

Elektromos meghajtású járművek menetdinamikai szimulációja

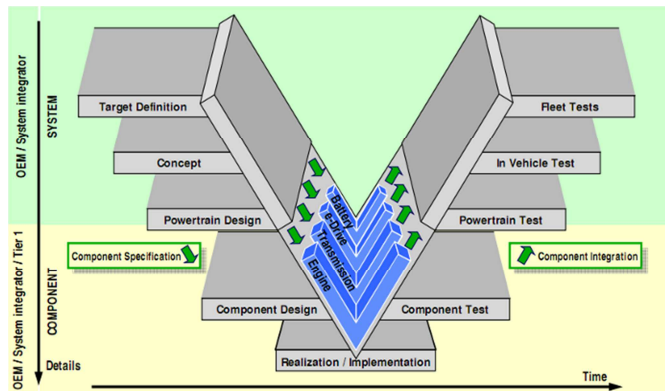
Kőrös Péter¹ – Mesics Imre² – Dr. Varga Zoltán³

tanszéki mérnök¹, tanszéki mérnök², egyetemi docens³
Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Közúti és Vasúti Járművek Tanszék
E-mail: korosp@sze.hu

Abstract: A tanulmány a napjainkban egyre nagyobb teret kapó „zero emission” járművek energiamérlegét vizsgálja. Az ilyen járművek esetén még nagyobb szerepet kap a helyes teljesítmény méretezés, mivel az elektromos meghajtású autókban a tárolt energia gazdaságos felhasználása határozza meg a közlekedési eszköz használati értékét. Napjainkig a nagy autógyárak (Toyota, GM, VW) csak kiegészítő hajtásként alkalmazták az elektromos gépeket NiMH akkumulátorokkal, amelyek könnyebben kezelhető, de kevésbé hatékony rendszereket adtak. A vizsgálat alapját a Széchenyi István Egyetemen megvalósult kétüzemű (dízel/elektromos) kishaszonjármű szimulációs modellje adja. Lehetőség nyílik a két üzemmód összehasonlítására egy adott járművön.

1. BEVEZETÉS

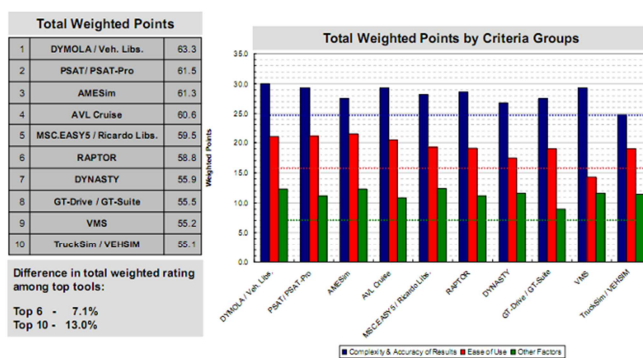
A világon több cég foglalkozik járműdinamikai szimulációval, mely képes arra, hogy elektromos meghajtás lehetőségeit vizsgálja az autógyár által előírt ciklikus tesztek lefuttatva. Ezek a szoftvercsomagok egymásba ágyazható, komplex rendszerek, mivel az eredményeiket egy-egy fejlesztés során közvetlenül felhasználják. A fejlesztés során az úgynevezett V modell lépéseit valósítják meg.



1. ábra – AVL által javasolt fejlesztési módszer

A jármű-szimulációs szoftvereket az angliai székhelyű Ricardo mérnöki iroda rangsorolta 2009-ben. Az ilyen programcsomagok közös jellemzője, hogy együttműködik más, általános célú szimulációs programokkal a saját, egyedi moduláris felépítés mellett (a programok 40%-a MatLab/SimuLink alapokra épül és 90%-a képes Simulink függvényeket generálni). Egyetemünkön az AVL Cruise hajtáslánccal foglalkozó szimulációs programot alkalmazzuk, mely a Ricardo tanulmányban összesített negyedik helyet érte el. Olyan autógyárak alkalmazzák, mint a Ford, a GM és a Volvo. Az AVL szimulációs programok fejlesztésén kívül

részt vesz a hajtáslánccok, teszt rendszerek kiépítésében, kielégítve az autógyár igényeit.



2. ábra - Ricardo tanulmány összesített értékelése a járműszimulációs programokról [1]

2. A KÉTÜZEMŰ KISHASZONJÁRMŰ BEMUTATÁSA

A jármű alapját egy MWB alváz 2007-es évjáratú Ford Transit adta. A dízelmotor az első kerekeket, míg a két sorosan kapcsolt elektromos gép a hátsó kerekeket hajtja. A két meghajtás egyszerre nem üzemel, így a jármű vagy tisztán elektromos vagy dízelmotor meghajtású. Ez a felépítés lehetővé teszi, hogy az adott meghajtási mód előnyeit és hátrányait külön-külön vizsgáljuk. A projekt során a teljes elektromos üzemmód kifejlesztésre került (elektromos gépek vezérlése, akkumulátor felügyelő rendszer stb.). A szinkron gép nem piacon kapható megoldás, hanem egyetemi fejlesztés. A meghajtás mellett az autó kommunikációs rendszerét is ki kellett egészíteni, mivel egy kész informatikai rendszerhez kellett csatolni plusz funkciókat. Az autóra eredetileg beszerelt hidraulikus kormányservert elektrohidraulikusra kellett cserélni az elektromos üzemmód miatt. A jármű meglévő CAN hálózata mellé egy teljesen új buszt is létre kellett hozni, mely összekapcsolja a vezérlőegységeket

elektromos üzemmódban (Ford adatbusza, kormány szervó és a szinkron villamosgép CAN busza).



3. ábra - Kétüzemű Ford Transit (E-VAN-09)

Az átépítést megkönnyítette, hogy az adott Ford Transit jármű rendelkezik összerékmeghajtással is. Így a két elektromos gép az alváz középső részén kapott helyet a gyári hátsó futóművel, míg az akkumulátor csomagok a jármű oldalára kerültek.

Elektromos gép adatai:

2 db sorosan kapcsolt, szétválasztható szinusz vezérelt szinkron elektromos gép

névleges feszültség: 412 V

névleges teljesítmény: 30 kW

vezérlés: AMC, CAN kommunikációs protokollal

max. nyomaték: 291 Nm (0-1100 rpm tartományon)

max. áramfelvétel: 120 A

Akkumulátor csomag:

128 db sorosan kapcsolt ThunderSky WB-LYP40AHA akkumulátor (8 akkumulátor tömbben)

Névleges feszültség: 3,2 V

Folyamatos terhelhetőség: 3C (120A)

Impulzus terhelhetőség: 20C (800 A)

Kapacitás: 40 Ah

Üzemi hőfok tartomány: -40°C – 80°C

Az elektromos üzemmód a jármű elindítása előtt parametrizálható, így a féküzemi visszatöltés mértéke, kormány szervó működése stb. ki és bekapcsolható.

3. E-VAN-09 MODELL FELPÍTÉSE AZ AVL CRUISE PROGRAMBAN

A program moduláris felépítésű, jól strukturáltan építhető fel az adott jármű modell. A modulok kapcsolati rendszerével felépül a hajtáslánc, mely aztán különböző közlekedési szituációkban vizsgálható.

A szimulációs környezetet az alábbi csoportokra oszthatjuk:

- Jármű
- Környezet (útviszonyok, nyomásviszonyok, hőmérsékletek stb.)
- Sofőr (agresszivitás, reakcióidők stb.)
- Közlekedési szituáció (városi üzem, autópályás sebességtartomány, előírt sebesség profil)

A járműt felépítő modulok kapcsolatrendszere három osztályba sorolható:

- Mechanikai kapcsolatok (erőátviteli rendszerek)
- Elektronikai kapcsolatok (tisztán elektromos hálózatot reprezentáló kapcsolatok)
- Információs kapcsolatok (a jármű vezérlési folyamatát reprezentáló kapcsolatrendszer)

Megjegyzendő, hogy a program különböző rendszerek (hidraulikus, pneumatikus rendszerek) részletes modellezésével nem foglalkozik, az adott alrendszerekről paraméterlistát kér és kezel. Az ilyen alrendszerek pontos viselkedésére azonban lehetőség nyílik az interfész modulok segítségével, így egy alrendszer fejlesztése során kipróbálhatóvá válik a teljes jármű modellben.



4. ábra - E-VAN-09 CRUISE modell

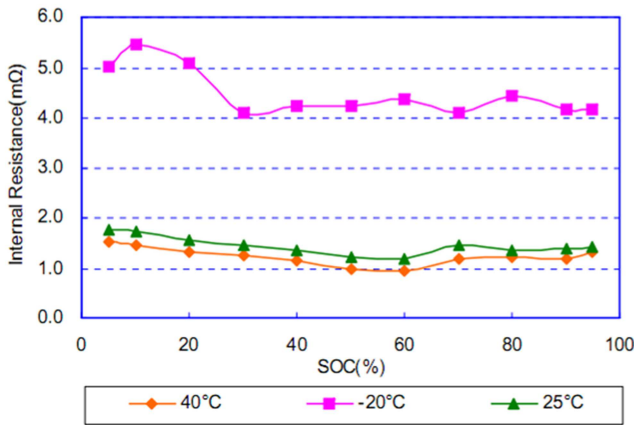
A szimulációt lefuttatva a modulok paramétereit diagramra rajzoltatva azonnal kiértékelhető, összehasonlítható mérparaméterekkel.

4. MÉRÉSEK AZ ELEKTROMOS MODULOKON

A CRUISE modell validálásához szükséges mérések komponensenként.

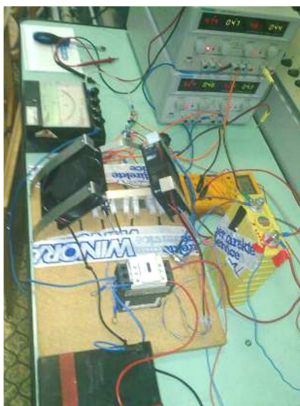
Akkumulátor:

A CRUISE modell az akkumulátor veszteségeit a belsőellenállás értékeiből számolja. A használt akkumulátorok belső ellenállás mérésére több módszert is kidolgoztak (főleg a felhasználási területtől függően). Egy tesztkísérletet lefolytattunk, hogy a mérési módot igazolni tudjuk, illetve rendelkezünk valamilyen kiinduló adattal az akkumulátorok belsőellenállás értéke három paramétertől függ. Hőmérséklettől, töltöttségi állapottól (State of charge – SOC %) és töltési ciklustól. A hőmérséklettől való függés amiatt fontos, mert a járművek esetén nem garantálható az adott hőmérsékleti tartomány. Akkumulátor típustól függően a belsőellenállás érték alacsony hőmérsékleten (-20°C – 0°C) akár meg is négyeszeresedhet a 20°C-os adatokhoz képest [2].

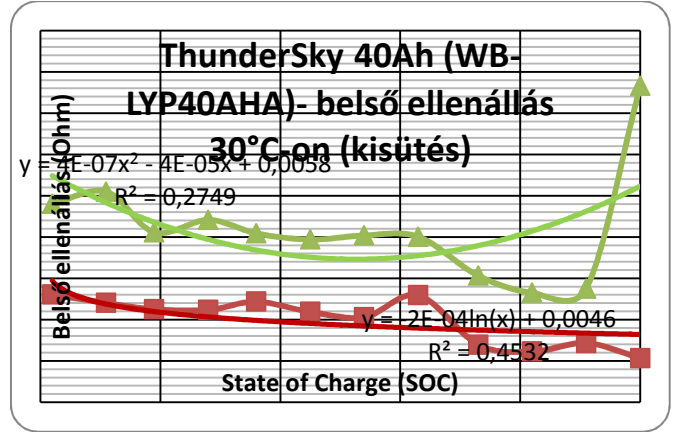


5. ábra - LiFePO akkumulátor belső ellenállása (Forrás: BYD China)

A diagramot vizsgálva felvetődhet az a kérdés, hogy érdemes-e temperáló fűtést alkalmazni az akkumulátor csomagoknál a külső hőmérséklet függvényében (vagy zárt, fűtött helyen való tárolásáról).



6. ábra - Belső ellenállás mérés TS 40 AHA akkumulátoron

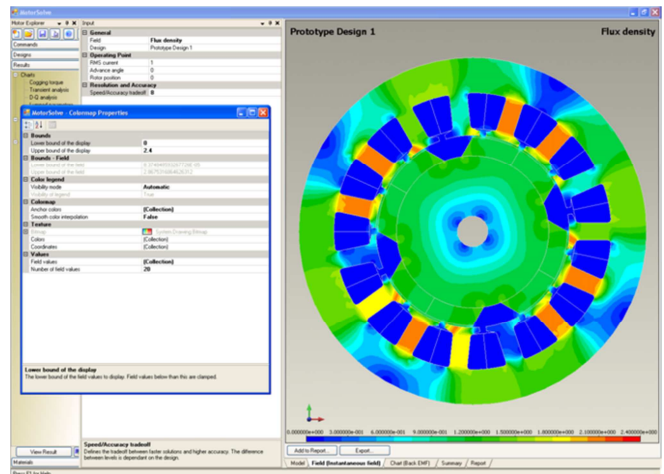


7. ábra - TS 40AHA akkumulátor belső ellenállás értékei 18 sec áram impulzus és áram kikapcsolás metódus alkalmazásával [3]

Az akkumulátor belső ellenállásmérést programozható tápegységekkel és LabView adatfeldolgozással automatizálni fogjuk.

Elektromos-gép:

Az elektromos gép paramétereinek megadásához a MotorSolve program adatait használtuk. A teljesítmény diagram és a veszteségmező adtok kiindulási pontot adnak a modell validálásához.



8. ábra - MotorSolve szimuláció

A villamos gépek próbapados mérései előkészület alatt állnak, a mérések hamarosan megkezdődnek.

Vezérlőelektronika:

A vezérlőelektronika működése C programnyelvű átíratra elkészült a CRUISE modellben, meghagyva a paramétereizhetőség lehetőségét.

5. JÁRMŰMENETDINAMIKAI MÉRÉSEK

Tervezett mérések és szimulációk a helyes modellalkotás bizonyítására:

- Tartós sebességtartás adott sebességen, így igazolható az akkumulátor modell és a hajtás teljesítmény szükséglete azonos terhelési szinten.
- Agresszív gyorsítás végsebességig. Az elektromos gépek maximális teljesítményét ellenőrző mérésorozat.
- Kigurulás adott sebességről. Mozgó tehetetlen tömegek, gördülési ellenállás ellenőrzése.
- Városi közlekedés. Vezérlés átfogó ellenőrzése.
- Fékpados mérések. Maximális vonóerő meghatározása.

A járműdinamikai mérésekhez a fejlesztés során használt Vector VN8950 CAN vezérlőegységet használjuk. Az eszköz képes egyszerre 4 db CAN csatorna folyamatos monitorozására, így a főbb menetdinamikai paramétereket loggolni tudjuk. A Ford saját busza mellett az elektromos gépek vezérlő buszán is lehetőség nyílik az adatok rögzítésére úgy, hogy a méréshez nem kell szenzorokat elhelyezni a járművön.



9. ábra - Vector VN8950 CAN adatgyűjtő és vezérlőegység

Tervezett CAN busz kiosztás:

1. Transit busz (járműsebesség, gyorsulás, üzemmód stb.)
2. Kormánymű busz (kormányzög, kormányzög sebesség)
3. E-VAN busz (Elektromos gépek adatai: aktuálisan felvett áram, feszültség DC ágon stb.)

4. GPS adatgyűjtő (Pálya adatok rögzítésére)

VSBOX GPS adatlogger:



10. ábra - VSBOX GPS adatgyűjtő

Egy kötött útvonalon közlekedő jármű esetén például nem mindegy, hogy a pálya adottságai milyenek. A fékezési energia kis részét lehet csak az akkumulátorokba visszatáplálni, mivel ezek gyors, pár másodperc alatt végbemenő folyamatok. A mai akkumulátor technológia nem képes az ilyen impulzusszerű nagy áramok hatékony eltárolására (erre jelenleg szuperkapacitásokat alkalmaznak az autógyárak).

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az elektromos meghajtású járművek pontos energiamérlegének meghatározásához szükséges egy olyan szimulációs, modell validálási módszert kidolgozni, mely segítségével a fejlesztési folyamat megrövidíthető és optimalizálható. Fontos az energiatároló és energiafelhasználó egységek minél pontosabb ismerete annak érdekében, hogy az ilyen járművek használati értéke jelentősen javuljon az elkövetkezendő évek során.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] *ICCT Evaluation of Vehicle Simulation Tools Summary Report* – Josef Fulem – 2009
- [2] *The impedance characteristics of Mars Exploration Rover Li-ion batteries* – B.V. Ratnakumar, M.C. Smart, L.D. Whitcanack, R.C. Ewell – 2006
- [3] *Comparison of Several Methods for Determining the Internal Resistance of Lithium Ion Cells* – Hans-Georg Schweiger, Ossama Obeidi, Oliver Komesker, André Raschke, Michael Schiemann, Christian Zehner, Markus Gehnen, Michael Keller and Peter Birke – 2010