

# Analiza możliwości symulacji jazdy pojazdem samochodowym na silnikowym stanowisku hamulcowym

Michał Dobrzyński<sup>1a</sup> Piotr Lijewski<sup>1b</sup> Andrzej Ziółkowski<sup>1c</sup>  
and Paweł Daszkiewicz<sup>2a</sup>

<sup>1</sup> Politechnika Poznańska

<sup>a)</sup>Autor korespondencyjny: [michal.dobrzysnki@put.poznan.pl](mailto:michal.dobrzysnki@put.poznan.pl)

<sup>b)</sup>[piotr.lijewski@put.poznan.pl](mailto:piotr.lijewski@put.poznan.pl)

<sup>c)</sup>[andrzej.j.ziolkowski@put.poznan.pl](mailto:andrzej.j.ziolkowski@put.poznan.pl)

<sup>2</sup> Instytut Pojazdów Szymowych „Tabor”

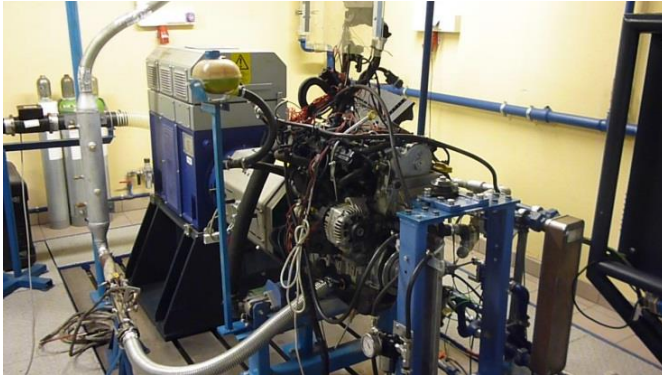
<sup>a)</sup>[p.daszkiewicz@tabor.com.pl](mailto:p.daszkiewicz@tabor.com.pl)

**Streszczenie.** Obowiązuje procedury homologacyjne w zakresie emisji spalin – norma Euro 6 – dla pojazdów osobowych zaliczanych do grup M1-2 i N1-2 zakładają przeprowadzenie pomiarów według procedur WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures). Zakładają one globalną harmonizację cykli badawczych stosowanych do badań pojazdów samochodowych wykonywanych na specjalnych rolkowych hamowniach podwoziowych. Główną ideą wykonywania tego testu na hamowni podwoziowej jest zapewnienie powtarzalnych warunków pomiaru. Powszechnie wiadomo, że najtrudniej uzyskać powtarzalność zachowań kierującego pojazdem podczas wykonywania badań. Obecnie prowadzone są zaawansowane prace naukowo-badawcze mające na celu adaptację silnikowych stanowisk hamulcowych do przeprowadzania procedur WLTP. Tę adaptację przeprowadza się przez zmianę budowy zespołu napędowego hamulca (zastąpienie hamulca elektrowirowego asynchronicznym silnikiem prądu zmiennego o małej bezwładności) oraz zastosowaniem specjalnego oprogramowania umożliwiającego symulację parametrów pracy pojazdu samochodowego. Przykładem takiego rozwiązania jest stanowisko AVL DynoRoad 120 przeznaczone jest do badań tłokowych silników spalinowych w stanach ustalonych, nieustalonych i dynamicznych. Stanowisko to składa się z hamulca będącego trójfazową maszyną elektryczną o konstrukcji klatkowej, wału sprzęgającego silnik z hamulcem oraz z układu kondycjonowania i zasilania paliwem (rys. 1). Całe stanowisko znajduje się na płycie zamortyzowanej poduszkami pneumatycznymi w celu kompensacji wszelkiego rodzaju drgań pojawiających się podczas prowadzonych pomiarów. Obsługa stanowiska odbywa się przy wykorzystaniu systemu PUMA Open. Jest to system, który umożliwia zautomatyzowaną obsługę stanowiska. Odbywa się to przez realizację zaimplementowanych testów badawczych wraz z monitorowaniem wszystkich parametrów pracy stanowiska i badanego silnika. Stanowisko wyposażone jest w oprogramowanie ISAC 400 przeznaczone do symulowania profilu ruchu pojazdu, warunków ruchu, budowy pojazdu oraz zachowań kierującego. Oprogramowanie to współpracuje z systemami EMCON (Engine Monitoring and Control) i PUMA Open. Dzięki ISAC 400 możliwe było wykonywanie badań realizowanych do tej pory jedynie na hamowniach podwoziowych, gdzie badany był cały pojazd.

Na dynamicznym silnikowym stanowisku hamulcowym AVL DynoRoad 120 zainstalowano silnik ZS o objętości skokowej  $V_{ss} = 1,3 \text{ dm}^3$  SDE (Small Diesel Engine). Silnik generuje maksymalny moment obrotowy  $M_o = 200 \text{ N}\cdot\text{m}$  i moc maksymalną  $N_e = 66 \text{ kW}$ . Do testów dynamicznych w oprogramowaniu ISAC 400 zamodelowano pojazd samochodowy wyposażony w silnik  $1,3 \text{ dm}^3$  SDE. Aby uzyskać rzeczywisty cykl jezdny wykonano pomiary według metodyki RDE (Real Driving Emissions) wykorzystując aparaturę typu PEMS (Portable Emission Measurement System). Wykonano je na odcinku badawczym, którego całkowita długość wynosiła 12.6 km. Przy wyborze trasy badawczej kierowano się możliwością odwzorowania warunków „typowo miejskich”, które warunkują częste zatrzymania pojazdu, oraz warunków „podmiejskich”. Wybrany odcinek pomiarowy spełniał stawiane kryteria. Część „miejska” obejmowała przejazd drogami o dużym natężeniu ruchu wraz z wieloma węzłami

komunikacyjnymi. Część „podmiejską” stanowił odcinek drogi krajowej nr 92 będący jedną z głównych dróg wjazdowych do aglomeracji poznańskiej od strony wschodniej. Tak zróżnicowane warunki drogowe umożliwiają prowadzenie analiz w szerokim zakresie prędkości i dużej zmienności przyspieszenia pojazdu. Jako przykład zaprezentowano analizę jednego z przejazdów, który trwał łącznie 1441 sekund i pojazd uzyskał średnią prędkość 31,7 km/h (rys. 2a). Maksymalna prędkość nie przekroczyła 80 km/h, co wynikało również z dużego natężenia ruchu w dniu prowadzenia badań. Udział postoju pojazdu stanowił 13,8% całkowitego czasu przejazdu, a udział fazy przyspieszenia 44,4%. Udział jazdy ze stałą prędkością był pomijalnie mały. Odnosząc warunki prowadzenia pomiarów do parametrów użytecznych silnika spalinowego pojazdu, należy stwierdzić, że pracował on głównie w zakresie średniego obciążenia przy prędkości  $n = 1200\text{--}2400$  obr/min.

a)



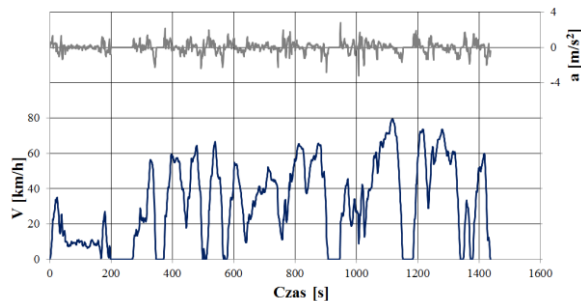
b)



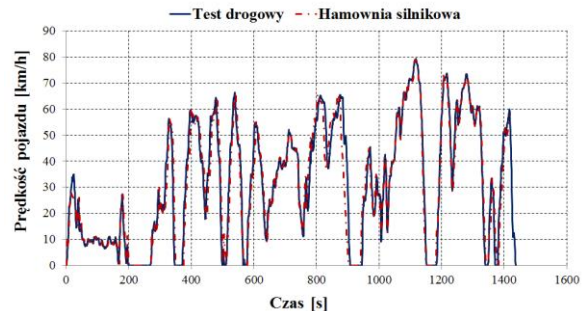
Rys. 2. Dynamiczne silnikowe stanowisko hamulcowe AVL DynoRoad 120: a) widok ogólny wraz z zainstalowanym silnikiem ZS 1,3 SDE, b) pulpit sterujący

Przy wykorzystaniu edytora Step Sequence Editor wprowadzono zarejestrowany profil ruchu pojazdu wyrażony funkcją  $V = f(t)$  wraz z nachyleniem drogi do oprogramowania ISAC 400. Dodatkowo zintegrowano przebieg prędkości pojazdu z przełożeniami skrzyni biegów w oprogramowaniu symulacyjnym, co jest konieczne do prawidłowej pracy silnika na stanowisku hamulcowym. Do systemu wprowadzono także parametry badanego obiektu. Wykorzystując zaimplementowany przebieg prędkości, zbudowano w systemie w pełni automatyczny test badawczy złożony z blokowych elementów. Porównując przebieg prędkości zarejestrowany podczas testu drogowego z przebiegiem uzyskanym na silnikowym stanowisku hamulcowym wyposażonym w hamownię dynamiczną, stwierdzono, że są one do siebie zbliżone (rys. 2b). Jedynie w pojedynczych punktach pracy stwierdzono różnice, które wynikać mogą z charakterystyki pracy układu przeniesienia napędu.

a)



b)



Rys. 2. Odzwierciedlenie rzeczywistego cyklu jezdnyego pojazdu na dynamicznym silnikowym stanowisku hamulcowym: a) profile prędkości i przyspieszenia zarejestrowane podczas badań RDE, b) porównanie profili prędkości uzyskanych w teście drogowym i na stanowisku hamulcowym