

Elektromos személygépjármű hajtáslánc tervezésének járműdinamikai lépései

The vehicle dynamic design steps for the transmission systems of electric cars

NYERGES Ádám¹, Dr. ZÖLDY Máté²

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépjárműtechnológia Tanszék
Magyarország, 1111 Budapest, Stoczek utca 6, www.gjt.bme.hu

¹ +3614632380, adam.nyerges@gjt.bme.hu

² +3614632607, mate.zoldy@gjt.bme.hu

Kivonat

A korszerű elektromos hajtású közúti járművek hajtásláncaival megjelenő tervezési szempontok jelentősen különböznek a hagyományos járműhajtások esetén megszokott megoldásoktól. Ez részben az elektromos motor más nyomaték karakterisztikája, részben pedig az elektromos járművekkel szemben támasztott követelmények más jellege miatt adódik. Ebben a cikkben bemutatásra kerülnek az elektromos hajtáslánc méretezésének a hosszirányú járműdinamika különféle szempontjait figyelembe vevő megoldásai.

Kulcsszavak: elektromos járművek, hajtáslánc tervezés, járműdinamikai méretezés

Abstract

The design issues of up-to-date electric cars' transmission systems are different from the ordinary issues at conventional transmission systems. This is partly due to the different torque characteristics and partly caused by the different requirements of electric vehicle use. In this paper the first steps of electric transmission design will be presented: based on the user requirements and the electric engine's characteristics, the gear ratios and the layout design can be determined.

1. BEVEZETÉS

A gépjárművek története során az új, kedvezőbb tulajdonságokkal bíró hajtásláncok keresése mindig is egy fontos műszaki tudományterület volt. Napjainkban az elektromos járművek újra elterjedőben vannak, elsősorban a lokálisan alacsony emissziója, az egyszerű felépítése és a csendes üzeme miatt. Emellett az emissziós szabályozások is nagy mértékben elősegítik az elektromos gépjárművek terjedését [1].

A konstruktőrök számára egy új feladat a hajtáslánc méretezése a korszerű villamos gépekhez. A hagyományos hajtásláncoknál jól ismert szempontok itt sok esetben megváltoznak: mások a felhasználói igények és jelentősen eltérnek a hajtó gép karakterisztikái. Ebben a cikkben az új tervezési szempontok kerülnek bemutatásra egy átlagos alsó-középkategóriára felparaméterezett járműmodell segítségével.

2. ELEKTROMOS JÁRMŰVEKKEL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

Az elektromos hajtású járművek elterjedését a lokálan alacsony emisszió mellett más hatások is elősegítik. Az elektromos hajtású járművek eladhatóságának a javításához a hajtási mód előnyeit kell kihangsúlyozni. Erre mindenképp szükség is van, hiszen az akkumulátorok magas ára miatt jelenleg az elektromos hajtású gépjárművek jelentősen drágábbak a hagyományos hajtási móddal rendelkező járműveknél. Ez azt is jelenti, hogy az akkumulátorok felárát egyszerűbb, olcsóbb hajtáslánccal kell ellensúlyozni. Az elektromos hajtási mód előnyeinek ki kell emelni, hogy a jármű tulajdonságok

fontossága nemcsak műszaki véleményen alapul, hanem a járműhasználók igényeitől is. A felhasználói igények pedig a tudomány és a technika fejlődésével változnak, manapság a gépjárműveknek már nem csak az alapvető közlekedési igényeket kell kiszolgálniuk, hanem részévé vált a felhasználók digitális környezetének is [2]. Míg korábban a járművekkel szemben támasztott igényeknél fontos szempontok voltak a jó menetdinamikai képességek, a könnyű kezelhetőség és az alacsony fenntartási költségek, addig ezek a szempontok mára alapvető igénygé váltak és kicsi a különbség az egyes típusok között [3].

Ipari tapasztalatok alapján az elektromos járművek eladhatóságát nagyban növeli a jó gyorsítóképesség. Ez műszaki oldalról azt jelenti, hogy a hajtásláncot úgy kell méretezni, hogy minél nagyobb sebességig legyen képes a jármű a tapadási határon gyorsítani.

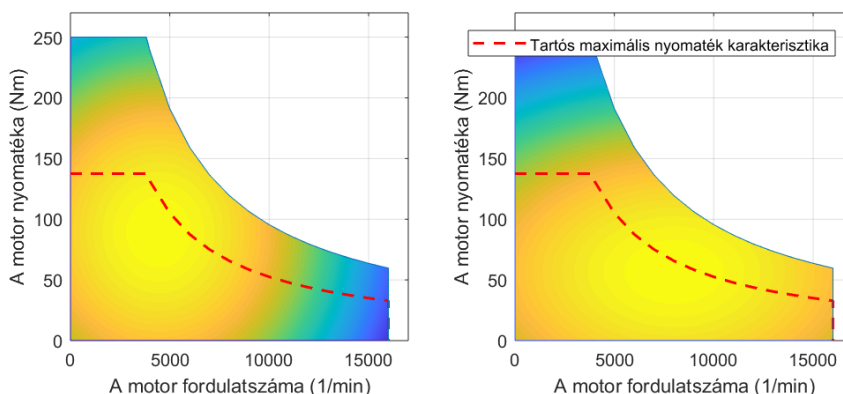
Az elektromos hajtású járművek másik fontos kedvező tulajdonsága a csendes üzem. A hajtásrendszer csendessége azt is jelenti, hogy a korábban relatíve csendesnek számító más részegységeket is precízebben kell megtervezni (például: gumibroncs menet zaj, utastéri zajok). A hagyományos hajtásláncok hangjához képest az elektromos hajtáslánc zaját (például az inverter bűgása) a felhasználók kevésbé szeretik, így azokat valamilyen módon csökkenteni kell.

Az elektromos hajtáslánccal rendelkező járművek felépítése nagy mértékben különbözik a hagyományos hajtáslánccal rendelkező járművektől. Az utóbbi években divatossá vált magas építésű járműkialakítás kedvez az elektromos hajtáslánc elhelyezésének, hiszen a jármű hasa alatt könnyű biztonságosan elhelyezni az akkumulátorokat. Az alacsonyan elhelyezett akkumulátorok egyébként a járműdinamikai tulajdonságoknak is jó tesznek, mivel alacsonyan tartják a jármű súlypontját. Emellett az elektromos hajtáslánc kompakt kialakítású, ami szintén lényeges, hiszen a felhasználók számára fontos szempont a járművek jó térkihasználása.

Az elektromos járművek hátránya a hagyományos hajtásláncú járművekhez képest egyértelműen a kisebb hatótáv. Nagyobb hatótávolságot nagyobb kapacitású akkumulátorokkal lehet megvalósítani, viszont ezzel jelentősen növekedik a jármű tömege, az ára, a töltési idő és az akkumulátorok gyártása során az emissziós előny is jelentősen csökken. Viszont az iparból származó tapasztalatok azt mutatják, hogy a nagy hatótáv csak a prémium kategóriában fontos elektromos járműveknél. Városi használatra a kisebb hatótávolságú járművek is eladhatónak bizonyulnak.

3. ELEKTROMOS MOTOROK JELLEGMEZŐI

Az elektromos hajtású gépjárművekben leggyakrabban állandó mágneses szinkronmotort (PSM) vagy aszinkron motort (ASM) alkalmaznak. A kétféle motortípus között a fő különbség az 1. ábrán látható. A cikkben bemutatott diagramok egy átlagos tulajdonságokkal rendelkező alsó-középkategóriás jármű paramétereire alapján lettek meghatározva. A PSM motorok általában alacsonyabb motorfordulatszámokon működnek jó hatásfokkal, míg az ASM motorok magasabb fordulatszámokon érik el a legjobb hatásfokú zónájukat. A legjobb hatásfokú zóna rendszerint 95% fölött van, emellett részterhelésen is rendszerint 50% fölötti hatásfokkal működnek.



1. ábra Az elektromos gépjárművekben jellemző PSM és ASM motorok hatásfok jellegmezői

A másik fontos jellemzője a villamos gépeknek a tartós terhelhetőség. Rövid ideig jelentősen túl lehet terhelni az elektromos hajtásláncot (az akkumulátort, az invertert és a villamos gépet), viszont hosszú távon a túlmelegedés miatt le kell szabályozni a terhelést. Az országúti és az autópálya jellegű

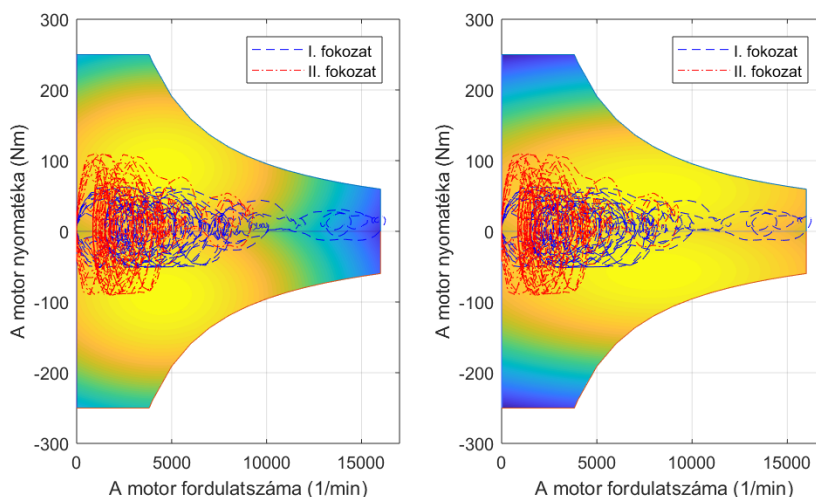
igénybevételeknél a tartós nyomatékkarakterisztikát kell figyelembe venni, míg városi üzemben a maximális karakterisztikával is lehet számolni.

Mindezek alapján az első tervezési lépés a megfelelő teljesítményű villamos gép kiválasztása, figyelembe véve a jármű gyorsítóképességét és dinamikai végsebességét.

4. HAJTÓMŰ JÁRMŰDINAMIKAI MÉRETEZÉSE

Az elektromos járművek hajtáslánc kialakításánál a legfontosabb szempont az egyszerű, olcsó, kompakt kialakítás. A hajtómű feladata az együttműködés megvalósítása a villamos gép fordulatszám-nyomaték karakterisztikája és a hajtott gépjármű sebesség-vonóerő igénye között. Amennyiben az alkalmazott hajtóművel a legnagyobb szükséges vonóerő és az igényelt tartós végsebesség is megvalósítható egy fokozattal, akkor nem szükséges tovább bonyolítani a hajtásláncot. Napjaink elektromos járművei rendszerint egyfokozatú hajtóművel vannak szerelve. A villamos gép – jármű együttműködést nagyban könnyíti a villamos gép nagy fordulatszám-tartománya, nagy indítónyomatéka és a kedvező karakterisztikája.

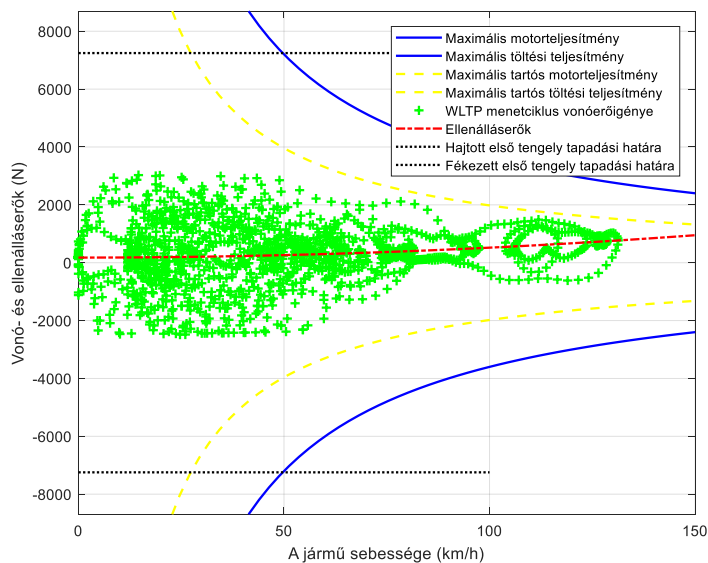
A többfokozatú hajtómű alkalmazását indokolhatja, ha a maximális vonóerőt, vagy a dinamikai végsebességet növelni kell. Ma még nem jellemző, de többfokozatú (vagy fokozatmentes) hajtóművel a hatótáv is növelhető, amennyiben a fokozatváltással mindig a jobb hatásfokú zónájában működtetjük a villamos gépet. A 2. ábrán erre láthatunk példákat. A diagramokon a WLTP menetciklus együttműködési görbéi láthatók kétfokozatú hajtóművek esetére.



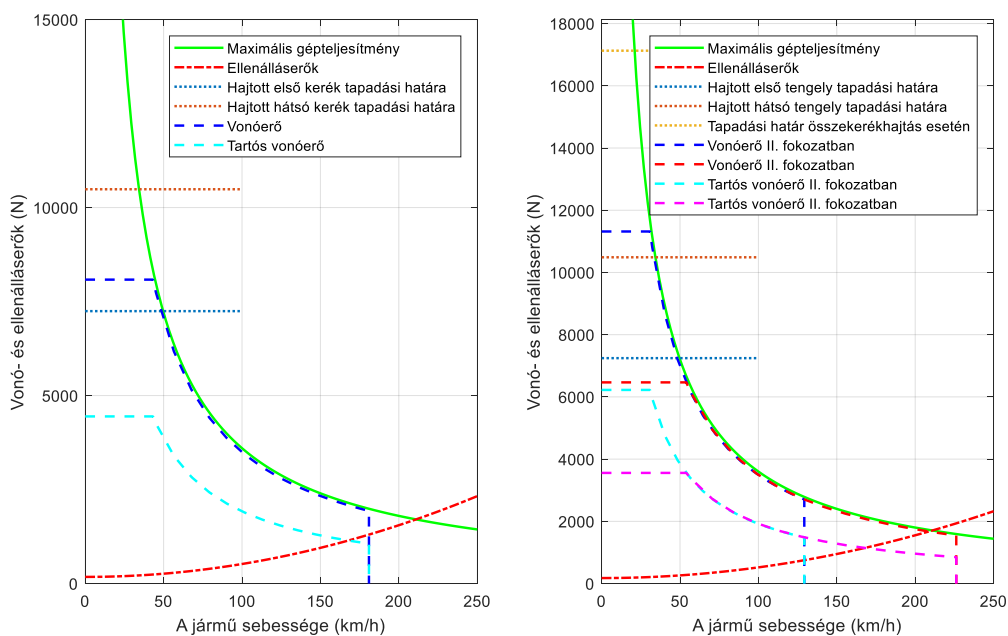
2. ábra Az elektromos gépjárművekben jellemző PSM és ASM villamos gépek hatásfok jellegmezői és együttműködési görbék kétfokozatú hajtóművel WLTP menetciklusban

A 3. ábrán megtekinthető a WLTP menetciklus vonóerőigénye a maximális járműteljesítmények és az ellenállás-erők mellett. A felhasználó igényeknek megfelelő menetciklusok alkalmazásával a diagram alapján fel lehet venni a villamos hajtásrendszer szükséges teljesítményét. Az hatásfok jellegmezők és a menetciklus együttműködési görbékből is látható, hogy elektromos hajtásláncok esetén a megszokott hajtóanyag-fogyasztás jellemzők megváltoznak. Mivel a villamos gép alacsony terhelésen is jó hatásfokkal üzemel, és kis terhelésnél rendszerint az ellenállás-erők is kicsik, ezért az elektromos hajtáslánc városi környezetben a rekuperálási lehetőség miatt kis energiafogyasztással működik, és a hatótáv csak tartós nagy sebességű haladásnál csökken jelentősen.

A 4. ábrán egy egyfokozatú és egy kétfokozatú hajtóművel szerelt elektromos jármű vonóerő diagramja látható. Az egyfokozatú hajtóműves jármű esetén az összátétel úgy lett megválasztva, hogy elsőkerék hajtás esetén a tapadási határnál nagyobb legyen a kivezérelhető vonóerő. Ebben az esetben a jármű dinamikai végsebessége bőven a közúton megengedhető sebességhatár felé kerül még tartós vonóerővel is, ami azt jelenti, hogy egyfokozatú hajtóművel kiszolgálható a jármű.



3. ábra Az villamos gépek maximális teljesítmény karakterisztikái és a WLTP menetciklus teljesítéséhez szükséges vonóerő viszonya



4. ábra Az egyfokozatú és kétfokozatú elektromos hajtásrendszer vonóerő diagramjai

A kétfokozatú hajtóművel szerelt járműben az első fokozat úgy lett megválasztva, hogy hátsókerék hajtás esetén a tapadási határnál nagyobb legyen a kivezérelhető vonóerő. Ebben az esetben a dinamikai végsebesség lecsökkent, ami itt egyben a kinematikai végsebesség is. Amennyiben nagyobb dinamikai végsebességet szeretnénk megvalósítani, egy második fokozat beépítése célszerű. A diagramon a második fokozat áttétele úgy lett megválasztva, hogy a jármű dinamikai végsebessége elegendően nagy legyen. Összességében megállapítható, hogy két fokozatra akkor van szükség, ha nagy az igény a jó gyorsítóképességre és a nagy végsebességre is. Nagyobb járműtömeg esetén ezek a szempontok hangsúlyosabban megjelennek.

Az alkalmazott járműparaméterek az 1. táblázatban láthatók.

A cikkben alkalmazott járműmodell paraméterei

1. táblázat

Jármű tömeg	1800	kg	Villamos gép maximális nyomatéka	250	Nm
Tengelytávolság	2,6	m	Hajtáslánc mechanikai hatásfoka	0,97	-
Súlypont távolsága az első tengelytől	1,3	m	Egyfokozatú hajtómű áttétele	10	-
Súlypontmagasság	0,5	m	Első fokozat áttétele	14	-
Légellenállási együttható	0,3	-	Második fokozat áttétele	8	-
Homlokfelület	2,5	m ²	Levegő sűrűsége (20C)	1,188	kg/m ³
Kerék gördülő sugár	0,3	m	Nehézségi gyorsulás	9,81	m/s ²
Villamos gép maximális teljesítménye	100	kW	Tapadási tényező	0,97	-
Villamos gép maximális fordulatszáma	16000	1/min	Gördülési ellenállási tényező	0,01	-

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatás célja a korszerű gépjármű elektromos hajtásláncok méretezésének kezdő lépéseinek bemutatása. Villamos hajtásláncok esetén a hagyományos hajtásláncok esetén megszokott rutinok sok esetben megváltoznak. A cikk bemutatta a tipikus felhasználói igényeknek megfelelő villamos gép teljesítményszint választást és a hozzá tartozó hajtómű áttételének/áttételeinek megválasztását. Ezek után, a bemutatott elveknek megfelelően, a kiválasztott hajtáslánc megvizsgálható menetciklus szimulációban, valamint el lehet kezdeni a konstrukció megtervezését.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] United Nations Global technical regulation No. 4; 25 January 2007
- [2] Arno Mathoy (2011) Drivetrain architectures and their impact on the choice of the electrical machine, Proceedings of the 2011 14th European Conference on Power Electronics and Applications
- [3] S. P. Nikam, B. G. Fernandes (2014) Low cost electric drivetrain for conversion of ICE vehicle into an electric vehicle, 2014 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES)