



Harc a „vezér”-szerepért

Különböző vezérmű-hajtásrendszerek



ÓRI PÉTER

A személygépjármű-motorok vezérlési rendszeréhez a fejlesztők számára a megfelelő hajtásmód kiválasztása mindig is nehéz döntés volt. A szíj és a lánc „harca” rég-
re nyúlik vissza, azóta tart, amióta a fogasszíj egy Glas autóban először jelent meg. Még ma sem tudunk/tudnak egyértelmű preferenciát felállítani az egyik vagy a másik mellett. Mindkét rendszer fejlődése töretlen. Az elmúlt években több új konstrukcióval találkozhattunk, melyek közül az olajban futó „élettartamszíjakat” és a fogaslánco-
kat emeljük ki.

AZ „ÖRÖKÉLETŰ” LÁNC

A lánchajtás mellett a legrégebbi és leghatározottabb érv a hosszú élettartam. Egy jó lánchajtás-konstrukcióban – ahol nagyon számít a vezetés és a feszítés – a jármű élettartama során a láncot nem kell cserélni és nem igényel különösebb karbantartást sem. Sajnos a valóság mást mutat. Emlékezzünk csak vissza a BMW visszahívásaira vagy a VW-konzern és más gyártó motorjainak lánccserével kapcsolatos

problémáira. Ilyen esetekben a csere sokkal nagyobb költséggel járt mint egy szíjcsere, ugyanis a láncos konstrukciók tervezésénél nem a szerelhetőség az elsődleges. Kiváló példa erre a BMW N47 dízelmotor (melyről részletesen beszámoltunk az Autótechnika 2012. 10. és 11. számában), ahol is a helytakarékoság miatt a kihajtás oldalán van a motor vezérműhajtása, ráadásul a forgattyús tengelybe van belemunkálva a lán-

kerék ❶. Egy meghibásodás esetén a váltómű leszerelésén túl a forgattyús tengely cseréjét is el kell végezni, ami a javítási időt és a költségeket is súlyosan megnöveli. Az Audi V6-os láncos motorjának vezérműhajtását elnézve ❷ könnyen belátható, hogy vannak olyan helyzetek, amikor a szíj használata a nehézkes karbantartás miatt nem igazi opció. Egy megfelelően méretezett lánchajtás ilyen esetekben célravezetőbb.



❶ A láncos konstrukciók tervezésénél nem a szerelhetőség az elsődleges.

A láncajtás előnyeként lehet felhozni a kisebb helyigényét, és hogy olajban fut, ezért a motorblokkba helyezhető. Továbbá érzéketlen a hőingadozásra és kevésbé terheli a tengelyek csapágyazását mint a szíjhajtás, a kisebb feszítőerő miatt.

A lánc hajtásakor nagy dinamikai igénybevétel lép fel. A hajtott lánckerék csak akkor forogna állandó sebességgel, ha a lánc tökéletesen hajlékony lenne, mint a kötél vagy a szíj. Mivel azonban a lánc véges hosszúságú tagokból áll, a fogakkal kialakított lánckerékre, mint egy sokszögre fut fel. Forgáskor a lánckerék fogai a lánc alá gördülve a láncot megragadják, ezáltal a lánc lebegő mozgást végez sugár irányban és a lánccsapok kerület irányú sebessége lüktető. Közben a mozgásuk sugár irányban pedig

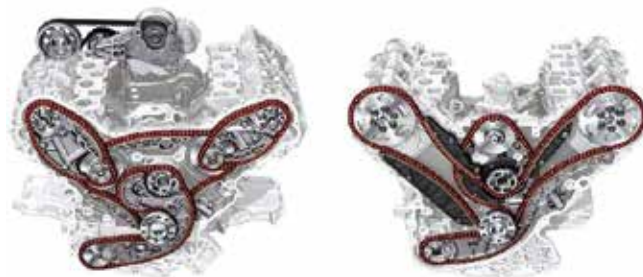
ostorozó jellegű. Ez a kettős jelenség a láncajtásokra mindig jellemző poligon (sokszög) hatás, és következménye a lánc jelentős dinamikai igénybevétele. Az egyenetlesebb futást segítő nagy fogszámú lánckerék nagyon kis láncosztást igényel, ami a méretek csökkenése révén szilárdságvesztést is okoz, így a hagyományos láncajtásnak van szilárdsági korlátja, ami mellett ez a poligon hatás még érvényesül. Az egyenetlen járásból adódó terhelésingadozás nemcsak a láncot nyújtja, hanem a rendszerben lévő elemekre is hatással van.

A láncajtás előbb felsorolt hátrányait enyhíti a fogaslánc ❸, ami nem csúszik a lánckeréken, hanem, mint egy fogaske-
rék legördül rajta. Nagyobb sebesség érhető el vele, ráadásul a járása is halkabb,

mint a hagyományos (csapos) láncoké. Mivel speciális lánckerék és lánc szükséges hozzá, ezért drágább, mint a csapos láncokból kialakított rendszerek, de a szíjjal szembeni hátrányokból sikerül lefaragnia. Ilyen vezérműhajtás található a Renault TCe 90-es, háromhengerű motorban is ❹. A súrlódási hátrányai kis viszkozitású motorolaj használatával enyhíthetők, ráadásul még a hagyományos láncos kivitelnél is keskenyebb hajtás valósítható meg velük, így a motor hossza tovább csökkenthető.

A CSERÉLENDŐ FOGASSÍJ

A fogassíjait 1962-ben egy dingolfingeri autógyártó, Hans Glas alkalmazta először négyütemű motorban, így ő indította el a vezérműsíkjak diadal-



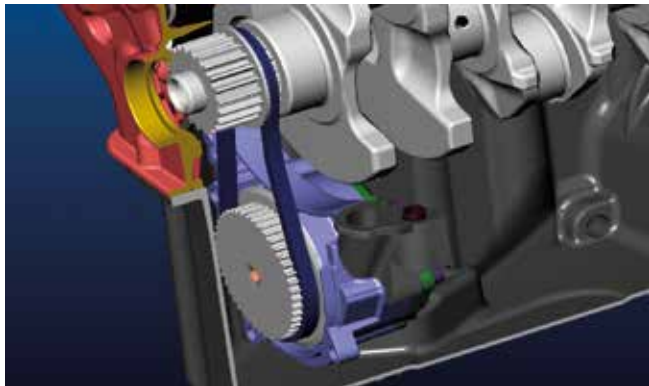
❷ Vannak olyan helyzetek, amikor a szíj használata a nehézkes karbantartás miatt nem igazi opció.



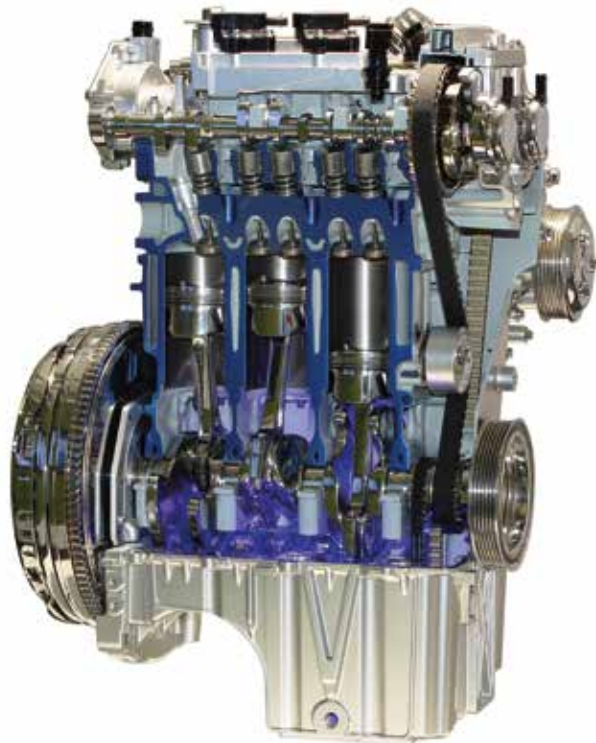
❸ A láncajtás hátrányait enyhíti a fogaslánc, amivel nagyobb sebesség érhető el, ráadásul a járása is halkabb, mint a hagyományos (csapos) láncoké.



❹ A Renault TCe 90-es, háromhengerű motorban már fogaslánc található.



5 Már 5 éve kifejlesztettek olyan szíjakat, amelyek élettartama 240–250 ezer km és alkalmas olajban futni, így nemcsak vezérműtengely, hanem olajszivattyú hajtására is alkalmazhatók.



6 A többszörösen „Az Év Motorja”-győztes Ford 1,0 Eco-Boost motorban olajban futó, élettartamszíjat alkalmaznak.

menetét az autópárhánban. Az általa alkalmazott szíj sokkal csendesebb, könnyebb és olcsóbb volt, mint láncos társai. Egyre több konstruktőr alkalmazott fogasszíjat a vezérműtengely hajtásához, ez a tendencia egészen a '90-es évekig töretlen volt, ugyanis az új anyagok bevezetésével egyre nőtt a szíjak csereperiódusa. Majd sorra érkeztek a bonyolultabb kialakítások, egyre csökkent a hely a motortérben, és a vásárlóknak imponáltak a karbantartásmentes megoldások, így a szíjhajtást sok gyártónál a lánc váltotta fel.

Napjaink meghatározó tényezője a CO₂-kibocsátás csökkentési lehetőségeinek feltárása és kihasználása. A legnagyobb szíjgyártók még 2008-ban kértek egy független laboratóriumi vizsgálatot, hogy megállapítsák: a szíj vagy a lánc használata előnyösebb a fogyasztás és a CO₂-kibocsátás szempontjából. Az FEV által végzett vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a szíjhajtás számos előnnyel rendelkezik, nem csak a CO₂-kibocsátás terén, a lánc hajtással szemben. Egy 1,6 l lökettérfogatú, benzínüzemű motoron végzett kísérletből kiderült, hogy a vezérműszíjas motorok 1%-kal keve-

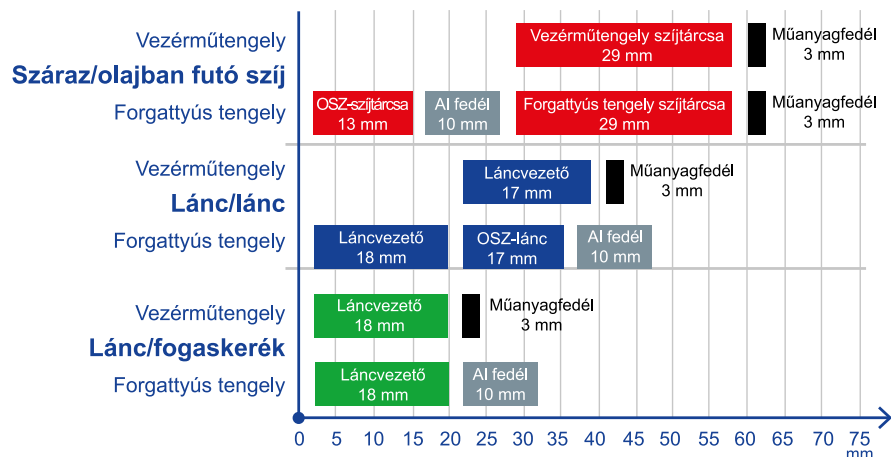
sebbet fogyasztanak és több mint 1,5 grammal kevesebb CO₂-t bocsátanak ki kilométerenként. A motorfékpad vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a súrlódási középnyomás a szíjhajtású motor esetében 0,04 bar-ral csökkent, amely nagyjából 30%-os súrlódásvesztés-csökkenést jelent a lánc hajtásával szemben. A fogyasztáscsökkenés és ezzel egyidejűleg a CO₂-kibocsátás csökkenése a szíjhajtás kedvezőbb súrlódási tulajdonságainak köszönhető. Ez egy 1150 kg tömegű autónál 1,5 gramm csökkenést, míg egy 1650 kg tömegű autónál 1,3 gramm csökkenést jelent CO₂-kibocsátás terén, 30–50 km/h sebességen, átlagos városi forgalmi körülményeket szimuláló vizsgálatok alapján.

Az élettartammal és az olajállósággal kapcsolatos hátrányok is eliminálódni látszanak, ugyanis már 5 éve kifejlesztettek olyan szíjakat, amelyek élettartama 240–250 ezer km és alkalmas olajban futni, így nemcsak vezérműtengely, hanem olajszivattyú hajtására is alkalmazhatók 5. A többszörösen „Az Év Motorja” – győztes Ford 1,0 Eco-Boost motorban is ilyen technológiát alkalmaznak 6. Az olajban futó szíj csendesebb a száraz hajtásnál, és

a tömítési szempontok alapján is kedvezőbb. Egyelőre nem sokat tudni az olajban futó szíjak ellenálló képességéről, de figyelembe kell venni az olajban lévő szennyeződések káros hatását is. Az elvégzett vizsgálatok alapján a koromszemcsékre nem érzékeny a szíj, viszont az etanollal és más alternatív tüzelőanyagokkal végzett teszteken nem teljesítettek jól a polimerek.

A szíjhajtások talán legnagyobb hátránya a láncsal szemben a szükséges helyben keresendő. Még nem tudtak olyan szíjat kifejleszteni, aminek szélessége a hasonló szilárdságú lánc hajtással vetekedne. A szükséges feszítő- és vezetőgörgők szélessége is ennek megfelelően nagyobb a láncoknál használatos vezetőknél. A 7 ábra mutatja a különböző hajtások helyszükségletét.

Ha a lánc hajtások esetében említést tettünk a nem tervezett meghibásodásokról, a szíjak esetén is meg kell említeni, hogy már több olyan esettel is találkozhattunk, amikor a tervezett élettartam előtt szakad el a vezérműszíj, ezzel kárt téve a motorban. Sokan éppen ezért már az előírt intervallum előtt 10–20 ezer km-rel cseréli/cserélheti a szíjat. Használt autó vásárlásánál



8 A Toyota 1HD-T kódú motorja fogaskerék-vezérlésű.

7 A különböző hajtásmódok helyszükségelei.

is érdemes érdeklődni a beszerezni kívánt jármű motorjának tulajdonságai iránt, ugyanis amennyiben fogasszíjjal vezérelt, a költségvetésbe illik belealkulálni a „vezérműszett” cseréjét.

FOGASKERÉKHAJTÁSOK – A HASZONJÁRMŰVEK PRIVILÉGIUMA

A fogaskerék-hajtások élettartama messze túlmutat a láncén és a szíjácén is, ez viszont a költségeiben is visszatükröződik. A haszonjárművek 7–8 liter lökettérfogat feletti, 1,5 millió km-re tervezett motorjainak vezérlését ilyen módszerrel oldják meg, viszont

ennek személyjárműves alkalmazása nem kifizetődő, főleg a felülvezérelt motorok elterjedésével megnőtt tengelytávolság miatt. Egy-két kivétel természetesen erősíti a szabályt, például a Toyota 1HD-T kódú motorja, amit a Land Cruiser terepjárókba építettek a '90-es években 8. Ha önmagában nem is, de kiegészítő hajtásként ma is találkozhatunk fogaskerekekkel a vezérlésben: kis helyigénye miatt azokban a DOHC-vezérlésű motorokban, ahol a forgattyús tengely közvetlenül csak az egyik vezérműtengelyt hajtja meg, előszeretettel alkalmazzák az egyik vezérműtengelyről a másira

történő áthajtásra 9. Használatos még kiegyenlítő tengelyek hajtására is 10.

INTELLIGENS SZELEPVEZÉRLÉS FORGATTYÚSTENGYELY-KAPCSOLAT NÉLKÜL

Az Egyesült Királyságban bejegyzett Camcon fejlesztő cég ennek kiküszöbölésére fejlesztette ki az elektromechanikus rendszerét, melynél minden szelepnak saját, független meghajtása van. A technológiát Intelligens Szelepvezérlésnek (IVA – Intelligent Valve Actuation) nevezték el és Roger Stone, a cég technikai igazgatója szerint fontos szerepet kap



9 Előszeretettel alkalmaznak fogaskerék-hajtást az egyik vezérműtengelyről másira történő áthajtásra.

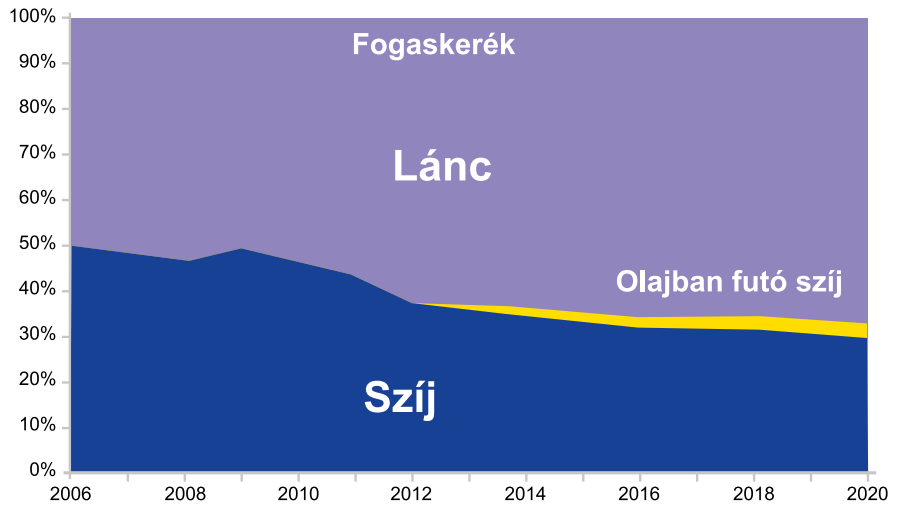


10 Kiegyenlítő tengelyek hajtására is gyakran alkalmaznak fogaskerék-hajtást.

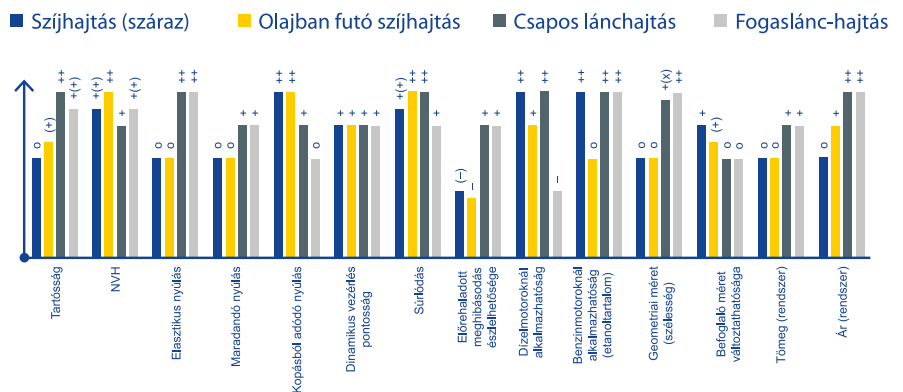
majd a 2020-as károsanyag-kibocsátási normák betartásában. Lényege, hogy a szelepemelés nagysága, időzítése és periódusa szabadon állítható legyen az adott fordulatszámhoz és terheléshez akár ciklusonként. Eltűnnek az eddigi, hagyományos szelepvezérléssel járó korlátok: az új rendszer a motor üzemállapotának megfelelő szelepmozgatást tesz lehetővé. És még egy alkatrész neve mögé tehető a „-by-wire” kifejezés, hiszen a gyors digitális szabályozással állíthatók a szelepmozgások. A hasonlóan innovatív Ricardo-tól érkező fejlesztésvezető azt is elmondta, hogy eddig a mérnökök keze meg volt kötve közvetlenül a motorról hajtott szelepvezérlés miatt, ezért volt szükség szemléletmódosításra, és egy teljesen más irányból kellett megközelíteni a problémát. Majd megjegyezte, hogy két nagy előnyt tud felhozni az IVA mellett: az egyik, hogy a motor üzemállapothoz igazítható a vezérlés, a másik pedig, hogy új égési eljárások is megvalósíthatók a rendszerrel. Habár a megoldás forradalmi újításnak számít, a benne rejlő technológia egy megbízható, sorozatgyártott elektromotoron és a dezmodromikus szelepvezérlésen alapszik. Dezmodromikus szelepvezérléssel a Ducati V2-es motorjaiban találkozhattunk eddig, talán sehol máshol. Lényege, hogy nincsenek - a hagyományos értelemben vett - szeleprugók, csak a szelephimbák tövében vannak előfeszítő rugók, ezért a szelepek nyitását és zárását is bütykök végzik. A fejlesztő több autógyárral is kapcsolatban van, és még folynak a tesztelesek, de bizakodóak a jövőre nézve, mert úgy látják, hogy az IVA lehet a megoldás a szigorodó kibocsátási előírásokra, de a rendszer tömeges elterjedésével a közeljövőben még nem kell számolni.

VEZÉRMŰTRENDEK AZ AUTÓIPARBAN

Az AVL tanulmányait böngészve arra a következtetésre juthatunk, hogy



11 Az AVL tanulmányának eredménye a vezérműhajtások jövőjéről.



12 A szíjhajtások és a lánchajtások a cikkben említett 2-2 fajtájának értékelése, különféle tulajdonságok szerint.

a 2000-es évek végétől az addigi 50–50%-os láncmegoszlás mára 60–40%-ra módosult, a lánchajtás javára. A 11 ábra szerint a lánchajtások piaci részesedése tovább nő, de csak kis mértékben. A szíjhajtás közül a száraz szíjhajtás 2020-ra csak 30%-ot fog kitenni, ezt a 10%-os csökkenést részben kompenzálja az olajban futó vezérműszíjak elterjedése.

KONKLÚZIÓ

A vezérműszíjak megjelenése óta már több mint 50 év telt el, mégsem lehet a mai napig sem biztosan kijelenteni, hogy jobbak vagy rosszabbak a lánchos vezérlésnél. Mindkét hajtásforma sokat

fejlődött az elmúlt években, ezzel is nehezítve a mérnökök döntését a motorok tervezésekor. A 12 ábra összegyűjti a szíjhajtások és a lánchajtások a cikkben említett 2–2 fajtájának értékelését különféle tulajdonságok szerint. Az oszlopok ingadozásából jól látszik, hogy az egyes tulajdonságok tervezéskor rögzített súlyozása alapján lehet csak egyértelműen dönteni. Az utolsó oszlop mutatja az egyes hajtások teljes (rendszer) költségét. A lánchajtások ebben a vetületben megelőzik a szíjakat, így az utóbbi években tapasztalt terjedésüknek valószínűleg ez a fő oka.

Forrás: FEV, AVL, Bosch, Continental, Gates-tanulmányok