

Mercedes-Benz REFORM 501 LE városi busz haladásirányú menetdinamikai szimulációja

Vehicle longitudinal dynamics modelling of the Mercedes-Benz REFORM 501 LE urban bus

NEMES Dániel¹, Dr. HAJDU Sándor²

¹ Debreceni Egyetem, Informatikai Tudományok Doktori Iskola, Informatikai Kar, 4028 Debrecen, Kassai Út 26.
² Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028 Debrecen, Ótemető utca 2-4.

nemes.daniel@eng.unideb.hu

hajdusandor@eng.unideb.hu

Abstract

The goal of the research presented in this article is to create a vehicle dynamics model, with which can simulate the emissions and consumption data of buses. During the research we created a vehicle dynamics model. This is a longitudinal vehicle model that can be used to analyze the behavior of the bus in the direction of travel, taking into account different losses, resistances, inertial effects of rotating and traveling masses, and wheel grip properties and rolling resistances.

Keywords: urban bus, dynamics modelling, simulation, emission, consumption

Kivonat

A cikkben bemutatott kutatás célja egy olyan járműdinamikai modell létrehozása, mellyel a buszok károsanyag kibocsátását és fogyasztási adatait tudjuk szimulálni. A kutatás során létrehoztunk egy járműdinamikai modellt. Ez egy longitudinális járműmodell, mellyel a busz haladási irányú dinamikájának viselkedését tudjuk elemezni figyelembe véve a különböző veszteségeket, ellenállásokat, a forgó, és haladó tömegek inerciális hatásait, valamint a kerekek tapadási tulajdonságait és gördülési ellenállásait.

Kulcsszavak: városi busz, dinamikai modellezés, szimuláció, károsanyag kibocsátás, tüzelőanyag fogyasztás

1. BEVEZETÉS

A szimulációval modellezni tudjuk a Debrecenben a közlekedő Mercedes-Benz REFORM 501 LE autóbusz menetdinamikai, fogyasztási, és károsanyag kibocsátási értékeit. Jelenleg a városban több olyan fejlesztés, és kutatás van, ami erre a járműre irányul. A modellel lehetőségünk van arra, hogy szimulálni tudjuk egy esetleges módosítás hatását a fogyasztási, és kibocsátási értékekre. A fogyasztás csökkenése magával vonja az emisszió csökkenését is, és ha többen veszik igénybe a tömegközlekedést, akkor közvetett módon is csökken a város károsanyag kibocsátása. A modell segítségével optimalizálni tudjuk a jövőben a jármű paramétereit, hogy az jobb hatásfok tartományban üzemeljen, ezzel direkt módon csökkenjen a károsanyag kibocsátás. A városi buszok szimulációjának optimalizálásakor jellemzően a városi közlekedésre összpontosít, azonban esetünkben egy széles üzemi paramétertartományon kell majd megtalálni az optimumot. Ez egy szomszédos települést érintő járat, így a menetciklus nem csak városi, hanem országúti részeket is tartalmaz. A belsőégésű motorral felszerelt buszok szimulálásának azért van nagy jelentősége, mert a közel azonos menetciklusoknak és terhelés intenzitásoknak köszönhetően a hibridizálás lehetőségét úgy lehet vizsgálni, hogy a paraméteroptimalizálás végén nem lesz olyan bizonytalan az eredmény, mint egy személygépjármű esetében. A különböző használati módoknak köszönhetően a személygépjárművek optimalizálásakor az egyik nagy kihívás megtalálni a legáltalánosabb üzemi állapotokat.

Az [1] kutatás célja elektromos és hibrid buszok szimulálása és összehasonlítása az AVL Cruise és TruckMaker szoftverek segítségével. Az összehasonlítás szempontjai az tüzelőanyag-fogyasztás, a gyorsulás és a maximális sebesség volt. A cikk leírja a két program összehangolásának lépéseit, a kommunikációhoz

szükséges információkat és beállításokat. Leírja a pályamodell felépítését és az eredmények mérésének módját. A hibrid buszok szimulálásakor 50%-kal javult az üzemanyag-fogyasztást. Azt tapasztalták, hogy az eredmény érzékeny a hálózati töltésgyakoriságra, a vezető stílusára és a terepviszonyokra. A használt belső égésű motor nem teljesített jól, későbbiekben optimalizálni fogják. Y. Yang és munkatársai a [2] kutatásban párhuzamos hajtású hibrid buszok szimulációját végezték el AVL Cruise és Matlab Simulink szoftverek segítségével. A vizsgálatokat Kínában végezték. A cél a hibrid és a hagyományos belső égésű buszok fogyasztásának összehasonlítása volt. A busz menetciklusa sok indítást és megállást tartalmaz, ezért akkumulátor helyett szuperkondenzátort használtak energiatárolónak. A vezérlési stratégiát egy Matlab Simulink fájl (*.DLL) tartalmazza, amely az AVL Cruise modell interfészkomponensén keresztül hozható létre. A vezérlő a teljesítményigénynek és a jármű paramétereinek megfelelően kiválasztja az öt üzemmód egyikét. A cikk bemutatja az AVL-t és a Matlabot is. A szimuláció eredménye, hogy a hibrid jármű jobban gyorsul és alacsonyabb az üzemanyag-fogyasztása. A [3] tanulmány célja soros hibrid városi buszok szimulálása az AVL Cruise segítségével. Azért esett a választás a városi buszokra, mert napközben sokat üzemelnek nagy fékezési és gyorsítási állapotban. A szimulált eredményeket valós madridi adatokkal hasonlították össze. A mérésekhez PCAN Explorer®, GPS és Dewetron mérőt használták. A szimulált és mért eredmények (CO₂-kibocsátás, üzemanyag-fogyasztás, feszültség, elektromosság) mindössze 5%-kal tértek el.

Ez a kutatás rámutat arra, hogy kellően körültekintő paraméterezéssel a szimuláció képes olyan pontosságú adatokat szolgáltatni, amely már prototípuskísérletek vagy flottafejlesztési beruházások alapjául szolgálhat.

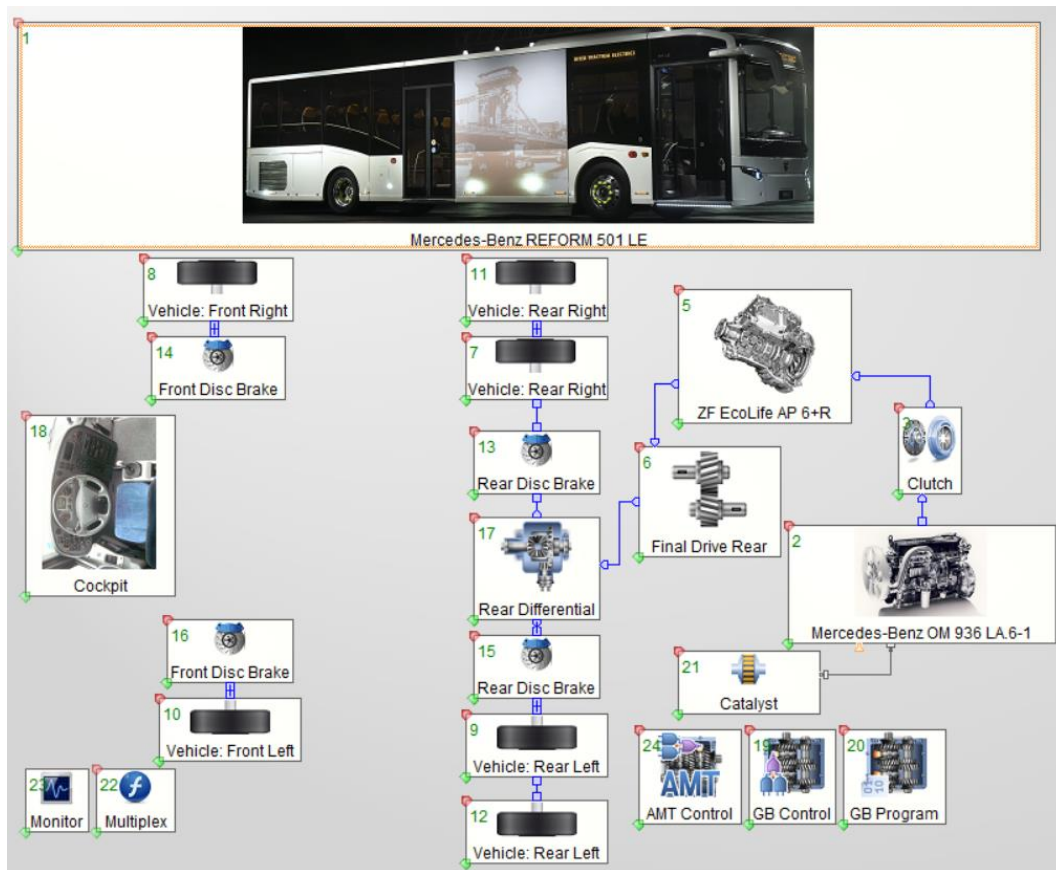
2. MODELL FELÉPÍTÉSE

A modell felépítése során törekedtünk arra, hogy a lehető legegyszerűbb modellt hozzuk létre. Ez segít bennünket abban, hogy a jövőbeni validálás során koncentrálni tudjunk a járműviselkedés fő részeinek a pontos lekövetésére anélkül, hogy egyéb nem hitelesített adatokkal ellátott blokkok hibát vigyenek az eredményekbe. A busz fő adatait az 1. táblázat tartalmazza. Mivel a motor szimulációjához számos paraméter szükséges, így csak a típusát, illetve teljesítményét közöljük. Hasonló megfontolások miatt nem térünk ki a sebességváltó forgó tömegeinek inerciájára és ellenállásaira.

1. táblázat A szimulált városi busz fő adatai

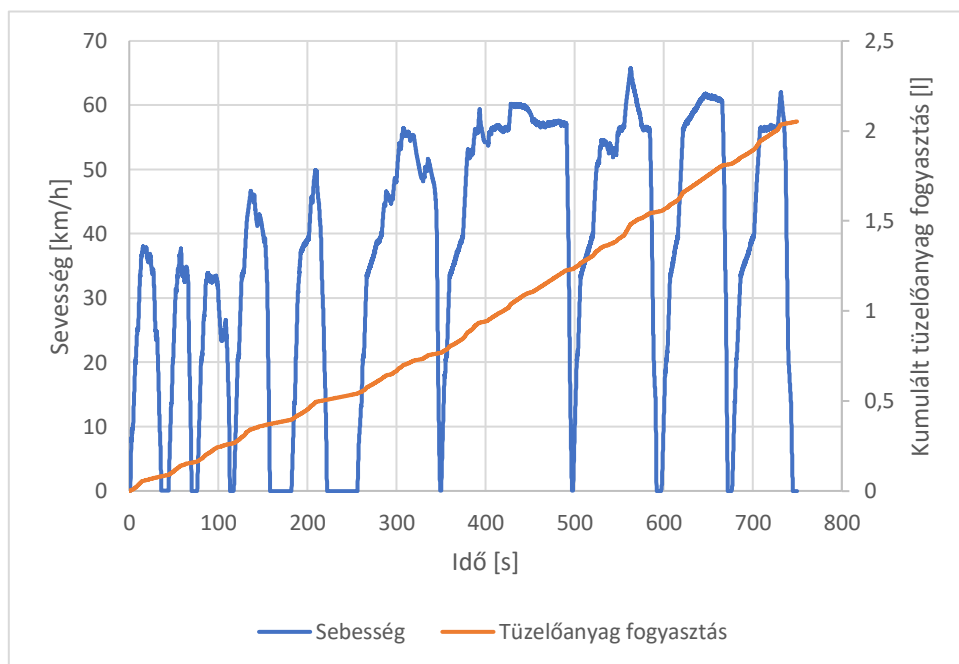
Megnevezés	Érték
Jármű megnevezése	Mercedes-Benz REFORM 501 LE
Motor típusa	Mercedes-Benz OM 936 LA.6-1
Motor teljesítménye [kW]	260
Motor Euro fokozata	6
Sebességváltó Típusa	ZF EcoLife AP 6+R
Jármű maximális tömege [kg]	18 600

Tekintettel arra, hogy a mi szimulációnk is a tüzelőanyagfogyasztás és a károsanyag kibocsátására koncentrálna, így csak a haladás irányú dinamikáját szimuláltuk. A felfüggesztés merev szimulálásával a talponterők ugyan pontatlanabbak lesznek, de mivel nem üzemel a jármű a keéktapadás határállapotaiban, így nem okoz a fogyasztásban számottevő eltérést. A létrehozott AVL buszmodell az 1. ábrán látható. A modell tartalmazza a járműtestet, egy Mercedes-Benz OM 936 - EURO 6 belsőégésű diesel motort, egy ZF EcoLife AP 6+R automatikus sebességváltót, végáttételeket, kerekeket, valamint ezek vezérlését és szabályozását. A kutatásban egy konkrét helyi járat menetciklusát alkalmazzuk.



1. ábra. Az AVL buszmodell felépítése

A szimulációt a busz által bejárt menetcikluson teszteltük, melyet a kutatócsoport menetciklus mérésért és létrehozásért felelős személyzete készített az általuk már publikált módszer segítségével [4], [5].



2. A szimulált busz sebessége és kumulált tüzelőanyag fogyasztása az idő függvényében.

ÖSSZEFOGLALÁS

A 7,674 km-es menetciklus végén 2,05 L a kumulált tüzelőanyag fogyasztás, ami 26,7 L-es fogyasztásnak felel meg 100 km-en. A CO₂ kibocsátása 853.34 g/km volt. Sokkal szemléletesebb, ha a CO₂ kibocsátást az úgynevezett utaskilométerre vetítve nézzük. Mivel 85 fő az összes szállítható utasok mennyisége gépkocsivezető nélkül, így ezzel elosztva az előbbi értéket 10,03 g/pkm értéket kapunk. Ez messze alatta van egy átlagos személygépjármű 198 g/pkm értékének [6], ami szintén a tömegközlekedés népszerűsítése mellett szól. Ha úgy tekintjük, hogy félig van a busz, mivel sok esetben csak néhány utas használja a járatot, sok esetben, pedig tele van, akkor megkapjuk az átlag körüli CO₂ kibocsátást 24 g/pkm.

A szimuláció kimeneti értékei nem tartalmaznak olyan kiugró értékeket, amely a szimulációs modell összeomlását, vagy szingularitási hibára utalna, így a jövőben szeretnénk a bemeneti adatokat részletes mérésekkel pontosítani, és validálni. További célunk, hogy feltárjuk a jármű fejlesztési lehetőségeit, és javaslatot tegyünk a hajtáslánc elemeinek fejlesztésére, esetleges strukturális átalakítására.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást a Magyarországi Innovációs és Technológiai Minisztérium Tématerületi Kiválósági Programja (TKP2020-NKA-04) támogatta, a Debreceni Egyetem (Járműipari) tématerületi programja keretében.

A szerzők köszönetet mondanak az AVL List GmbH-nak, amiért AVL CRUISE licencet biztosított az AST-University Partnership Program keretében a Debreceni Egyetem részére.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] B. O. Varga and C. Iclodean, “Advanced Research Methods of Hybrid Electric Vehicles’ Performances,” vol. 56, no. 1, pp. 111–116, 2015.
- [2] Y. Yang, H. Zhao, and H. Jiang, “Drive train design and modeling of a parallel diesel hybrid electric bus based on AVL/cruise,” EVS 2010 - Sustain. Mobil. Revolut. 25th World Batter. Hybrid Fuel Cell Electr. Veh. Symp. Exhib., vol. 4, pp. 75–81, 2010.
- [3] D. R. Zamora, J. M. L. Martínez, C. J. L. Carrasco, and J. J. D. Vaca, “Development of an in-series hybrid urban bus model and its correlation with on-board testing results,” *World Electr. Veh. J.*, vol. 6, no. 2, pp. 405–415, 2013.
- [4] A. Vámosi, L. Czégé, and I. Kocsis, “Development of Bus Driving Cycle for Debrecen on the Basis of Real-traffic Data,” no. 2019, pp. 1–7, 2022.
- [5] A. Vámosi, L. Czégé, and I. Kocsis, “Comparison of bus driving cycles elaborated for vehicle dynamic simulation,” *Int. Rev. Appl. Sci. Eng.*, vol. 12, no. 1, pp. 86–91, 2021, doi: 10.1556/1848.2020.00153.
- [6] M. Maheshwari, A. Jana, and S. Bandyopadhyay, “Optimizing the Modal Split to Reduce Carbon Dioxide Emission for Resource-Constrained Societies,” *Transp. Res. Procedia*, vol. 48, no. 2019, pp. 2063–2073, 2020, doi: 10.1016/j.trpro.2020.08.266.