

Elektromos személygépjárművek energiafogyasztásának vizsgálata

Energy consumption analysis of electric vehicle drivetrains

NYERGES Ádám

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépjárműtechnológia Tanszék
Magyarország, 1111 Budapest, Stoczek utca 6.
www.gjt.bme.hu
+3614632380, adam.nyerges@auto.bme.hu

Abstract

In the coming years, the rapid spread of electric vehicles is expected. Due to the change of the applied drivetrain systems, typical, fully optimized drivetrains systems do not yet exist: electric vehicles are “being invented” nowadays. Accordingly, the typical electric vehicles’ energy consumption values are also learned in the least years. This paper will present a parameter sensitivity analysis for electric vehicles’ energy consumption by a longitudinal vehicle drivetrain model.

Keywords: electric vehicles, energy consumption, drivetrain energetics, vehicle modeling, parameter sensitivity analysis.

Kivonat

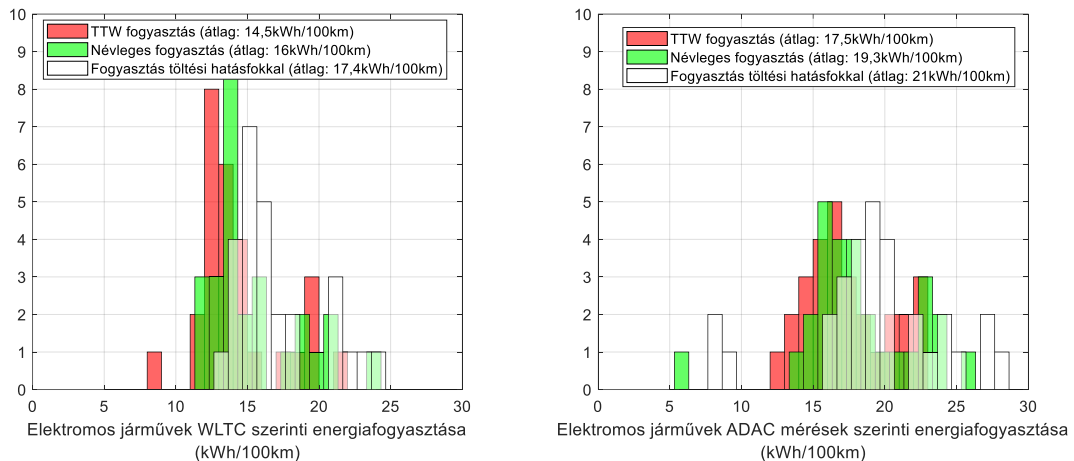
A következő években a közúti járművekben az elektromos hajtás térhódítása várható. A hajtáslánc megváltozása egyben azt is eredményezi, hogy jelenleg még nem alakultak ki a tipikus hajtáslánc elrendezések: az elektromos hajtású járműveket „most találjuk fel”. Ennek megfelelően az elektromos járművek energiafogyasztásának nagyságrendjeit is az utóbbi években ismertük meg. A cikk egy hosszirányú járműmodell segítségével egy paraméter érzékenységi vizsgálat eredményeit mutatja be elektromos hajtáslánc esetére.

Kulcsszavak: elektromos járművek, energiafogyasztás, hajtáslánc energetika, jármű modellezés, paraméter érzékenységi vizsgálat.

1. BEVEZETÉS

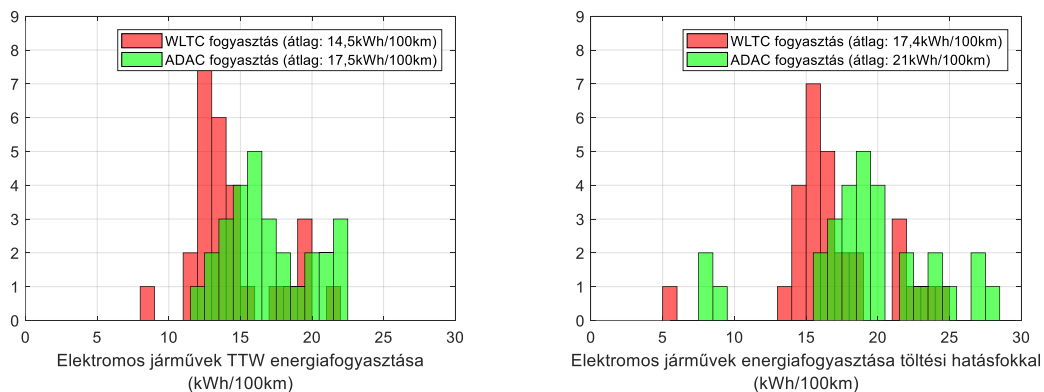
Az elektromos hajtású járművek megjelenésével a gépjárműtechnikában sok korábban bevált mérnöki gondolkodási sablon megváltozik. Ezek közé tartozik például a hajtáslánc energetikája, ahol a korábbi jellegzetes nagyságrendek más tartományokba esnek. Mindennek a fejlesztési irányokra is nagy hatása van. A korábbi alternatív üzemanyagokkal folytatott kutatások [1] is háttérbe szorultak. Belsőégésű motoroknál a gyakorlatban tapasztalható effektív hatásfokok igen alacsonyak a villamos hajtásláncok hatásfokához képest. Ez egyrészt előny a villamos gépeknek, viszont a fejlesztés szempontjából más hozzáállást is kíván: míg belsőégésű motoroknál például egy új szelepvezérlési rendszerrel akár 10% nagyságrendű hatásfok növelést is el lehet érni, addig a villamos gépeknél nincs ennyi fejlődési tartalék. Azaz a járműben és annak hajtásláncában más nagyságrendű fejlődést vagy máshol kell keresni a nagy fejlesztési lehetőségeket. Ez manapság elsősorban az akkumulátor felépítése és menedzsmentje.

Az elektromos járművek két fontosabb mérőszáma a hatótávolság és az energiafogyasztás. Előbbi igyekszik megközelíteni a hagyományos hajtású járművek hatótávolságát, utóbbi viszont jelentősen alacsonyabb a gépjárműtechnikában megszokott értékeknél. Az elektromos járművek energiafogyasztását kWh/100km-ben szokás megadni. Egy korszerű elektromos személyautó átlagos energiafogyasztása közúti forgalomban 15-20 kWh/100km. Egy hagyományos hajtásláncú jármű energiafogyasztása 6l/100km benzinnel számolva 53kWh/100km-re adódik. Az energiafogyasztáshoz hasonlóan szintén érdekes adat, hogy 1kWh-nyi akkumulátorral hány km-t tud megtenni a jármű, ez az érték 5-6km/kWh szokott lenni.



1. ábra. Akkumulátoros elektromos személygépjárművek energiafogyasztásainak eloszlása WLTC menetciklus és ADAC mérések [3] alapján

A járművek energiafogyasztásának becslése a „hétköznapi használat” definiálásnak a problémája miatt nehézkes. A becslés szabványos menetciklusokkal történik, Európában jelenleg a WLTC menetciklus hatályos [2]. A tapasztalatok alapján viszont a WLTC menetciklus alábecsüli a valós energiafogyasztást. Emellett, akkumulátoros elektromos hajtás esetén az akkumulátor kapacitása is nehezebben definiálható. A katalógusadatok rendszerint a névleges kapacitást adják meg, a gyakorlatban viszont átlagosan ennek kb. a 90%-a használható fel (ebből definiálhatjuk a „tank-to-wheel”, azaz TTW hatásfokot). Viszont, ha a jármű teljes energiafogyasztását vizsgáljuk, akkor a töltési veszteségeket is figyelembe kell venni. Többek között ezt az energiaigényt is figyelembe veszik a Német Autóklub mérései [3].

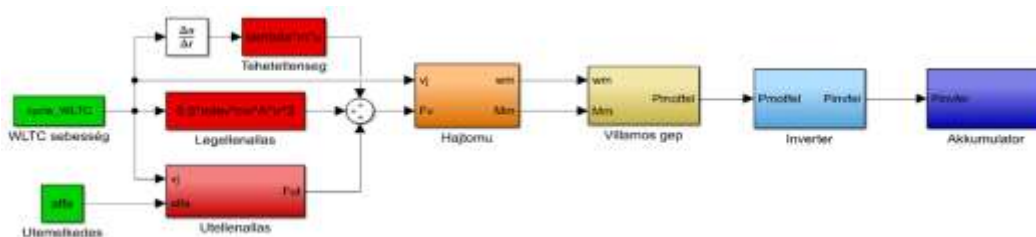


2. ábra. Akkumulátoros elektromos személygépjárművek energiafogyasztásainak WLTC menetciklus és ADAC mérések [3] szerinti összehasonlítása

Az 1. és 2. ábrán egy statisztikai elemzés látható a korszerű akkumulátoros elektromos személyautók energiafogyasztásairól WLTC menetciklus és az ADAC mérései alapján. A diagramon megfigyelhető a kiértékelt járművek fogyasztásának az eloszlása, valamint az átlagokból összehasonlíthatók az egyes szempontok szerint megbecsült vagy mért fogyasztások.

2. ENERGIAFOGYASZTÁS MODELLEZÉSE ÉS SZIMULÁCIÓJA

Az akkumulátorban tárolt energia a következő „helyeken” kerül felhasználásra: menetellenállások legyőzése, hajtáslánc mechanikai veszteségei, villamos gép veszteségei, teljesítményelektronika veszteségei, elektromos kábelek veszteségei, akkumulátor fűtése, egyéb segédberendezések működtetése. Ezen elemek egyszerű modellezésével egy hosszirányú jármű és hajtáslánc modell implementálható, így szimulációs keretek között megvizsgálható a hajtáslánc energetikája. Jelen cikkben a [4] cikkben publikált szimulációs modell került felhasználásra. A szimulációs modell bloksémája a 3. ábrán látható, a járműmodellben alkalmazott paraméterek pedig az 1. táblázatban találhatók. A külső hőmérséklet hatását a modell nem kezeli.



3. ábra. A hatótáv becslő modell felépítése [4]

A cikkben alkalmazott járműmodell paramétereit

1. táblázat

Névleges/használatos akkumulátor kapacitás	C	50/45	kWh	Levegő sűrűsége (20°C)	ρ_{lev}	1,188	kg/m ³
Forgó tömeg tényező	λ	1,1	-	Nehézségi gyorsulás	g	9,81	m/s ²
Gördülési ellenállási tényező	f	0,01	-	Tapadási tényező	φ	0,97	-
Hajtáslánc mechanikai hatásfoka	η_{mech}	0,94	-	Terhelt homlokfogaskerekek száma	a	2	-
Hajtómű áttétele	i_{hl}	10	-	Terhelt kúpogaskerekek száma	b	0	-
Homlokfelület	A	2,5	m ²	Terhelt tengelycsuklók száma	c	2	-
Teljesítményelektronika hatásfoka	η_{inv}	0,99	-	Útemelkedési szög	α	0	°
Jármű tömeg	m	1600	kg	Villamos gép maximális fordulatszám	n_{max}	16000	1/min
Kerék gördülő sugar	r_g	0,3	m	Villamos gép maximális nyomatéka	M_{max}	250	Nm
Légellenállási együttható	c_d	0,25	-	Villamos gép maximális teljesítménye	P_m	100	kW

3. VIZSGÁLT PARAMÉTEREK

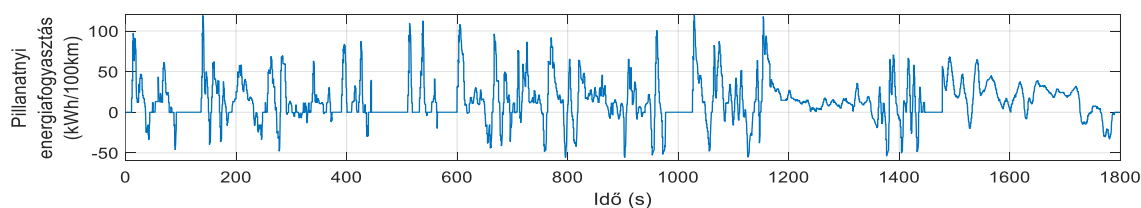
A szimulációs modell segítségével megvizsgálható a hatótáv és az energiafogyasztás érzékenysége a járműmodell paramétereire. A paraméterérzékenységi vizsgálat egyik célja a fejlesztési lehetőségek feltérképezése, ami a gyakorlatban viszont költség vonzatú szokott lenni. Jelen cikkben csak a természettudományi lehetőségek vizsgálhatók meg. A paraméterek megváltoztatásánál a beállított intervallumok figyelembe veszik a korszerű járművek által elérhető értékeket. Az útemelkedési szög és a szélsősebesség vizsgálatánál kisebb értékek lettek beállítva a nagyságrendek megismeréséhez.

A következő paraméterek kerültek beállításra:

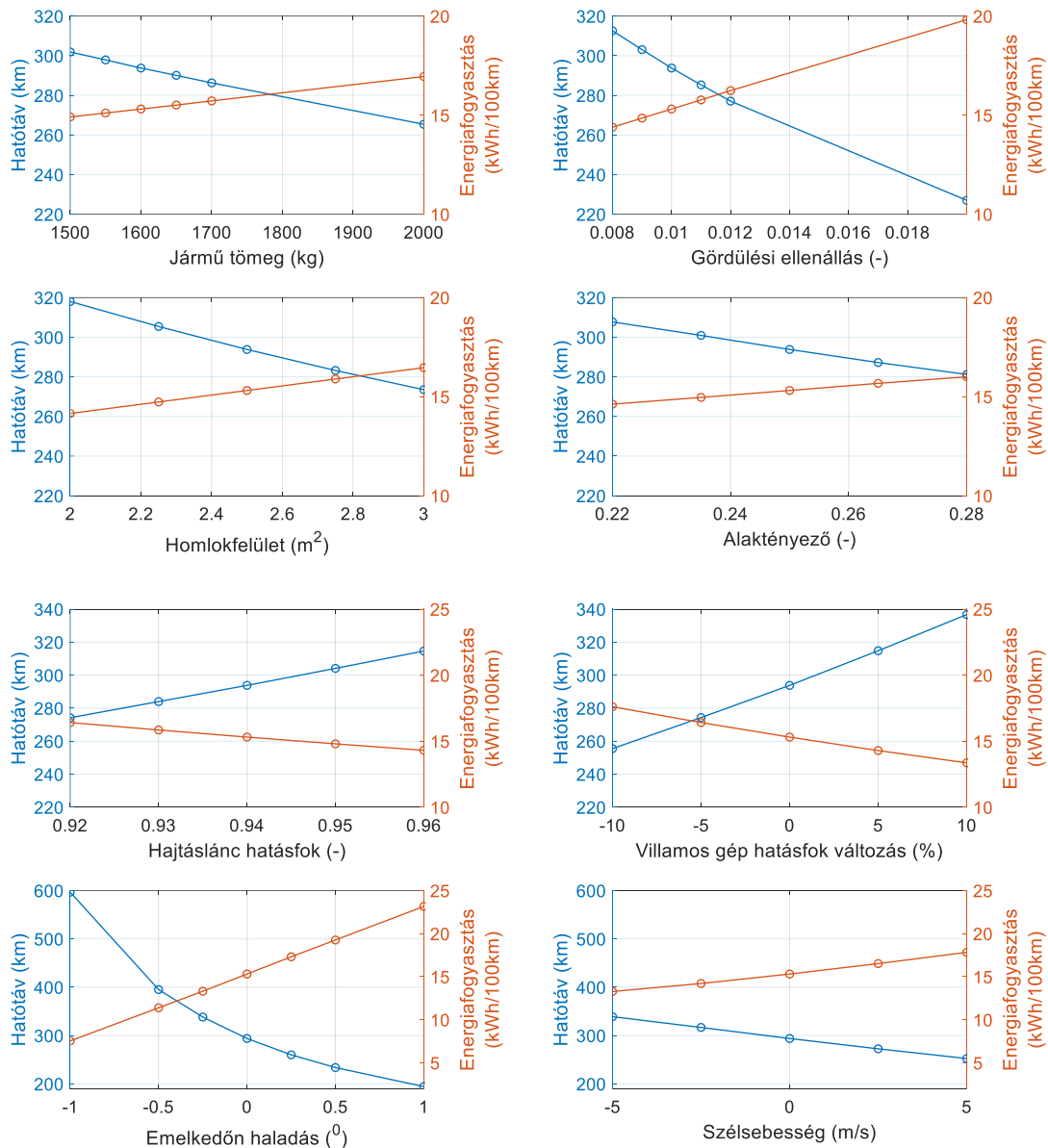
- jármű tömeg: 1500-1700kg, valamint 2000kg egy nagyobb terhelésű jármű esetére,
- gördülési ellenállás: 0,008-0,012 aszfaltútra és 0,02 rossz minőségű műútra,
- jármű homlokfelület: 2-3m²,
- jármű alaktényező: 0,22-0,28,
- hajtáslánc hatásfok: 0,92-0,96,
- villamos gép hatásfok: eredeti hatásfok térképéhez képest 10%-kal alacsonyabb és magasabb értékek,
- emelkedőn haladás: $\pm 1^\circ$,
- jármű haladási irányával ellentétes irányú gyenge szél: ± 5 m/s.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÖSSZEFOGLALÁS

A 4. ábra a WLTC menetciklus során adódó pillanatnyi energiafogyasztást mutatja, ahol a negatív energiafogyasztás a regeneratív töltést mutatja. Az 5. ábra diagramjain a paraméterek változtatásának a hatása látható. A diagramokon látottak alapján a gördülési ellenállás és a homlokfelület csökkentésével könnyebb nagyobb mértékű csökkenést elérni. Az emelkedőn és a menetszéllal szemben haladás viszont arányaiban sokkal többet változtat az energetikán – ez viszont nem befolyásolható járműfejlesztéssel. Az összes járműparaméter kedvezőbb értékre állításával 5kWh/100km, azaz 30% fogyasztáscsökkenés érhető el.



4. ábra. A jármű pillanatnyi energiafogyasztása WLTC menetciklusban



5. ábra. A vizsgált paraméterek hatása a jármű hatótávolságára és energiafogyasztására

A kutatás tovább folytatható komplexebb járműmodellel valamint mérésekkel való validálásával.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A 2019-1.3.1-KK-2019-00004 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a 2019-1.3.1-KK pályázati program finanszírozásában valósult meg.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Zöldy M. *The effect of bioethanol–biodiesel–diesel oil blends on cetane number and viscosity*. In: 6th international colloquium, January 10–11, 2007, Ostfildern. Germany (TAE); 2007.
- [2] United Nations Global technical regulation No. 19; 25 August 2017
- [3] *** ADAC: *Stromverbrauch Elektroautos: Aktuelle Modelle im ADAC Test* <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/?fbclid=IwAR0pMoc8P1ucBHBNrQUPz6ZnM4LdeuQvJW3Ytvc058wQvhnTD51oBPYaWMk> (Utolsó letöltés: 2021.02.28.)
- [4] Nyerges Á., Zöldy M. *Hosszirányú járműmodell fejlesztése elektromos járművek hatótáv becslésére*. Műszaki Szemle (EMT) 74 pp. 13-22. 2019.