

Piotr Molik¹⁾, Jerzy Merkisz²⁾, Piotr Lijewski³⁾

MOŻLIWOŚĆ ODWZOROWANIA RZECZYWISTYCH WARUNKÓW PRACY SILNIKA NA SILNIKOWYM STANOWISKU HAMOWNIANYM

Streszczenie. W artykule opisano ogólną zasadę działania silnikowego stanowiska hamownianego wyposażonego w hamulec dynamiczny oraz obecnie obowiązujące trendy badań na stacjonarnych stanowiskach hamownianych. Przedstawiono również możliwości odzwierciedlenia czynników występujących podczas rzeczywistego przejazdu w ruchu drogowym. Podjęto także analizę problemu związanego z stopniem odzwierciedlania badań drogowych na silnikowym stanowisku hamownianym wyposażonym w hamulec dynamiczny.

Słowa kluczowe: hamulec dynamiczny, symulacja rzeczywistych warunków ruchu.

WSTĘP

Producenci silników spalinowych są zmuszeni do budowania jednostek charakteryzujących się jak najlepszymi wskaźnikami ekologicznymi oraz wysokimi parametrami użytkowymi. Konieczne jest, więc rozwijanie i udoskonalanie technik pomiarowych, które pozwolą uzyskiwać niezbędne informacje do prowadzenia prac rozwojowych i koncepcyjnych w sposób szybki, tani i powtarzalny [7].

W ostatnich latach coraz popularniejsze stają się badania silników spalinowych w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Najnowsze wyniki badań prowadzonych w warunkach rzeczywistych wykazują, że niektóre składniki emisji spalin są wyższe w porównaniu z testami przeprowadzonymi na stacjonarnych stanowiskach hamownianych. W związku z tym jest zauważalna tendencja pomiarów emisji w warunkach odzwierciedlających rzeczywistą eksploatację pojazdów [5]. Tego typu badania dają informację na temat rzeczywistej emisji z pojazdu w ruchu drogowym, jednak cechą charakterystyczną badań wykonywanych w warunkach drogowych jest ich niepowtarzalność. Innym problemem jest konieczność zastosowania dużej liczby analizatorów i osprzętu do badań. W związku z tym pojawia się konieczność odtworzenia parametrów pracy silnika w rzeczywistej eksploatacji na silnikowym stanowisku hamownianym. Możliwości takie daje stanowisko wyposażone w hamulec dynamiczny, na którym można odtwarzać parametry pracy silnika oraz odwzorować różne trasy przejazdu, wyrażone przez zmienne parametry pracy silnika.

¹⁾ Politechnika Poznańska, e-mail: piotr.c.molik@doctorate.put.poznan.pl

²⁾ Politechnika Poznańska, e-mail: jerzy.merkisz@put.poznan.pl

³⁾ Politechnika Poznańska, e-mail: piotr.lijewski@put.poznan.pl

STANOWISKO DO BADAŃ SILNIKÓW SPALINOWYCH WYPOSAŻONE W HAMULEC DYNAMICZNY

Najnowsze stanowiska do badań silników są wyposażone w hamulec dynamiczny. Stanowiska takie pozwalają na odwzorowanie parametrów rzeczywistej eksploatacji silnika w pojeździe oraz tworzenie różnego rodzaju programów i testów badawczych. W trakcie realizacji badań rejestrowana jest duża ilość parametrów związanych z pracą jednostki. Wszystkie pomiary są ze sobą ściśle skorelowane oraz realizowane z bardzo dużą dokładnością i częstotliwością. Stanowisko może być rozbudowywane o dodatkowe czujniki, regulatory, a także przyrządy pomiarowe np. analizatory spalin. Dodatkowe urządzenia dołączane są programowo przez operatora, co zapewnia konfigurację stanowiska zgodnie z indywidualnymi wymaganiami.



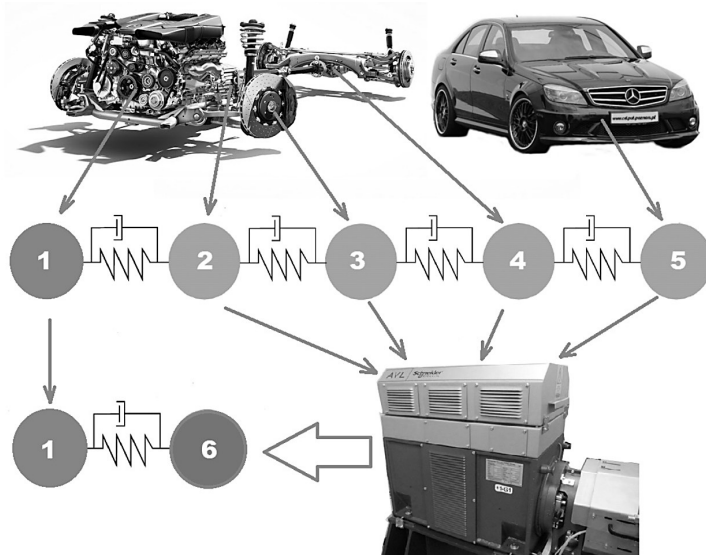
Rys. 1. Widok stanowiska do badań silników spalinowych wyposażonego w hamulec dynamiczny

Hamulec dynamiczny jest kluczowym elementem całego stanowiska. Wykorzystuje on trójfazową, asynchroniczną maszynę elektryczną o konstrukcji klatkowej. Maszyna zapewnia dużą dokładność pomiarów i umożliwia odzwierciedlenie dokładnie takich parametrów pracy jednostki spalinowej, jakie zostały zaimplementowane przez operatora. Praca mechaniczna generowana przez jednostkę spalinową zamieniana jest w hamulcu na energię elektryczną, która po synchronizacji trafia do sieci zewnętrznej.

Zainstalowane na stanowisku oprogramowanie pozwala tworzyć różnego rodzaju testy i symulacje pracy silnika spalinowego, odzwierciedlać warunki eksploatacji w rzeczywistym pojeździe oraz zapisywać i obrabiać otrzymane wyniki pomiarów. Rozbudowane programy dają możliwość wprowadzania danych dotyczących

wszystkich elementów układu napędowego, a także wpływu kształtów, wymiarów i mas pojazdu na pracę jednostki napędowej. Program daje możliwość kreowania testów homologacyjnych silnikowych np. ESC (*European Stationary Cycle* europejski test stacjonarny dla silników o zapłonie samoczynnym), oraz podwoziowych używanych na hamowni podwoziowej np. NEDC (*New European Driving Cycle* – nowy europejski cykl jezdny) dając również możliwość tworzenia własnych testów. Istnieje możliwość stworzenia dowolnego testu na podstawie danych zebranych podczas rzeczywistego przejazdu. Test taki może uwzględniać dużą liczbę parametrów odzwierciedlających oddziaływanie kierowcy i pojazdu na parametry przejazdu samochodu oraz jego silnika.

Idea działania silnikowego stanowiska hamownianego z hamulcem dynamicznym została przedstawiona na rysunku 2. W rzeczywistym pojeździe na silnik spalinowy oprócz warunków pracy zadanych przez kierowcę, wpływają następujące czynniki: sprawności i charakterystyki działania skrzyni biegów, sprzęgła, wału napędowego, układu przeniesienia napędu oraz masy i kształt pojazdu, średnica kół itd.



Rys. 2. Schemat przedstawiający zasadę działania hamulca dynamicznego: 1) silnik; 2) skrzynia biegów; 3) koła; 4) dyferencjał; 5) nadwozie; 6) hamulec dynamiczny [3]

Silnikowe stanowisko hamowniane z hamulcem dynamicznym ma na celu odzwierciedlenie tych wszystkich parametrów z jak największą dokładnością. W procesie modelowania uwzględnia się także bezwładności mas poszczególnych elementów. Dowolne modelowanie i optymalizowanie upraszcza badania nie tylko samych jednostek spalinowych, ale także elementów układu napędowego. Dodatkową korzyścią płynącą ze stosowania rozpatrywanego rozwiązania jest obniżenie kosztów, skrócenie czasu realizowanych badań oraz ich powtarzalności.

MOŻLIWOŚCI SYMULOWANIA BADAŃ DROGOWYCH NA STANOWISKU HAMOWNIANYM

Prawidłowe odwzorowanie warunków pracy silnika występujących w rzeczywistym pojeździe wymaga podania maksymalnej ilości parametrów technicznych opisujących silnik, współpracujące podzespoły oraz opisanie charakterystyki przejazdu uzależnionej od preferencji kierowcy.

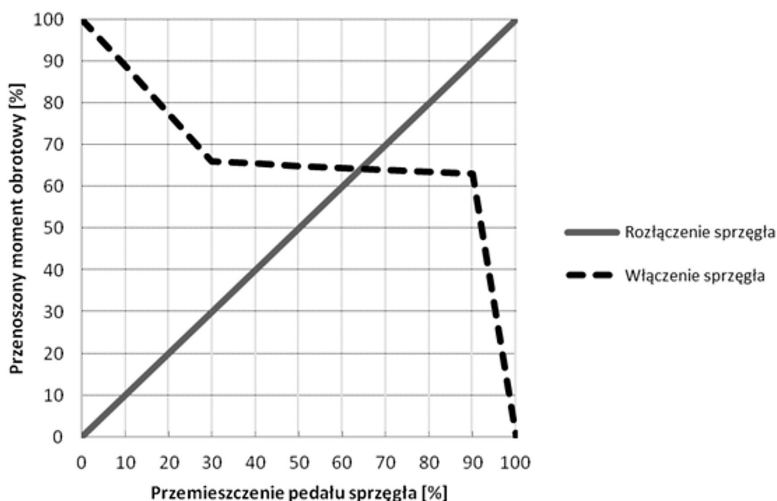
Parametry, które symulują rzeczywisty przejazd pojazdu można podzielić na:

1. Parametry charakteryzujące z grupy:
 - opis podstawowych parametrów pojazdu: waga przeniesienie napędu, ilość oraz średnicę kół, przełożenia dyferencjału itd.;
 - limity wytrzymałościowe podzespołów: maksymalna prędkość obrotowa dyferencjału, maksymalna prędkość obrotowa wału, maksymalny moment przenoszony przez wał, itd.;
 - straty aerodynamiczne oraz opory toczenia.
2. Parametry opisujące zachowanie kierowcy
 - symulacja skrzyni biegów – uzależnienie progów zmiany biegów od charakteru przejazdu oraz sposobu jazdy kierowcy,
 - symulacja działania pedału sprzęgła oraz pedału przyspieszenia – zdefiniowanie charakterystyk.

Symulacja skrzyni biegów na stanowisku hamownianym odbywa się poprzez modelowanie mapy prędkości obrotowej silnika oraz otwarcia przepustnicy, mapa ta może być dowolnie definiowana poprzez nadawanie progów przejść dla dowolnego biegu. Umożliwia to zdefiniowanie procentowego otwarcia przepustnicy dla każdej zmiany lub redukcji biegu w skrzyni biegów podczas pracy. Kolejną możliwością modelowania skrzyni biegów jest uzależnienie progów przejść z biegu niższego na wyższy i odwrotnie, od prędkości obrotowej silnika oraz prędkości pojazdu. Dzięki temu możliwe jest swobodne symulowanie pojazdu, profilowania pracy skrzyni biegów oraz charakterystyki przejazdu od ekonomicznego do ekstremalnego. Dowolność taka umożliwia szeroki zakres odwzorowania przejazdów oraz przenoszenie testów drogowych do symulacji na hamownianym stanowisku stacjonarnym.

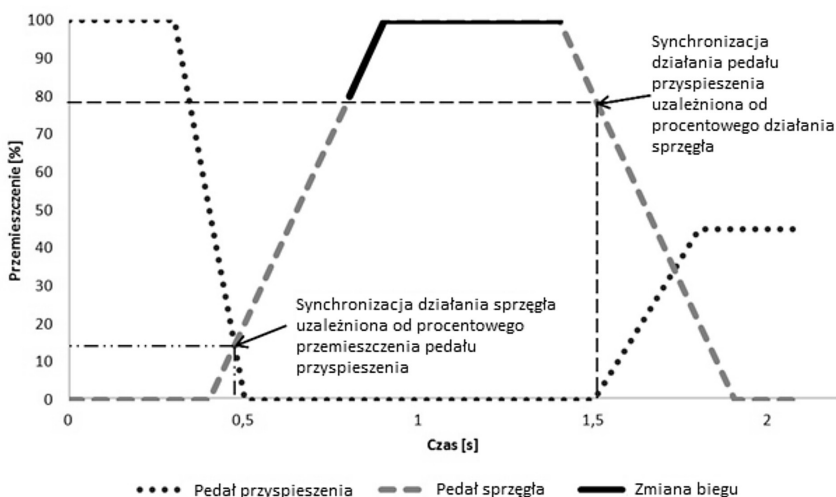
Zmiana biegów przy ręcznej skrzyni biegów jest ściśle skorelowana z pracą pedału sprzęgła oraz położeniem pedału przyspieszenia, która ma różny przebieg podczas zmiany biegu na wyższy oraz przy redukcji biegu. Oprogramowanie pozwala na stworzenie poszczególnych charakterystyk przemieszczenia pedału przyspieszenia oraz pedału sprzęgła podczas różnych trybów pracy. Charakterystyki uzależniają przemieszczenie pedału przyspieszenia bądź pedału sprzęgła w odniesieniu do przenoszonego momentu obrotowego (rys. 3).

Przedstawione charakterystyki przemieszczenia pedału przyspieszenia oraz pedału sprzęgła można skorelować między sobą podczas różnych czynności, jakie



Rys. 3. Modelowanie charakterystyki przemieszczenia pedału sprzęgła

zachodzą podczas jazdy pojazdem, inna jest współpraca tych dwóch elementów podczas zmiany biegu na wyższy, a inna podczas redukowania biegu bądź ruszania. Program umożliwia wyznaczanie każdego z punktów współpracy tych elementów oraz zmiany biegów w odpowiednich fazach równie definiowanych rysunek 4.



Rys. 4. Charakterystyka skorelowanego przemieszczenia pedału sprzęgła z przemieszczeniem pedału przyspieszenia podczas zmiany biegu

Uzależnienie oraz dowolne modelowanie charakterystyk przedstawionych na powyższych wykresach ułatwia odwzorowanie preferencji prowadzącego pojazdem.

Odpowiednie ustawienia oraz uzależnienia między sobą działania pedału: sprzęgła, przyspieszenia oraz skrzyni biegów umożliwia kreowanie oraz odzwierciedlenie różnego typu preferencji kierowców. Symulator pozwala na synchronizację działania sprzęgła uzależnioną od procentowego przemieszczenia pedału przyspieszenia. Zmiana biegu jest definiowana na podstawie procentowego przemieszczenia pedału sprzęgła oraz czasu.

WNIOSKI

Badanie silnika na stacjonarnym stanowisku hamownianym stwarza szeroki zakres możliwości wykonania badań oraz testów, w przypadku wyposażenia w hamulec dynamiczny zwiększa się uniwersalność takiego stanowiska badawczego oraz symulowania parametrów podzespołów współpracujących z silnikiem. Bardzo ważnym aspektem jest możliwość odwzorowania parametrów rzeczywistych przejazdu. Ma to szczególne znaczenie obecnie, gdy badania silników w rzeczywistych warunkach eksploatacji zyskują coraz większe znaczenie. Z przeprowadzonej analizy wynika, że stanowisko takie stwarza duże możliwości swobodnego kształtowania parametrów charakteryzujących rzeczywiste warunki eksploatacji. Pojawia się jednak pytanie, czy stanowisko takie może w pełni odzwierciedlić wszystkie czynniki występujące podczas rzeczywistego przejazdu w ruchu drogowym. Przykładem jest powtarzalność zachowania kierowcy, które bardzo często jest niepowtarzalne zależne od wielu czynników: natężenie ruchu, warunków pogodowych, czy indywidualnej chwilowej dyspozycji kierowcy. Problem ten jest istotny dla wykonywanych badań, może mieć duży wpływ na uzyskanie wyników, dlatego będzie przedmiotem dalszych badań i analiz.

LITERATURA

1. Gao Y., Checkel M.D.: Emission Factors Analysis for Multiple Vehicles Using an On-Board, In-Use Emissions Measurement System. SAE Technical Paper Series 2007-01-1327.
2. Gao Y., Checkel M.D., Experimental Measurement of On-Road CO₂ Emission and Fuel Consumption Functions, presented at SAE Congress, 2007-01-1610, 2007.
3. Materiały informacyjne i szkoleniowe firmy AVL dotyczące obsługi i wyposażenia stanowiska do badań silników spalinowych wyposażonego w hamulec dynamiczny.
4. Merkiś J., Pielecha I.: Alternatywne napędy pojazdów. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2006.
5. Merkiś J., Pielecha J.: Emisja zanieczyszczeń motoryzacyjnych. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2012.
6. Merkiś J., Pielecha J., Gis W., On-Board Emissions Measurement from Light Duty Diesel Engine. 12th European Automotive Congress, Bratislava, 29 June 1 July 2009.

7. Serdecki W. red.: Badania silników spalinowych: laboratorium, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2001.
8. Shahinian V.D.: SENSOR tech-ct Update Application Soft-ware for SEMTECH Mobile Emission Analyzers. Sensors 4th Annual SUN (SEMTECH User Network) Conference, 22.10.2007.
9. Vojtisek M., Allsop J. E., Lanni T. R., On-Water, Real-World Exhaust Emissions from Staten Island Ferry Boats. Proceedings of the 13th CRC On-road Vehicle Emissions workshop, San Diego, California, USA 2003.

THE POSSIBILITY OF REFLECT THE ON-ROAD TEST ON ENGINE DYNAMIC DYNAMOMETER

Abstract

The article describes the general architecture of engine dynamic dynamometer and the current research trends in engines dynamometer. It also presents possibility to reflect factors in actual travel on the road. Efforts have also been addressing the problem associated with the degree of reflectivity of road tests on a test bed for engine equipped with a dynamic brake.

Key words: dynamic dynamometer, simulation real road conditions.