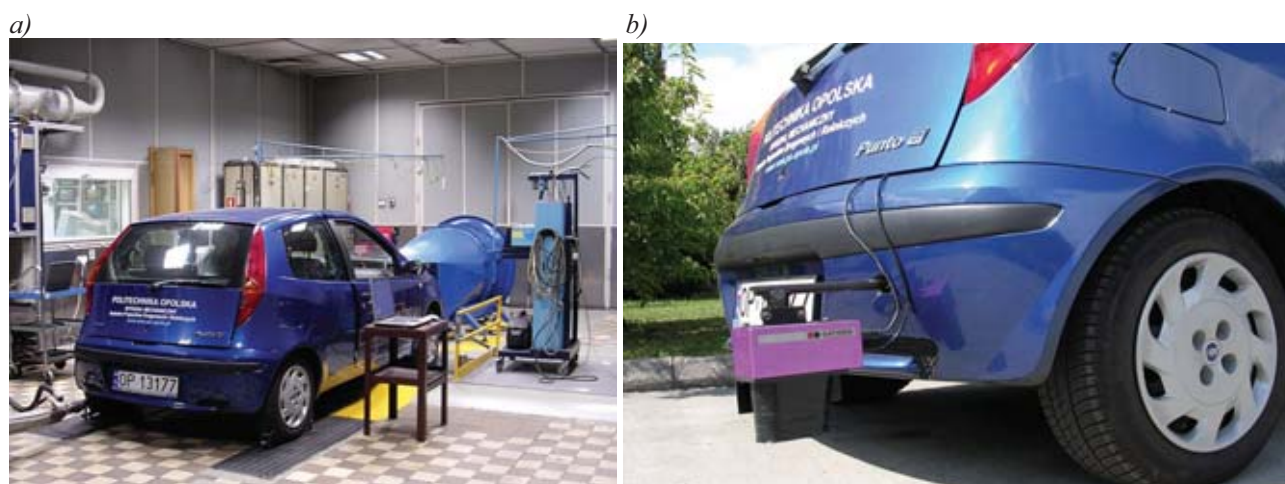
Badania przeprowadzono na samochodzie segmentu B z układem napędowym wyposażonym w bezstopniową przekładnię cięgnową z ciągnem segmentowym oraz silnikiem ZI. Podstawowe cechy pojazdu oraz jego układu napędowego przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Podstawowe parametry samochodu badawczego i jego układu napędowego  
Tab. 1. Parameters of the examined car and its power transmission system

Lp.	Cecha	Wartość
1.	Masa własna samochodu	960 kg
2.	Masa całkowita pojazdu badawczego	1150 kg
2.	Powierzchnia czołowa	2,12 m <sup>2</sup>
3.	Współczynnik kształtu nadwozia	0,32
4.	Typ silnika/ podstawowe cechy	ZI, MPI, 16V
5.	Pojemność skokowa silnika	1,242 dm <sup>3</sup>
6.	Moc maksymalna przy obr/min	59 kW/ 5000 obr/min
7.	Moment maksymalny przy obr/min	114 Nm / 4000 obr/min
8.	Typ i rodzaj przekładni	CVT Fuji Hyper M6
9.	Przełożenie przekładni głównej	4,647
10.	Zakres zmian przełożenia	0,442-2,432

Badania podzielono zasadniczo na dwie fazy. W pierwszej przeprowadzono próby drogowych na prostym odcinku drogi samochodem wyposażonym w głowicę optyczną Datron W drugiej zasadniczej fazie przeprowadzono jazdy testowe w cyklach jezdnych NEDC na stanowisku badawczym OBR Bosmal. W obu przypadkach rejestracja wyników pomiaru przeprowadzono z wykorzystaniem systemu pomiarowego złożonego z interfejsu pomiarowego Daqbook oraz przenośnego komputera pracującego z pakietem pomiarowym DasyLab.





Rys. 2. Obiekt badań eksperymentalnych a) na stanowisku badawczym, b) wyposażonym w głowicę optyczną Datron  
 Fig. 2. Experimental research object: a) at test bench, b) equipped with optical head Datron

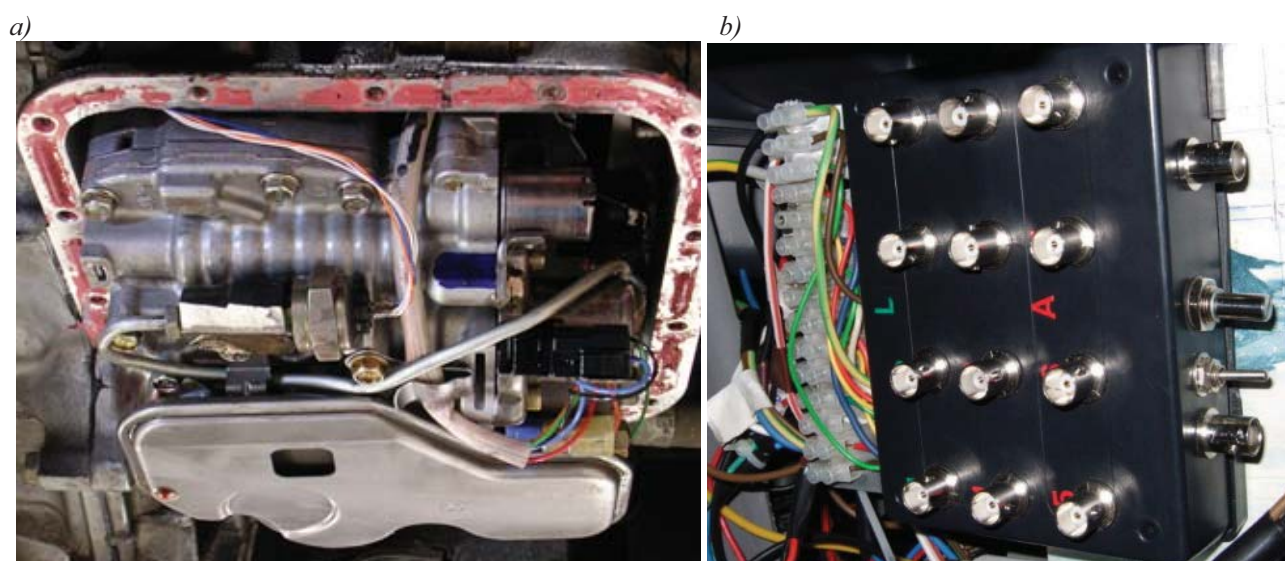
Zużycie paliwa w badaniach stanowiskowych określono metodą bilansu węgla na podstawie następującej zależności (1):

$$FC = \frac{0,1154}{\rho_f} [(0,866HC) + (0,429CO) + (0,273CO_2)], \quad (1)$$

gdzie:

- $FC$  - zużycie paliwa,  $dm^3/100 km$ ,
- $HC$  - emisja węglowodorów,  $g/km$ ,
- $CO$  - emisja tlenku węgla,  $g/km$ ,
- $CO_2$  - emisja dwutlenku węgla,  $g/km$ .

W celu zrealizowania zmiany parametrów pracy przekładni według określonego algorytmu przeprowadzono modyfikację hydraulicznego układu sterującego przekładni polegającą na wbudowaniu dodatkowego czujnika ciśnienia (rys. 3a) oraz zastosowaniu układu umożliwiającego płynną regulację poziomu ciśnienia w obwodach hydraulicznych kół przekładni (rys. 3b).

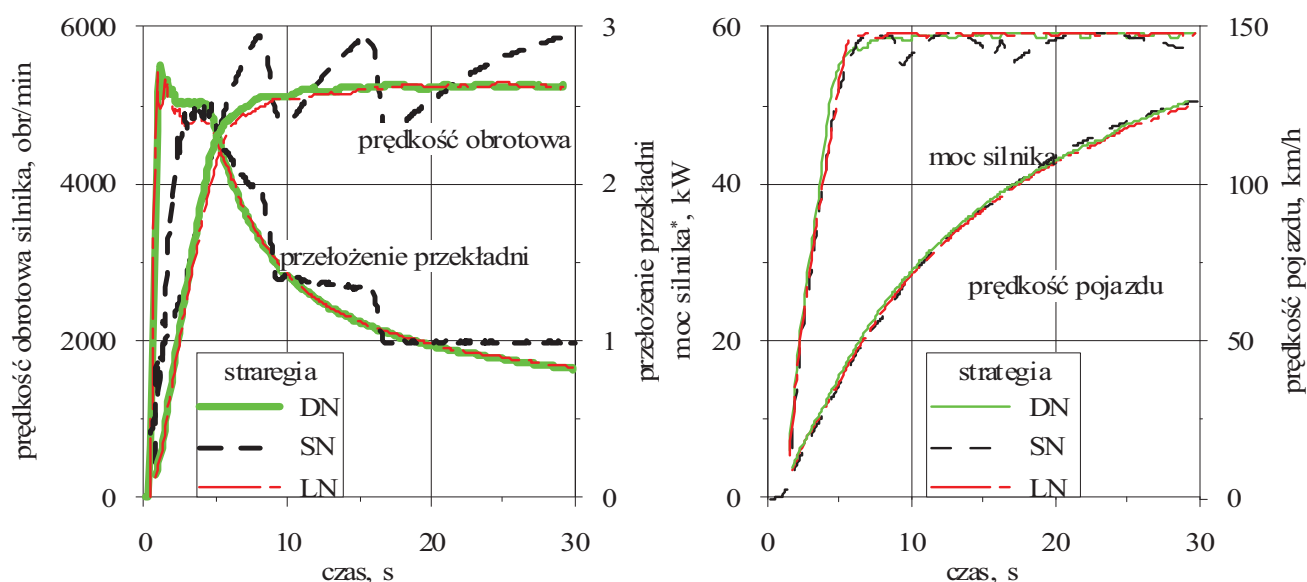


Rys. 3. Modyfikacja układu sterowania: a) czujnik ciśnienia w kole czynnym, b) moduł regulacji ciśnienia naporu  
 Fig. 3. Transmission Control Unit modification: a) the primary hydraulic pressure sensor, b) clamping pressure value control module

W rezultacie przeprowadzona modyfikacja hydraulicznego układu sterującego przekładnią pozwoliła na obserwację ciśnień w obwodach kół przekładni, a równocześnie dzięki możliwości regulowania ciśnienia w obwodzie koła biernego realizację wybranych strategii sterowania. Ciśnienie naporu w obwodzie koła biernego regulowano według algorytmu utrzymania „niskiej” (strategia DE, DN, LN, SN) lub „wysokiej” (strategia DP, DEP, LP, SP) jego wartości. Wybrany scenariusz regulacji ciśnienia wpływa na napięcie cięgna przekładni, a w rezultacie na parametry jej pracy, w następstwie zaś na wskaźniki pracy silnika spalinowego.

## 5. Badania drogowe

Badania drogowe przeprowadzono rejestrując wyniki próby przyspieszania przy pełnym, 100% uchyleniu przepustnicy przy różnych algorytmach sterowania. Jak pokazuje rys. 4 sterowanie wartością przełożenia przekładni istotnie wpływa na przebieg prędkości obrotowej silnika (rys. 4a). Skokowy sposób zmiany przełożenia realizowany dla strategii SN skutkuje piłokształtnym przebiegiem prędkości obrotowej silnika. Strategia DN i LN charakteryzuje się płynną zmianą prędkości obrotowej. Punkty wyznaczające przebieg mocy silnika\* (rys. 4b, 6b) uzyskano na drodze obliczeniowej uwzględniając zewnętrzną charakterystykę silnika (uchylenie przepustnicy 100%, prędkość obrotowa silnika).



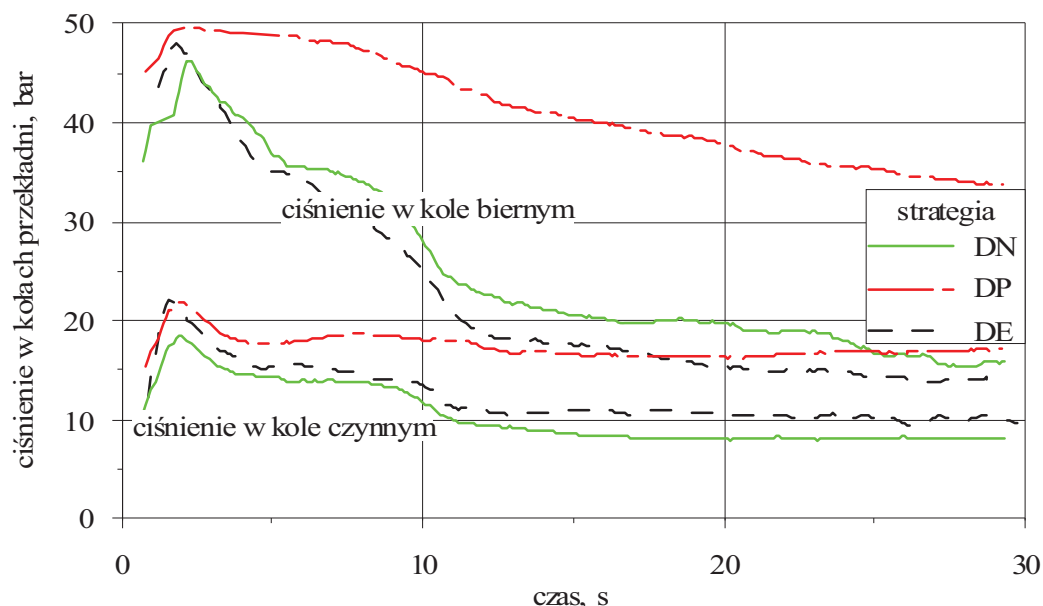
Rys. 4. Wpływ sterowania przełożeniem przekładni przy 100% uchyleniu przepustnicy na: a) prędkość obrotową silnika, b) szacowaną moc silnika i przebieg prędkości pojazdu

Fig. 4. Influence of transmission ratio control on 100% throttle opening at: a) engine rotational speed, b) estimated engine power and vehicle speed course

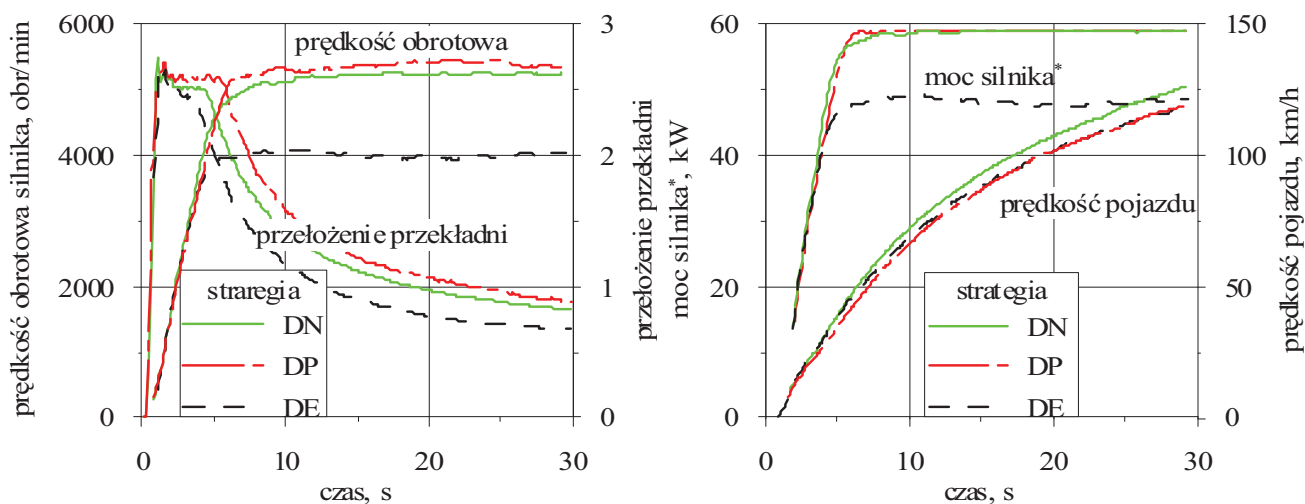
Badania uzupełniono o testy przeprowadzone także podczas sterowania układem napędowym według strategii różniących się poziomem ciśnienia w obwodach kół przekładni (DP, DE, DN). Zarejestrowany podczas próby przyspieszania przebieg ciśnienia w obwodach kół przekładni przedstawia rysunek 5. Jak widać szczególnie algorytm DP zorientowany jest na regulację wysokiego poziomu ciśnienia w obwodach kół przekładni. W przypadku scenariusza DE dodatkowo ograniczono maksymalną wartość prędkości obrotowej koła czynnego przekładni do 4000 obr/min, co odpowiada prędkości obrotowej silnika maksymalnego momentu obrotowego.

Jak pokazuje rysunek 6 realizacja wybranych algorytmów sterowania może znacząco wpłynąć na parametry pracy silnika, a w szczególności jego prędkość obrotową (rys. 6a), a w rezultacie przy ustalonym otwarciu przepustnicy również na moc silnika (rys. 6b).

Analiza przebiegu prędkości samochodu dla strategii DN i DP (rys. 6b) pokazuje, że mimo zbliżonego przebiegu mocy silnika szczególnie w końcowej fazie przyspieszania, sterowanie według algorytmu DP jest mniej korzystne ze względu na spadek dynamiki samochodu spowodowany spadkiem sprawności UPN. Realizacja algorytmu DE jest mimo niższej przebiegającej krzywej mocy korzystniejsza niż w przypadku DP.



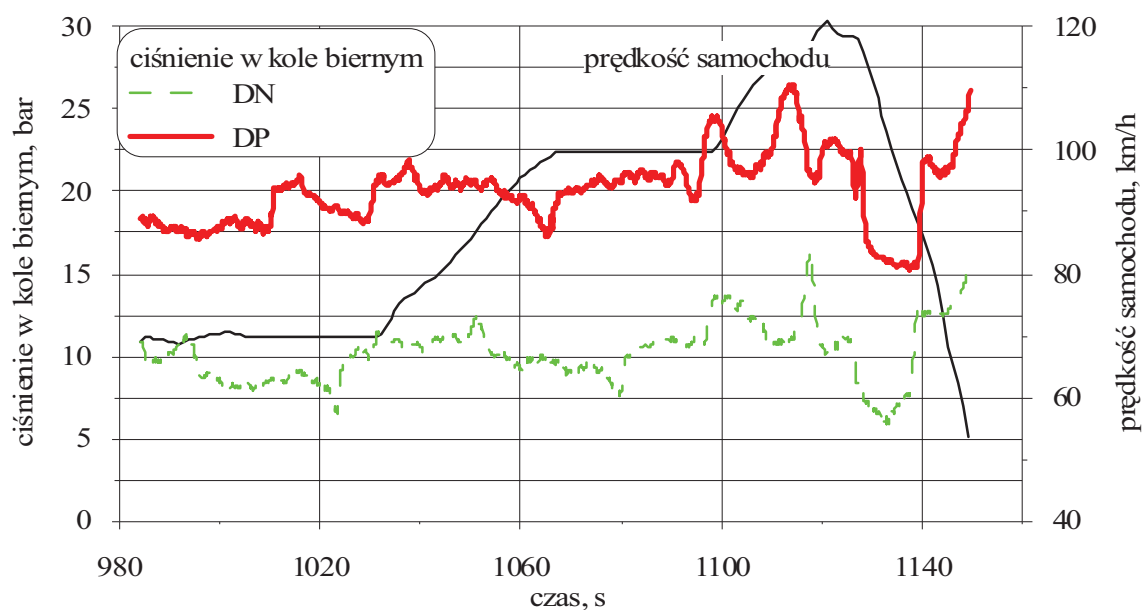
Rys. 5. Przebieg ciśnienia naporu w obwodach hydraulicznych kół przekładni CVT  
 Fig. 5. Clamping pressure course at transmission wheel hydraulic circuit



Rys. 6. Wpływ sterownia przełożeniem przekładni przy 100% uchyleniu przepustnicy na: a) prędkość obrotową silnika, b) szacowaną moc silnika i przebieg prędkości pojazdu  
 Fig.6. Influence of transmission ratio control on 100% throttle opening at: a) engine rotational speed, b) estimated engine power and vehicle speed course

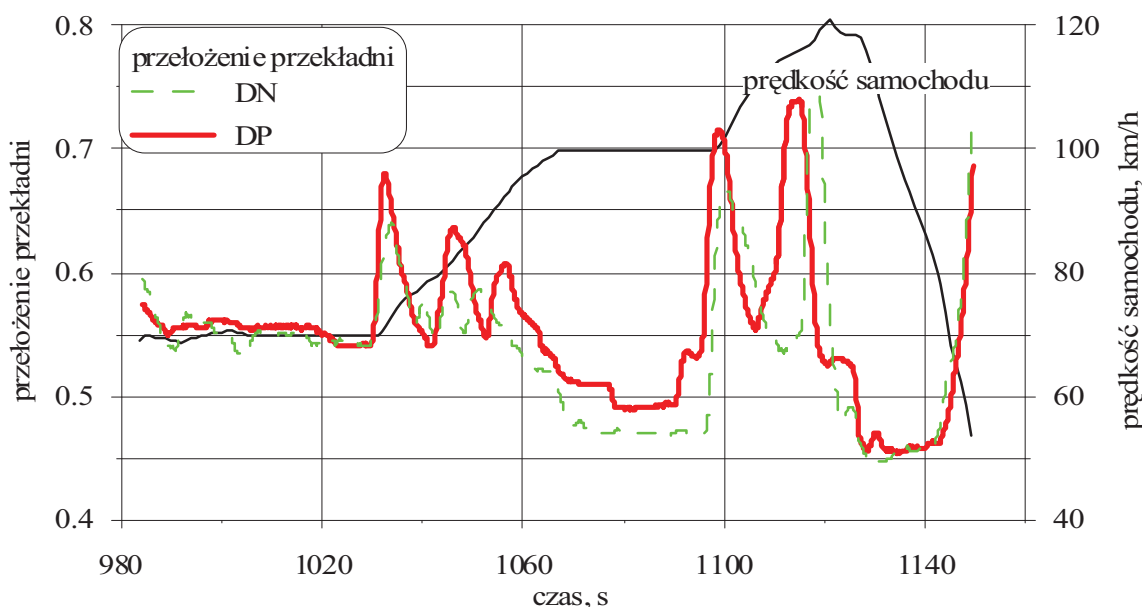
## 6. Badania stanowiskowe

Wyniki badań drogowych uzupełniono rezultatami zarejestrowanymi w cyklach jezdnych na hamowni podwoziowej. W badaniach porównano sterowanie układem napędowym według strategii DN i DP. Przebieg ciśnienia w obwodzie koła biernego dla obu badanych strategii sterowania przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Przebieg ciśnienia naporu w obwodzie hydraulicznym kola biernego przekładni CVT  
 Fig. 7. Clamping pressure course at CVT secondary wheel hydraulic circuit

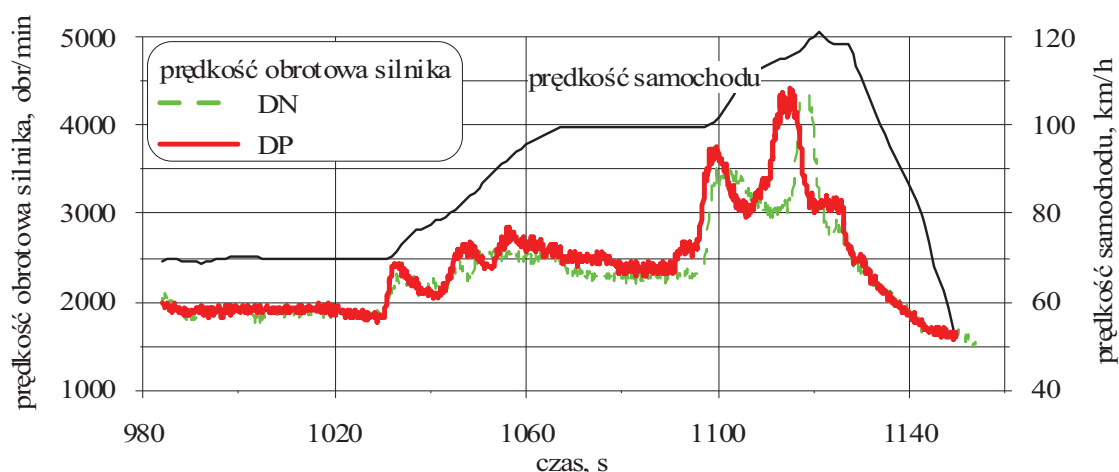
Znacznie wyższa wartość ciśnienia w kole biernym wpływa na parametry pracy przekładni CVT. Mimo realizacji zbliżonego profilu prędkości (cykl EUDC) dla obu przypadków, uzyskano różne przebiegi przełożenia przekładni (rys. 8). Jak pokazuje analiza rysunku 8 sterowanie według algorytmu DN charakteryzuje się pracą przekładni CVT z niższą wartością przełożenia.



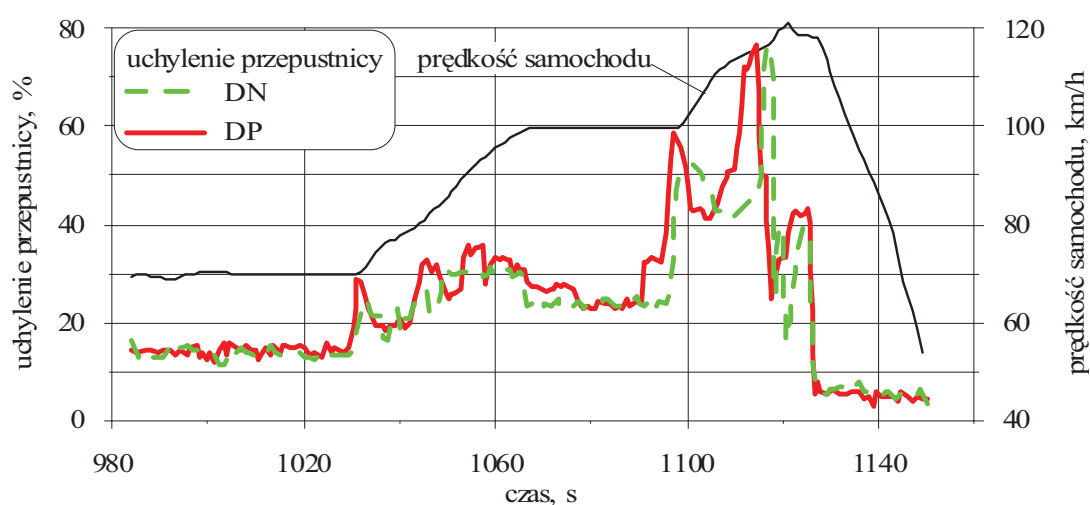
Rys. 8. Przebieg przełożenia przekładni w cyklu EUDC  
 Fig. 8. Transmission ratio history at EUDC cycle

Sterowanie według wybranej strategii wpływa na przebieg parametrów pracy silnika takich jak prędkość obrotowa silnika i uchylenie przepustnicy. W przypadku realizacji algorytmu DP zarówno prędkość obrotowa silnika (rys. 9) jak i uchylenie przepustnicy (rys. 10) charakteryzuje się wyżej położonymi przebiegami niż w przypadku sterowania według strategii DN.



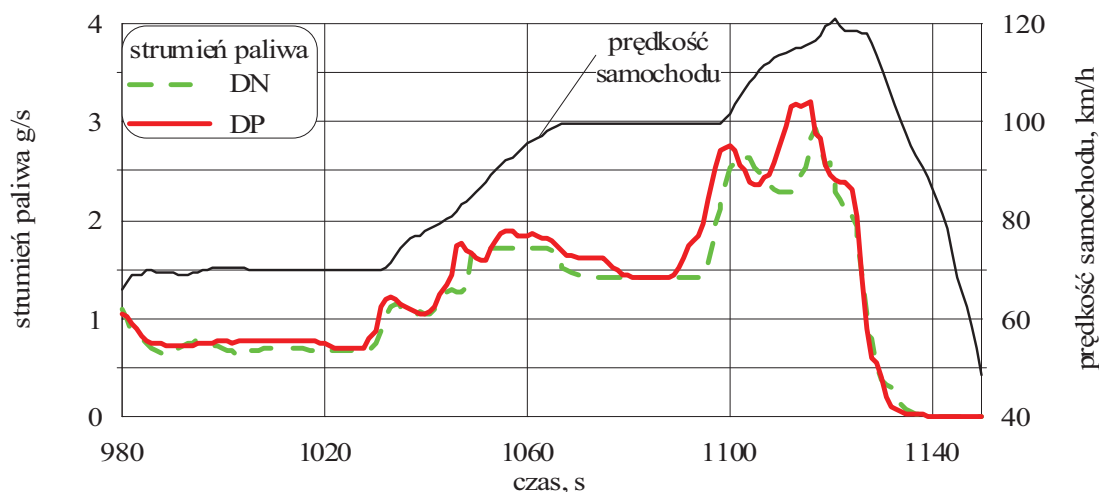


Rys. 9. Prędkość obrotowa silnika w cyklu EUDC  
 Fig. 9. Engine rotational speed at EUDC cycle



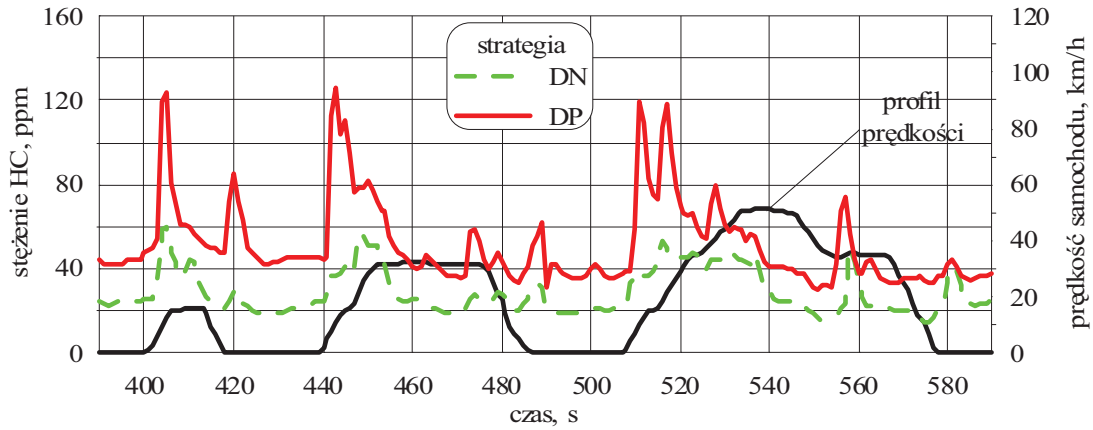
Rys. 10. Prędkość obrotowa silnika w cyklu EUDC  
 Fig. 10. Engine rotational speed at EUDC cycle

Porównanie chwilowego zużycie paliwa dla obu rozważanych strategii pozwala na ocenę pracy silnika pod względem energetycznym. Jak pokazuje przebieg strumienia paliwa również w tym przypadku korzystniejsze jest sterowanie według algorytmu DN (rys. 11).

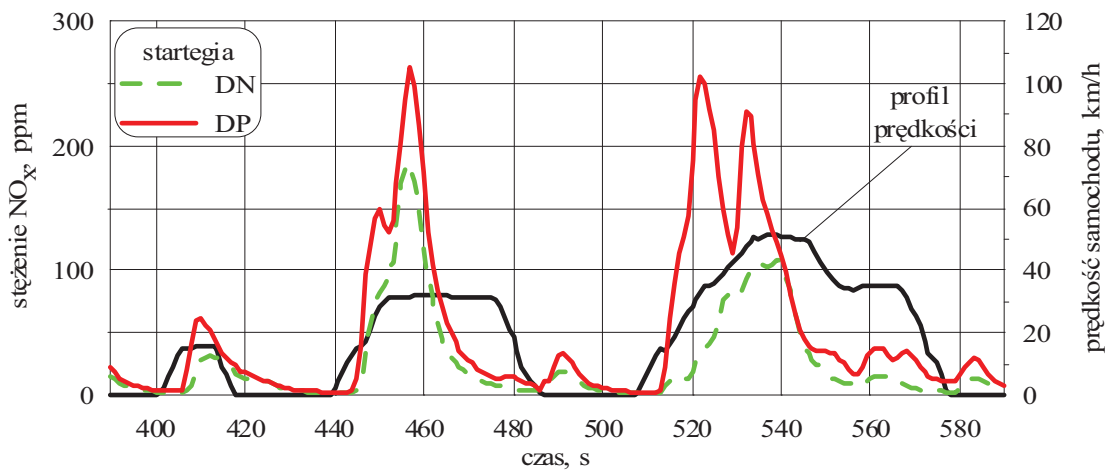


Rys. 11. Chwilowe zużycie paliwa w cyklu EUDC  
 Fig. 11. Fuel consumption at EUDC cycle

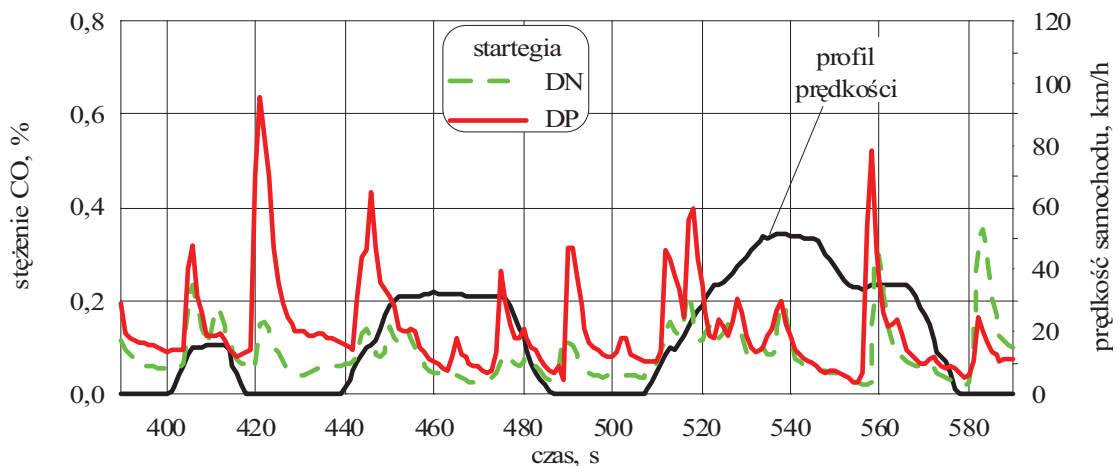
Ocenę wybranych strategii sterowania (DN, DP) przeprowadzono również w aspekcie ekologicznych własności współpracującego z przekładnią CVT silnika, przy czym skoncentrowano się na analizie fragmentu cyklu jezdny UDC. Również w przypadku cyklu UDC podobnie jak dla EUDC rejestrowano zróżnicowane przebiegi parametrów pracy przekładni dla DN i DP.



Rys. 12. Emisja węglowodorów w cyklu UDC  
Fig. 12. HC emission at UDC cycle



Rys. 13. Emisja tlenków azotu w cyklu UDC  
Fig. 13. NO<sub>x</sub> emission at UDC cycle



Rys. 14. Emisja tlenków węgla w cyklu UDC  
Fig. 14. CO emission at UDC cycle

Zarejestrowane przebiegi wskazują na znaczny przyrost stężenia wszystkich substancji szkodliwych w przypadku sterowania zgodnie ze strategią DP. Przedstawione przebiegi emisji substancji szkodliwych (rys. 12-14) umożliwiają jakościową ocenę wpływu wybranego algorytmu sterowania na wskaźniki pracy silnika. Szczególnie emisja węglowodorów wykazuje istotne różnice, prowadząc do jej znacznego zwiększenia w przypadku algorytmu DP (do ok. 100%).

## 7. Podsumowanie

Jak wynika z analizy wyników przeprowadzonych badań zarówno drogowych jak i stanowiskowych sterowanie wybranymi parametrami pracy przekładni CVT wywiera istotny wpływ na wskaźniki pracy współpracującego z przekładnią silnika spalinowego. Wśród parametrów pracy przekładni istotny wpływ na uzyskiwane parametry pracy silnika ZI wywiera sterowanie wartością przełożenia. Sterowanie parametrami pracy przekładni CVT pozwala na pracę silnika według wybranych krzywych, które w zależności od wybranego algorytmu mogą być zorientowane na ograniczenie zużycia paliwa, redukcję emisji substancji szkodliwych, uzyskanie wysokiej dynamiki bądź pewnego kompromisu pomiędzy tymi kryteriami. Zastosowanie przekładni CVT pozwala na uzyskanie takiego kompromisu przy uwzględnieniu zarówno wysokiej dynamiki jak i niskiej emisji i zużycia paliwa. Jednym z podstawowych parametrów wpływających na parametry pracy przekładni jest ciśnienie w obwodach kół przekładni. Jego regulacja wpływa zarówno na zmianę wartości przełożenia, jak i własności energetyczne przekładni. W rezultacie wskaźniki uzyskiwane przez silnik spalinowy zależą w znacznej mierze od algorytmu sterowania przekładnią.

## Literatura

- [1] Behrenroth, J., Gueter, C., *Aspekte zur Systemarchitektur, Triebstrangregelung und Abstimmung – wie haben Kundenerwartung die Entwicklung des CVT für den neuen Mini beeinflusst*, CVT Congress Munich, 7<sup>th</sup>/8<sup>th</sup> October 2002, VDI-Berichte 1709, s. 195-210, 2002.
- [2] Bieniek, A., Jantos, J., Hetmańczyk, I., *Własności ruchowe samochodu osobowego z przekładnią bezstopniową a zużycie paliwa i emisja substancji szkodliwych*, KONMOT-AUTOPROGRES „Eksploatacja i bezpieczeństwo”, s. 19-28, 2002.
- [3] Brace, C. J., Deacon, M., Vaughan, N. D., *The compromise in reducing exhaust emissions and fuel consumption from a Diesel CVT Powertrain over typical usage cycles*, International Congress on CVT, s. 27-35, 1999.
- [4] Hoehn, B.-R., *Auslegungskriterien zukünftiger Kfz-Getriebe*, VDI B579001 – 2F 1997.
- [5] Jantos, J., *Zintegrowane sterowanie samochodowym, spalinowym układem napędowym o przełożeniu zmiennym w sposób ciągły*, Studia i Monografie z. 141, Wydawnictwo Politechniki Opolskiej s. 139, Opole 2003.
- [6] Jantos, J., Mamala, J., Bieniek, A., *Estimation of Friction Degree in the continuously variable transmission*, International Conference Power Transmission '06, s. 377-380, 2006.
- [7] Merkisz, J., *Ekologiczne problemy silników spalinowych*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej Tom 1 i 2, Poznań 1998.
- [8] Renius, K. Th., Sauer, G., *Optimale Ketteneinspannung stufenloser Umschlingungsgetriebe*, 1996 Sonderforschungsbericht 365 Teilprojekt C1, s. 261-287, 1996.
- [9] Siłka, W., Jantos, J., *The integrated system of drive control*, EAEC European Automotive Congress, s. 269-276, Barcelona 1999.
- [10] Takiyama, T., *Engine-CVT consolidated control for variable A/F*, International Congress on

CVT, s. 36-41, 1999.

- [11] Talcheol, K., Hyunsoo, K., *Development of a stepping motor drive CVT ratio control. System and engine-CVT consolidated control*, International Congress on Continuously Variable Transmissions, s. 218-224, 1999.