

GRZELKA Janusz

DOKŁADNOŚĆ WYZNACZENIA CHARAKTERYSTYKI ZEWNĘTRZNEJ SILNIKA POJAZDU W WARUNKACH NIEUSTALONYCH

Streszczenie

Ogromny postęp dzisiejszej motoryzacji, zaawansowanie technologiczne produkowanych pojazdów, przed którymi stawia się duże wymagania, prowadzi do konieczności ciągłego poddawania ich badaniom statycznym, jak i dynamicznym. Jednym z badań przeprowadzanych dla nowo opracowanych konstrukcji silnikowych jest sporządzenie ich charakterystyk zewnętrznych zarówno w warunkach ustalonych, jak i nieustalonych. Ponadto badania diagnostyczne samochodu są badaniami trakcyjnymi, obejmującymi m.in. pomiary nieustalonego ruchu pojazdu podczas jego rozpędzania i oceny jego własności dynamicznych. Przeprowadzenie tych badań przy wykorzystaniu systemu nawigacji satelitarnej GPS (Global Positioning System) pozwala na stworzenie alternatywnej metody badań trakcyjnych, znacznie tańszej od metody tradycyjnej, wymagającej odcinków drogi o idealnie poziomej nawierzchni, czyli budowy i znacznych kosztów utrzymania takich odcinków dróg. W ramach pracy przeprowadzono analizę dokładności wyznaczenia charakterystyki zewnętrznej silnika pojazdu w warunkach nieustalonych z wykorzystaniem optycznego systemu CORRSYS-DATRON i systemu nawigacji satelitarnej GPS, umożliwiającego wyznaczenie zmian wysokości przemieszczania się pojazdu badawczego, a tym samym wyznaczenie oporów wzniesienia - niemożliwych do określenia tradycyjną metodą. Osiągnięto bardzo dobrą powtarzalność wyników, średni błąd wyznaczenia momentu obrotowego jest na poziomie 2,6%, a mocy efektywnej ok. 1,4%. Potwierdza to, że opracowana metoda może być alternatywą do powszechnie stosowanego systemu optycznego.

WSTĘP

Przeprowadzenie pełnych testów diagnostycznych samochodu wymaga m.in. wykonania pomiarów nieustalonego ruchu pojazdu podczas rozpędzania i oceny jego własności dynamicznych. Przebieg badań trakcyjnych pojazdów samochodowych jest określony jednoznacznie szczegółowymi przepisami. Regulamin No. 68 [1] określa warunki, jakie powinien spełniać pojazd samochodowy i środowisko pomiarowe w czasie prowadzenia tych badań. Zgodnie z zawartymi tam wytycznymi nachylenie wzdłużne drogi nie powinno przekraczać 0,5% zaś nachylenie poprzeczne nie powinno przekraczać 3%. Standardowe badania dynamiki procesu rozpędzania wykonywane z wykorzystaniem dostępnych dzisiaj technik pomiarowych, umożliwiają przeprowadzenie pomiarów chwilowej wartości wektora prędkości stycznego do toru ruchu pojazdu, natomiast nie dają możliwości uwzględnienia zmian wysokości profilu pionowego trasy oraz pionowej składowej wektora prędkości. Niedogodność ta zmusza do prowadzenia badań trakcyjnych w terenie płaskim, w którym pionowe składowe wektora prędkości samochodu nie występują lub są pomijalnie małe.

Szereg niedoskonałości tego sposobu rejestracji procesu rozpędzania samochodu i rozwój systemów nawigacji satelitarnej oraz zbudowanie odbiorników satelitarnych o wysokich parametrach technicznych stwarzają możliwości wykorzystania satelitarnych technik telekomunikacyjnych do badania nieustalonego ruchu samochodu, a zwłaszcza procesu rozpędzania samochodu. Technika nawigacji satelitarnej rozwinęła się na tyle, że wymienione wyżej funkcje można zrealizować z wykorzystaniem sygnałów z satelitów, np. systemu GPS-NAVSTAR (*NAVigation Signal Timing And Ranging*)

1. MODEL MATEMATYCZNY PROSTOLINIOWEGO RUCHU POJAZDU SAMOCHODOWEGO

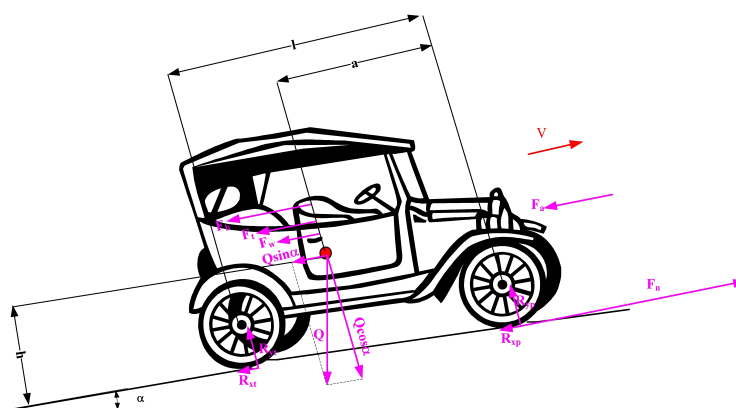
Pojazdy samochodowe i ich główne układy oraz zespoły są złożonymi obiektami diagnostycznymi. Jedną z podstawowych charakterystyk jednostki napędowej pojazdu jest jego charakterystyka zewnętrzna wyznaczana z reguły w warunkach laboratoryjnych. Zagadnieniami pracy silnika spalinowego w warunkach dynamicznych zajmowano się od dawna, jedną ze starszych publikacji jest [8], która dotyczyła oceny, jakości paliw do uzyskiwanych przyspieszeń pojazdu. W latach siedemdziesiątych przeprowadzono szereg prac eksperymentalnych związanych z pracą silnika spalinowego w warunkach nieustalonych [11, 12], których wyniki były mało spójne. W tym samym okresie w Polsce powstało szereg publikacji związanych głównie z modelowaniem pracy silników spalinowych w warunkach nieustalonych oraz wykorzystania metody przyspieszeń w diagnostyce [2, 3, 4]. Aktualne publikacje naukowe podejmujące zagadnienia pracy silnika spalinowego w warunkach nieustalonych dotyczą głównie modelowania procesów roboczych oraz weryfikacji doświadczalnych wyników ich obliczeń. Bardzo rzadko warunki nieustalone wywołane są próbą swobodnego rozpędzania silnika. W pracy [9] podjęto próbę wyznaczenia średniego ciśnienia indykowanego i mocy użytecznej dwusuwowego silnika ZI na podstawie pomiaru zmian prędkości obrotowej wału korbowego silnika. Autorzy tworzyli różnego rodzaju modele zachowania się silnika w stanach nieustalonych: model termodynamiczny [5], model dynamiczny [16], modele oparte na metodach sieci neuronowych [13]. W pracy [17] stwierdzono, że zmiany gwałtowna zmiana obciążenia realizowana w czasie nie dłuższym niż 0,2 s powoduje, iż silnik już pracuje na charakterystyce zewnętrznej. Spośród modeli procesu rozpędzania nie sposób pominąć model przedstawiony w [10]. Na podstawie przeprowadzonej analizy literaturowej stwierdzono, że model ten w pełni ujmuje zjawiska zachodzące w silniku spalinowym zamontowanym w pojeździe, pozwalając tym samym na określenie mocy użytecznej i momentu obrotowego silnika z uwzględnieniem dynamiki elementów ruchomych układu napędowego.

Satelitarne techniki komunikacyjne zastosowane do pomiarów nieustalonych stanów ruchu pojazdu samochodowego w połączeniu z odpowiednim modelem matematycznym ruchu pojazdu umożliwiają pomiar i ocenę charakterystyk zewnętrznych silnika tego pojazdu. Odpowiednie oprogramowanie może w przyszłości zostać wprowadzone m.in. jako uzupełnienie systemów nawigacji satelitarnej montowanej w nowoczesnych samochodach i może stać się wartościowym narzędziem szybkiej diagnostyki silnika pojazdu, alternatywnym do hamowni podwoziowej czy aktualnie stosowanych metod optycznych stosowanych w badaniach trakcyjnych [6].

Pojazd samochodowy (rys. 1) traktuje się, jako obiekt poruszający się ruchem prostoliniowym jednostajnym lub zmiennym po gładkiej nawierzchni drogi o kącie nachylenia α . Przyjęto, iż nie występuje pochylenie boczne drogi. W celu uproszczenia rozważań pominięto wpływ sił bezwładności od drgań pojazdu powstających wskutek nierówności nawierzchni, niewyważenia kół jezdnych oraz sprężystości ogumienia i elementów zawieszenia, a siły oporu bezwładności kół ujęto w określeniu współczynnika mas wirujących e_x . Siła ciężkości Q jest sumą ciężaru pojazdu gotowego do jazdy (kompletnie

wyposażonego) oraz ciężaru użytkownika pojazdu. Składowa pozioma siły ciężkości decyduje o oporach wzniesienia.

Siła napędowa F_n wytwarzana przez mechanizmy napędowe samochodu musi być równa sile oporów ruchu samochodu, będącej sumą oporu wzniesienia F_h , oporu toczenia F_t , oporu aerodynamicznego F_a , oporu bezwładności F_b - będącej sumą sił bezwładności od mas wykonujących ruch postępowy i oporu bezwładności mas wykonujących ruch obrotowy. Wartości reakcji podłoża na koła oznaczono, jako R .



Rys. 1. Siły działające na pojazd poruszający się po wzniesieniu ruchem prostoliniowym

Źródło: [Opracowanie własne]

$$F_n = F_h + F_t + F_a + F_b \quad (1)$$

W przypadku nieustalonego ruchu samochodu po drodze nachylonej pod kątem α równanie chwilowej wartości momentu obrotowego na wale silnika niezbędnego do pokonania oporów ruchu [6] można przedstawić w postaci:

$$M_o = \frac{R_d}{\eta_n i_n} \left(AC_x \rho \frac{w^2}{2} + mg (f \cos \alpha + \sin \alpha) + e_x m \frac{dv}{dt} \right) \quad (2)$$

gdzie: R_d - promień dynamiczny koła samochodu, η_n - sprawność układu przeniesienia napędu, i_n - przełożenie układu napędowego, f - współczynnik oporów toczenia, m - masa całkowita samochodu, g - przyspieszenie ziemskie, C_x - współczynnik oporów aerodynamicznych obliczony z uwzględnieniem kąta napływu powietrza na nadwozie samochodu, A - powierzchnia czołowa samochodu, ρ - gęstość powietrza, e_x - współczynnik mas wirujących na wybranym biegu, w - względna prędkość napływu powietrza na nadwozie obliczona z uwzględnieniem prędkości i kierunku wiatru rzeczywistego, v - prędkość liniowa pojazdu, t - czas.

W równaniu (2) nieznanne wielkości AC_x i f można określić po analizie procesu swobodnego wybiegu, a pozostałe nieznanne wielkości (m , e_x , i_n , η_n) wyznaczane są na podstawie analizy konstrukcyjnej badanego pojazdu. Równanie (2) staje się wtedy równaniem różniczkowym I rzędu, w którym na podstawie zarejestrowanej zmiany prędkości badanego pojazdu można wyznaczyć metodami numerycznymi przebieg zmian momentu obrotowego silnika, a po określeniu prędkości obrotowej silnika i poślizgu względnego s można określić moc efektywną silnika w postaci:

$$N_e = \frac{v(1-s)}{\eta_n} \left(AC_x \rho \frac{w^2}{2} + m g (f \cos \alpha + \sin \alpha) + e_x m \frac{dv}{dt} \right) \quad (3)$$

Błąd wyznaczenia charakterystyki zewnętrznej momentu obrotowego silnika opisanego zależnością (2) określono, jako średniokwadratowy błąd metody. Wyznaczony względny błąd pojedynczego pomiaru (*maximum maximorum*) określenia maksymalnego momentu obrotowego dla badanych pojazdów zawiera się w granicach 6,1...6,5%. Tą samą metodą, biorąc pod uwagę zależność określającą moc efektywną (3), można obliczyć błąd względny wyznaczenia mocy efektywnej. Wyznaczony względny błąd pojedynczej serii (*maximum maximorum*) określenia maksymalnej mocy efektywnej dla badanych pojazdów zawiera się w granicach 7,0...7,7%. Natomiast wyznaczony w wyniku analizy swobodnego wybiegu względny błąd pojedynczej serii (*maximum maximorum*) określenia współczynnika AC_x pojazdów ma wartość rzędu 1,4%, a współczynnika oporów toczenia 1,5%. Wartości błędów metody podano w tabeli 1. Mimo, iż błąd metody pojedynczego pomiaru w czasie analizy procesu rozpędzania ma stosunkowo dużą wartość, to jednak o wartości otrzymanych wyników świadczy ich wysoka zgodność z wartościami zawartymi w danych katalogowych silników, w które wyposażone były badane pojazdy gdzie osiągnięto błąd wyznaczenia momentu obrotowego na poziomie 2,6% a mocy efektywnej ok. 1,4% wyznaczanych na podstawie 400...900 punktów pomiarowych z 6 do 16 serii pomiarowych.

Tab. 1. Wartości maksymalne błędów metody dla pojedynczego pomiaru

Symbol	Nazwa	Błąd metody [%]
M_o	Maksymalny moment obrotowy	6,1...6,5
N_e	Maksymalna moc efektywna	7,0...7,4
AC_x	Iloczyn współczynnika oporów aerodynamicznych i powierzchni czołowej samochodu	1,4
f	Współczynnik oporów toczenia	1,5

2. METODYKA WYZNACZENIA CHARAKTERYSTYKI ZEWNĘTRZNEJ SILNIKA

Badania obejmowały pomiary nieustalonego ruchu samochodu osobowego w czasie swobodnego wybiegu przy odłączonym układzie napędowym oraz rozpędzania samochodu przy pełnym otwarciu przepustnicy na wybranym biegu (którego przełożenie jest najbliższe przełożenia bezpośredniego $i_b = 1$) i ustawieniu nastawnika sterującego pracą silnika w położenie *kick down*. W tych warunkach rozpoczyna się proces rozpędzania samochodu aż do osiągnięcia obrotowej prędkości maksymalnej silnika, a tym samym osiągnięcia przez badany pojazd maksymalnej prędkości na wybranym przełożeniu skrzyni biegów.

3. BADANIA PORÓWNAWCZE Z WYKRZYSTANIEM APRATURY CORRSYS-DATRON I SYSTEMU GSP-NAVSTAR

Badania przeprowadzono z wykorzystaniem systemu optycznego CORRSYS-DATRON składającego się z: modułu sterującego μ EEP11 z oprogramowaniem TurboLab Dynamics [18] oraz dwuosioowego czujnika optycznego Correvit S400 firmy CORRSYS-DATRON [15] mierzący prędkość pojazdu wzdłuż jego osi oraz prędkość poprzeczną z częstotliwością 100Hz (przy ustawionym fabrycznie czasie uśredniania 128 ms). Jako system nawigacji

satelitarnej wykorzystano system wykorzystujący odbiorniki nawigacji satelitarnej kanadyjskiej firmy NovAtel rejestrujący z częstotliwością 20 Hz m.in. współrzędne przemieszczenia się pojazdu badawczego w układzie WGS-84 (x, y, z), składowe prędkości jego przemieszczania (V_x, V_y, V_z), odchylenia standardowe ww. wielkości, czas oraz pozostałe informacje nawigacyjne odbierane z satelity. Opis systemu pomiarowego przedstawiono w [6]. Do testów porównawczych obu systemów wykorzystano jako obiekt badań samochód osobowy z silnikiem benzynowym typu 1.2 8V. Dokonano jednoczesnej rejestracji parametrów ruchu pojazdu zarówno przy ujemnym kącie nachylenia ($\alpha = -0,6^\circ$) profilu trasy jak również w przypadku dodatniego kąta nachylenia ($\alpha = +0,56^\circ$) - dopuszczalny kąt nachylenia wzdłużnego drogi wg. [1] nie powinien być większy niż $0,29^\circ$.

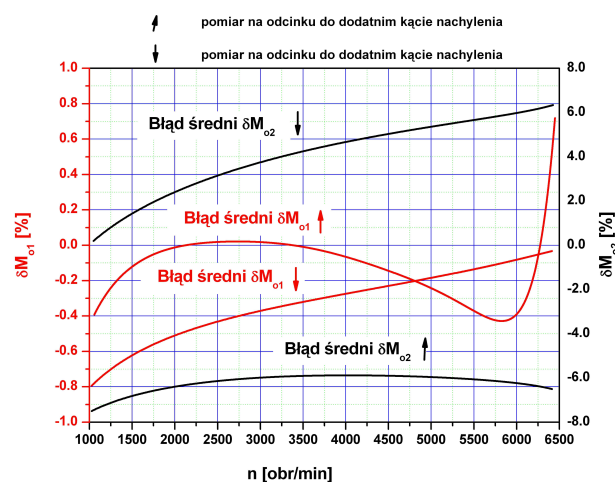
Dokonując oceny przydatności systemu GPS-NAVSTAR do wyznaczenia charakterystyki zewnętrznej silnika pojazdu samochodowego w warunkach nieustalonych, wprowadzono pojęcie błędu względnego (δY_{i1}) pomiaru systemem GPS-NAVSTAR, pracującym w wersji różnicowej (rejestracja z częstotliwością 20 Hz, wyrażenie $Y_{i1}(GPS - NH)$ w równaniu (5), w którym programowo wyłączono analizę zmiany wysokości profilu trasy) w stosunku do pomiarów aparaturą firmy CORRSYS-DATRON z częstotliwością 100 Hz (wyrażenie $Y_{i1}(DAT)$ w równaniu):

$$\delta Y_{i1} = \frac{Y_{i1}(GPS - NH) - Y_{i1}(DAT)}{Y_{i1}(DAT)} \cdot 100\% \quad (4)$$

Ponadto określono wpływ nieuwzględnienia zmian wysokości przez system pomiarowy w przypadku wyznaczania charakterystyki zewnętrznej silnika w warunkach nieustalonych, wprowadzając błąd względny (δY_{i2}) pomiarów aparaturą firmy CORRSYS-DATRON z częstotliwością 100 Hz (wyrażenie $Y_{i2}(DAT)$ w równaniu (5) - nieuwzględniającej profilu odcinka pomiarowego) w stosunku do pomiarów systemem GPS-NAVSTAR pracującym w wersji różnicowej (rejestracja z częstotliwością 20 Hz) - wyrażenie $Y_{i2}(GPS)$ w równaniu (5) - uwzględniającym profil odcinka pomiarowego:

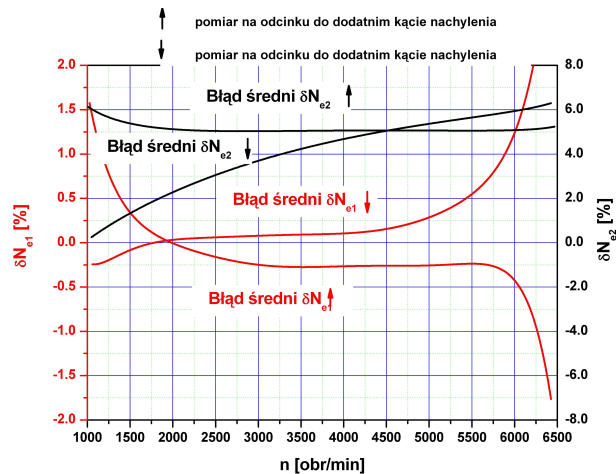
$$\delta Y_{i2} = \frac{Y_{i2}(DAT) - Y_{i2}(GPS)}{Y_{i2}(GPS)} \cdot 100\% \quad (5)$$

Przebieg błędów wyznaczenia charakterystyk zewnętrznych momentu obrotowego i mocy efektywnej na podstawie analizy procesu rozbiegu na pomiarowym przedstawiono na rysunkach 2 i 3.



Rys. 2. Przebieg błędów wyznaczenia momentu obrotowego w przypadku procesu rozpędzania pojazdu z silnikiem 1.2 8V po drodze o ujemnym i dodatnim kącie nachylenia drogi

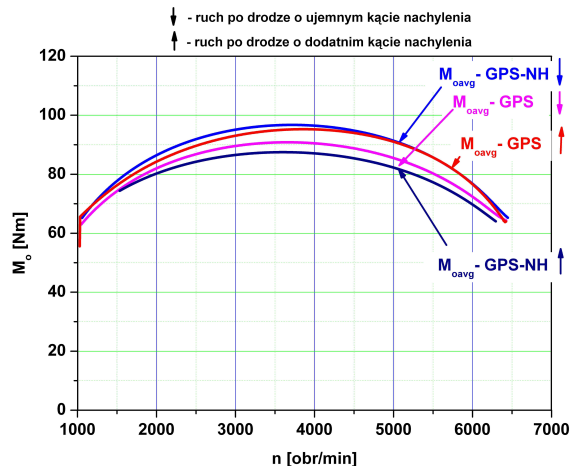
Źródło: [Opracowanie własne]



Rys. 3. Przebieg błędów wyznaczenia mocy efektywnej w przypadku procesu rozpędzania pojazdu z silnikiem 1.2 8V po drodze o ujemnym i dodatnim kącie nachylenia drogi

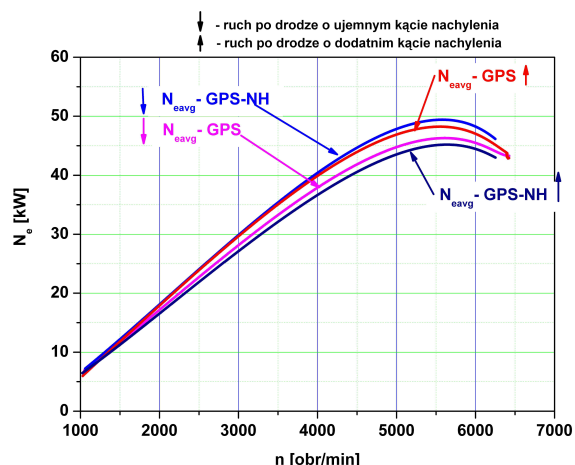
Źródło: [Opracowanie własne]

Rysunki 4 i 5 przedstawiają porównanie otrzymanych charakterystyk zewnętrznej silnika - momentu obrotowego oraz mocy efektywnej w przypadku pomiarów na odcinku o dodatnim i ujemnym kącie nachylenia z wykorzystaniem obu systemów pomiarowych. Nie uwzględnienie profilu trasy powoduje różnice w określeniu maksymalnego momentu obrotowego i mocy efektywnej na poziomie 10% - zniżenie w przypadku badań na drodze do dodatnim kącie nachylenia a w przypadku badań na drodze o ujemnym kącie nachylenia mamy do czynienia ze zjawiskiem odwrotnym.



Rys. 4. Charakterystyka zewnętrzna momentu obrotowego wyznaczona w czasie procesu rozpędzania samochodu (GPS) - pomiar systemem GPS (GPS-NH) – pomiar systemem GPS z programowo wyłączonym pomiarem składowych pionowych przemieszczenia i prędkości

Źródło: [Opracowanie własne]



Rys. 5. Charakterystyka zewnętrzna mocy efektywnej wyznaczona w czasie procesu rozpędzania samochodu (GPS) - pomiar systemem GPS (GPS-NH) – pomiar systemem GPS z programowo wyłączonym pomiarem składowych pionowych przemieszczenia i prędkości

Źródło: [Opracowanie własne]

W tabeli 2 zestawiono wyniki obliczeń statystycznych błędów względnych określonych wg zależności (4 i 5). Analizując otrzymane wyniki można stwierdzić, iż pomiar systemem GPS, w którym programowo wyłączono analizę siły oporów wzniesienia, (której udział w całkowitej sile jest na poziomie ok. 7%) jest pomiarem, w którym osiąga się ten sam poziom błędów, jaki występuje w przypadku pomiarów systemem opartym o aparaturę firmy CORRSYS-DATRON. Wartości błędów względnych wyznaczenia siły całkowitej, momentu obrotowego i mocy efektywnej są na poziomie 0,3...0,7%. Natomiast nieuwzględnienie zmian profilu odcinka pomiarowego prowadzi do istotnych zmian określenia wspomnianych wielkości, względne błędy wyznaczenia wspomnianych wielkości osiągają wtedy wartość 6...7%, co jest już wartością znaczącą.

Tab. 2. Zestawienie błędów określenia danej wielkości fizycznej w czasie badań

Wielkość	Pomiar przy ujemnym kącie nachylenia odcinka pomiarowego (maksymalna zmiana wysokości $\Delta H = -7,75$ m)				Pomiar przy dodatnim kącie nachylenia odcinka pomiarowego (maksymalna zmiana wysokości $\Delta H = 9,6$ m)			
	min. [%]	max. [%]	śred. [%]	σ [%]	min. [%]	min. [%]	śred. [%]	σ [%]
δMo_1	-0,43	0,72	-0,12	0,23	-0,89	0,002	-0,33	0,31
δMo_2	-2,56	7,13	5,08	2,48	-8,38	-3,35	-7,23	1,18
δNe_1	-0,24	3,10	0,58	0,82	-1,06	0,77	0,07	0,30
δNe_2	0,25	7,17	5,67	1,78	-8,84	-5,72	-7,60	1,01
Profil	-0,87	0,04	-0,65	0,23	0,16	1,13	0,87	0,23

Źródło: [Opracowanie własne]

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania trakcyjne różnych pojazdów wyposażonych w odbiorniki systemu GPS-NAVSTAR wykazały, że na podstawie wyników pomiarów uzyskanych z pomocą tych systemów można z dostateczną dokładnością w wyniku analizy przebiegu

rozpędzania pojazdu na średnich biegach (bieg 3 czy 4) określić przebieg charakterystyki zewnętrznej silnika badanego pojazdu.

Potwierdzają one, iż nawigacja satelitarna może znaleźć zastosowanie również w tej dziedzinie badań motoryzacyjnych. Aktualnie dostępne urządzenia tego typu pozwalają na równie dokładny pomiar parametrów ruchu samochodu jak klasyczne metody stosowane z wykorzystaniem technik optycznych pozwalają jednak na znaczne uproszczenie procedury badawczej, mogą pracować w każdych warunkach atmosferycznych, dzięki czemu są znacznie wygodniejsze w użyciu.

Obecnie system GPS-NAVSTAR współpracujący ze stacją referencyjną może być alternatywną dla innych metod badań trakcyjnych pojazdów. Opinię tą potwierdzają wyniki przedstawione na rysunkach 2...5 oraz w tablicy 2. Większą precyzję wyznaczenia parametrów ruchu samochodu będzie można osiągnąć, gdy system wspomaganie wyznaczenia pozycji EGNOS (*European Geostationary Satellite Overlay System*) osiągnie pełną sprawność techniczną oraz gdy zacznie pracować system GALILEO, którego pełną sprawność techniczną przewidywano na lata 2008...2010. Jednak według danych na 2012 rok przesunęła się też teoretyczna data startu całego systemu. Do tej pory mówiło się o 2014 roku. Z najnowszych prognoz wynika jednak, że GALILEO zostanie uruchomione dopiero na przełomie lat 2017/2018 [14].

BIBLIOGRAFIA

1. AGREEMENT, *Agreement concerning the adoption of uniform conditions of approval and reciprocal recognition of approval for motor vehicle equipment and parts*. Done at Geneva on 20 March 1957. Addendum 67: Regulation No. 68. Date of entry into force as an annex to the Agreement: 1 May 1987.
2. Bernhardt M., Dobrzyński S., Loth E., *Silniki samochodowe*. WKiŁ, Warszawa 1988.
3. Bernhardt M., Kruczyński S., *Praca silnika w warunkach nieustalonych*. Technika Motoryzacyjna 1982, nr 4.
4. Cichy M., *Model energetyczny systemu silnik - odbiornik w stanach nieustalonych*. Sympozjum „Modelowanie cyfrowe w technice samochodowej”. Kazimierz Dolny 1989.
5. Giakoumis E., Rakopolus C., *Parametric study of transient turbocharger diesel engine operation from the second-law perspective*. Paper No. 2004-01-1679. SAE 2004.
6. Grzelka J., *Pomiar charakterystyki zewnętrznej silnika i oporów ruchu pojazdu w warunkach nieustalonych*. Monografia ISBN 978-83-7193-559-6, ISSN 0860-5017. Częstochowa 2012.
7. He Y., Rutland C., *Neutral cylinder model and its transient results*. Paper No. 2003-02-3232. SAE 2003
8. Jante A., *Spezifische Schnellaufzahlen*. ATZ 24, 1933
9. Kee R., Blair G., *Acceleration test method for a high performance two-stroke Racine engine*. Paper No. 942478, 1994.
10. Kiernicki Z., *Optymalizacja modelu procesu rozpędzania turbodoładowanego silnika wysokoprężnego 4CT90*. Eksploatacja silników spalinowych. Zeszyt Nr 9. Doładowanie silników. Szczecin 2003.
11. Kostin A.K., Ermiekbajew K.B., *Ekspluatacionnyje rieżymy transportowych dizielej*. Nauka, Alma-Ata 1988. (79)
12. Krutow W.I., *Awtomaticzeskoje riegulirowanje dwigatielej wnutriennogo sgoranija*. Maszynostrojenije, 1968.
13. Longwic R., *Modeling the Combustion Process in the Diesel Engine with the use of Neutral Networks*. Paper No. 2008-01-2446. SAE 2008
14. Pielaszek K., *Galileo wciąż uziemiony*, <http://www.computerworld.pl/news/362851/Galileo.wciaz.uziemiony.html>, IV, 2012.

15. S400 μ EEP-11Mobile, *Dokumentacja techniczna S400 μ EEP-11 Mobile Data Acquisition System with TurboLab Dynamics Data Acquisition Software*. CORRSYS-DATRON Sensorsysteme GmbH, Germany μ EEP-11_m-837- e-rev001 10/08.
16. StatSoft, Inc., *STATISTICA (data analysis software system), version 10*.
www.statsoft.com, 2011.
17. Whietehouse N., Way R., *Proceedings of the institute of mechanical engineers*. 184, 17, 1969-1970.
18. μ EEP-11Mobile, *Dokumentacja techniczna μ EEP-11Mobile Data Acquisition System with TurboLab Dynamics Data Acquisition Software*. 2008 CORRSYS-DATRON Sensorsysteme GmbH, Germany μ EEP-11_m-837-e-rev001 10/08

ACCURATE DETERMINATION OF THE EXTERNAL CHARACTERISTICS OF AN ENGINE IN TRANSIENT CONDITIONS

Abstract

Today's demand for advanced technologies in motor vehicles has made continuous static and dynamic research into these vehicles a necessity. One of the studies carried out for any newly developed motor design is the determination of their external characteristics in both steady and transient conditions. Additionally, full diagnostic tests include - among others - the measurement of the transient movement of a vehicle during its acceleration and the estimation of its dynamic properties. This research, carried out using a satellite navigation system GPS (Global Positioning System), allows an alternative method of traction research to be created. This method is considerably cheaper than traditional methods which need sections of road with a perfectly level surface, which obviously involves substantial costs in terms of road making and the maintenance of such roads.

In the paper, an analysis of the accurate determination of the external characteristics of an engine in transient conditions using an optical CORRSYS-DATRON and a satellite navigation GPS system is presented. The GPS allows changes in the dislocation height of the tested vehicle to be determined, and so determining the grade resistance – which is impossible using traditional methods. Good repeatability of results was achieved with an average determination error of 2,6% for the torque, and 1,4% for effective power. This confirms that the proposed method could be an alternative to the commonly used optical system.

Autor:

dr inż. Janusz **Grzelka** – Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, Instytut Maszyn Ciepłych, Zakład Maszyn Tłokowych i Techniki Sterowania. 42-200 Częstochowa, Al. Armii Krajowej 21.

E-mail: grzelka@imc.pcz.czest.pl, tel. +48 34 32 50 503