



A jövőből érkezett...

Mercedes-Benz Citaro G BlueTec® Hybrid

A mai nagy „Ö”, a Mercedes-Benz G BlueTec® Hybrid, a Mercedes soros hibrid, dízelektromos autóbussa. Az O 530 GDH típusjelű nagy „Ö” átutazóban villámlátogatást tett Szegeden (1. és 2. ábra). Akik a lehetőséget erre megteremtették, azok a Tisza Volán Zrt. keretein belül működő Dél-alföldi Közlekedésfejlesztési Klaszter (DAKK) szakemberei voltak, élén dr. Szeri István vezérigazgató úrral. A kezdeményezéshez örömmel csatlakozott az EvoBus Hungaria Kft. és a Pro-Truck Kft., az ZF magyarországi képviselet is. A hibrid autóbusz látogatása

jó alkalmat adott arra, hogy július 16-án ez alkalomból a „Jövő járműve” témakörben konferenciát is szervezzenek.

A Daimler „zöld” haszongépjárművei

A Citaro G BlueTec Hybrid világpremiere 2007. november volt a MOT-on, a Mannheim Autóbusz Napok rendezvényen. 2009 márciusában 15 országból érkezett több mint 250 nagy autóbusz-üzemeltető vállalat részére mutatták be a

A tömegközlekedés preferálása – számos egyéb tényezővel együtt – akkor fogadtatható és fogadható el, ha a nagyvárosokban, azok legsűrűltabb, legnagyobb helyi szennyezettségű belvárosi utcáin, terein közlekedő gépjárművek egyáltalán nem vagy csak csekély mértékben okoznak környezetkárosítást, alig növelik a levegő- és zajszennyezést. Az sem elhanyagolható kérdés, hogy ezeknek az autóbuszoknak – mert ezekről van szó – milyen az üzemeltetési gazdaságosságuk és a CO₂-kibocsátásuk. Amennyiben a tisztán villamos hajtás vezeték-kiépítési és egyéb műszaki okok miatt nem oldható meg, akkor autóbuszoknál is csak a hibrid-technika jöhet szóba.



1. ábra

járművet Mannheimben, ill. Stuttgartban. Piaci felmérések szerint a hibrid technológiát támogató, nyugat-európai közösségi közlekedésért felelős cégek várható éves potenciális kereslete legalább 300 hibrid autóbusz. A Daimler Buses több hibrid autóbust adott el, mint bármelyik másik buszgyártó a világon. Észak-Amerikában már túl van a 3000. Orion VII. New Generation dízelektromos hibrid autóbusz eladásán, a leszállított járműveket New Yorkban, Seattle-ben és Torontóban helyezték forgalomba. Az ún. „zöld” haszongépjárművek terén a Daimler-konzern vi-



2. ábra

A hibrid autóbusz mért és várható tüzelőanyagfogyasztás-csökkenése városi üzemben, illetve erősen változó domborzati viszonyok között 30% körüli érték. Ez jelentős!

Miből származik a fogyasztáscsökkenés?

Négy fő okra vezethető vissza. Az első a dízelmotor munkapontja kedvező megválasztásának lehetősége. A generátoros üzemben a dízelmotor a legkedvezőbb fajlagos fogyasztást adó fordulatszám-tartományban dolgozhat, és csak akkor kell üzemelnie, amikor kellően nagy terheléssel mehet.

A második tényező a rekuperatív fékezés. Mind a gátolt városi üzemben a gyakori útvonali fékezések, mind a megállókban való megálláshoz szükséges fékezések nagy fékteljesítményt igényelnek. Ehhez jöhet még a lejtmenetekben szükséges fékezési energia hasznosítása. A kerékagy-villanymotorok generátor üzemben töltik az akkumulátorokat. Sajnos az akkumulátor, így az alkalmazott Li-ion akkumulátor sem tud gyorsan, nagy energiát betárolni, ezért a fékezési energia visszatáplálása maradéktalanul nem lehetséges. A Mercedes-Benz hibrid folyadékűtésű, 60 kW teljesítményű villamos (ún. fékező) ellenállást is alkalmaz. Mint ismert, ezt az energiacsúcsot vagy szuperkapacitások vagy mechanikai energiatárolók tudják felvenni.

A harmadik tényező a villanymotorral hajtott segédberendezések (szervószivattyú, klímakompresszor, légkompresszor, generátorok) szükség szerinti kapcsolhatósága.

légviszonylatban piacvezető, az elmúlt év végéig kb. 13 ezer darab, valamely alternatív hajtáskonceptiójú járművet szállított le vevői részére a Mitsubishi Canter Fuso Eco Hybrid teherautókból vagy az Orion hibrid autóbuszokból.

A dízelelektromos hajtási mód – ma soros hibridnek mondjuk – közúti járművek esetén autóbuszoknál jelent meg először. „Nem most kezdtük” – mondják a Daimler vállalatcsoportnál. Immár 40 éve folyik hibridhajtású buszfejlesztés. A történet kezdete az 1969-es Frankfurti Motor Show-ra nyúlik vissza, ahol bemutatták Mercedes-Benz OE 302 Hybrid-Elektrobus-t. (Lásd a Mercedes hibridtörténelem rövid összefoglalását cikkünk keretes részében!)

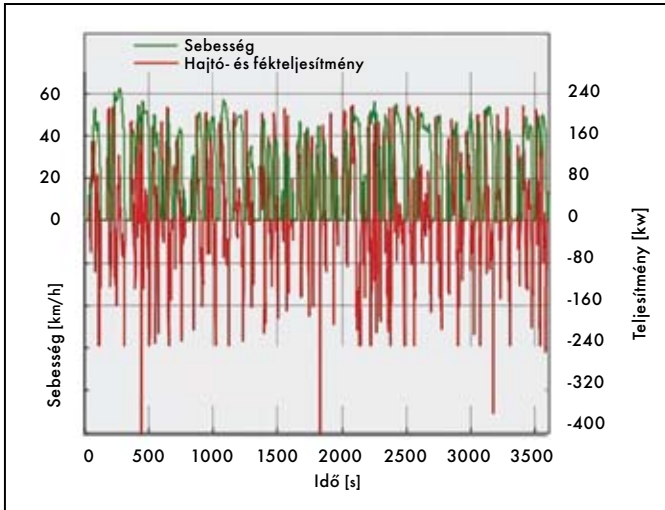
A Mercedes városi hibrid csuklós autóbusza – ez nem hivatalos megnevezés – (majdnem) összkerék-hajtású. A kerékagy-villanymotorok egyenként hajtják a B és C tengely kerekeit. A kerekenkénti önálló hajtás, minden hajtásszabályzó álma mind a vonóerő-, mind a stabilitás-, mind az ABS-szabályozásban. Sőt ez még a gumiabroncsok élettartamát is megnövelheti. A Citaro Hybrid teljes értékű hibrid, mert – a belső égésű motor járása nélkül – pusztán akkumulátoros forrásból véve az energiát is tud haladni. A dízel-elektromos hajtás a soros hibridek családjába tartozik, tehát a dízelmotor-generátor aggregát elektromos áramot fejleszt, melyet a kerékagy-villanymotorok és az akkumulátorok használnak fel. A gene-

rátor Siemens gyártmányú, kiforrott ipari alkalmazásokban használt, 160 kW-os, állandó gerjesztésű váltóáramú aszinkron egység.

Miért hibrid?

Az üzemeltetőnek a gazdaságosság számít. Melyek az üzemi költségek, milyen a beszerzési ár és milyen támogatások vagy kényszerek hatnak. Az üzemi költségek között első helyen áll a tüzelőanyag-fogyasztás.



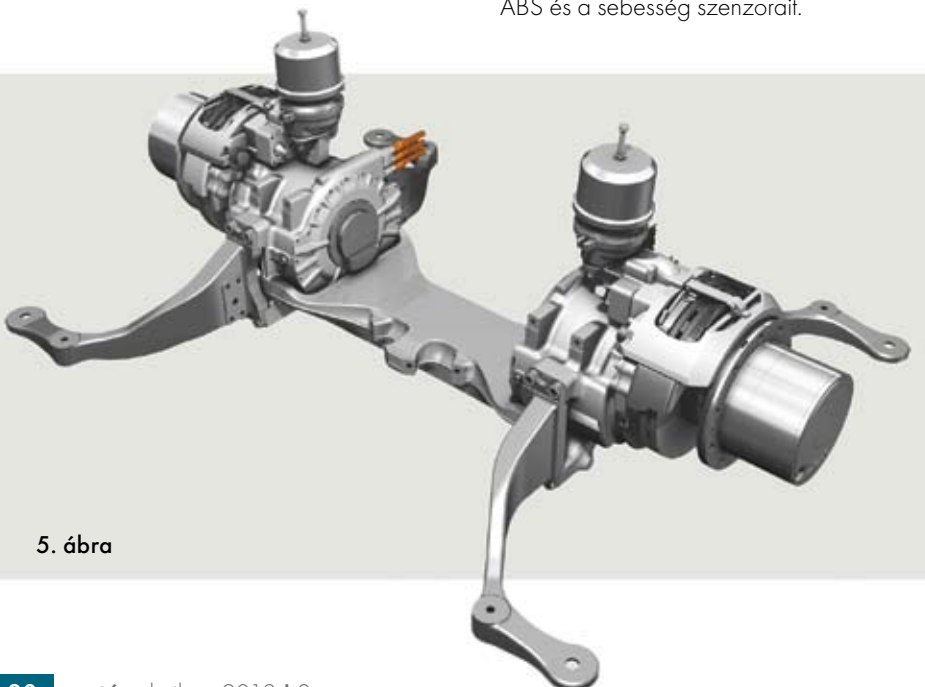


3. ábra

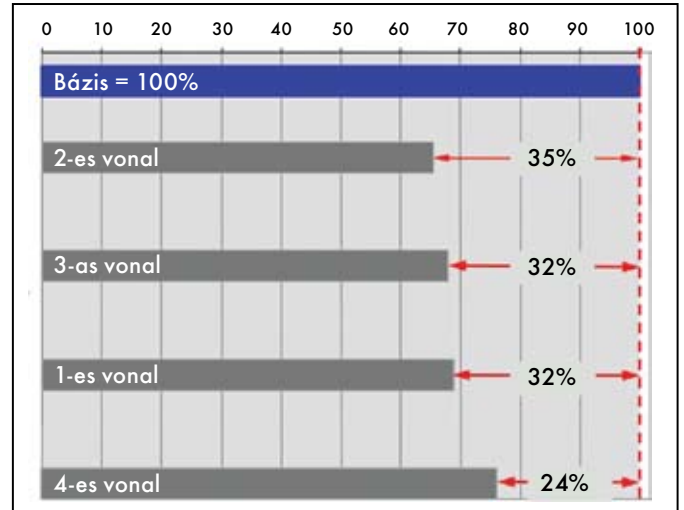
A negyedik tényező a „stop-start” üzem megvalósításának abszolút akadálymentessége. Minderre jól mutatnak rá a Stuttgart Esslingenben, négy viszonylatban nyert adatok (3. és a 4. ábrák). A sebesség- és teljesítménydiagram (3. ábra) a fékezési teljesítmény nagyságára mutat rá, mely hagyományos esetben teljes egészében - hővé alakulva - elvész. Mindebből az is következik, hogy távolsági, esetleg elővárosi felhasználásnál a még meglehetősen drága hibridtechnika jelentős előnyt nem tud felmutatni.

Alacsony padlómagasságú kerékagy-villanymotoros híd

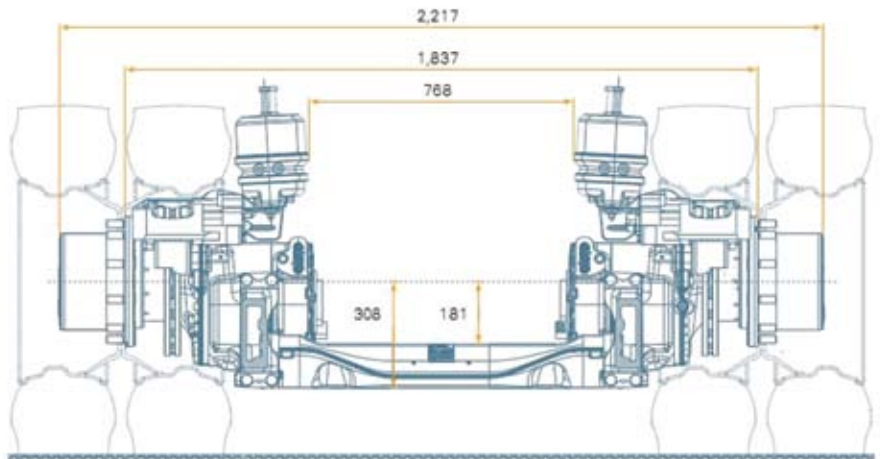
A ZF vállalat az AVE 130 típusú futóműhidat (5. ábra) dízelelektromos hajtású, alacsony padlómagasságú városi autóbuszok, kiemelten csuklós autóbuszok B és C tengelyének tervezte - hangzott el a konferencián Czákó



5. ábra



4. ábra



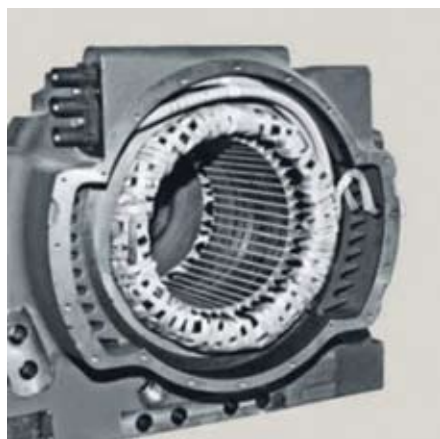
6. ábra

László úrtól, a ZF képviselőjétől. A híd kerékgöcsök egysége jeladókat is magába foglal, így a hőmérséklet, a villanymotor-fordulatszám, az ABS és a sebesség szenzorait.

A fékszerkezetet, a kerékgöcsök csapágyazás- és tömítésmegoldását a hagyományos hídkonstrukciókból vették át. A beépítési méretek megegyeznek a hagyományos ZF AV 132 és AVN 132 hidakéval (6. ábra). A dízel-elektromos hajtás a soros hibridek családjába tartozik, tehát a dízelmotor-generátor aggregát elektromos áramot fejleszt, melyet a kerékgöcsök villanymotorok és az akkumulátorok használnak fel. A generátor Siemens gyártmányú, kiforrott ipari alkalmazásokban használt, 160 kW-os, állandó gerjesztésű váltóáramú aszinkron egység.

A 3 fázisú aszinkron kerékgöcsök motor maximális teljesítménye 240 kW, tartós teljesítménye 120 kW (7. ábra).

A villanymotoros híd természetesen alkalmas minden villamos energiaforrású autóbushoz, így tisztán akkumulátoros, tüzelőcellás (FC) vagy akár felsővezetékű, azaz trolibusz változatokhoz. A ZF híd adatait táblázatba foglaltuk.



7. ábra

Az autóbusz konstrukciója

A hibrid hajtás előnye a konstruktóri szabad-ságban is rejlik, mivel a hidakhoz csak elektromos kábelek mennek. A többi villamos egység viszonylag szabadon helyezhető el, így célszerűen az autóbusz tetejére került az akkumulátorcsomag, hűtők, villamos főegységek. Vízhűtésű átalakítók (inverterek) a B és C tengelyeken lévő, mindösszesen négy villanymotorhoz, Li-ion akkumulátorok (klímakompresszorhoz kapcsolódó vízűtéssel), villamos hajtású segédaggregátok (szervószivattyú, klímakompresszor, légkompresszor, generá-



8. ábra



9. ábra

Típus	AVE 130
Gyártó	ZF Passau GmbH, Axle Systems for C.V., D-94030 Passau, Németország
A híd tömege (a felfüggesztési rudazattal)	1110 kg
Maximális tengelyterhelhetőség	130 kN (13 tonna)
Maximális keréknyomaték	10 500 Nm/motor
Maximális rövid idejű teljesítmény	240 kW/motor
Folyamatos teljesítmény	120 kW/motor
Maximális kerékfordulatszám	485 min ⁻¹
Áttétel	kétfokozatú, 22,63
Gumiabroncsméret (standard)	275/70R22,5
Kerékpántméret (standard)	22,5" x 8,25"
Fék	ventilációs tárcsafék
Villanymotor	a tengelyhidanként 2 db 3 fázisú aszinkron gép
Maximális fordulatszám	11 000 min ⁻¹
Hűtés	folyadékűtés (víz/glikol 50/50%)
Névleges feszültség	350 - 420 Vrms
Névleges áramfelvétel	135 Arms
Maximális áramfelvétel	350 Arms
Védelem	IP6K9K

torok). Tetőn elhelyezett hűtőberendezés (6 darab, zajszegény axiál ventilátorral) hűtőteljesítménye 70, illetve 75 kW.

A Li-ion akkumulátoregység folyadékűtésű, 330 kg tömegű, kapacitása 26,9 kWh, maximális teljesítménye 250 kW, karbantartásmentes, cellánként diagnosztizálható, modulonként cserélhető.

A DC-DC átalakító 400-750 V-os, 200 kW teljesítményű.

A 8. ábra a főegységek elhelyezését mutatja. A 9. ábra az autóbusz gyorsítása és fékezése alatt kialakuló energiafolyam szemléletes illusztrációja. A hagyományos csuklós Mercedes-Benz autóbusz OM 457 hLA dízelmotorját (12,0 liter lökettérfogat, 960 kg, 260 kW) lényegesen kisebbre lehetett cserélni. A hibrid aggregát OM 924 LA dízelmotorja csak 4,8 literes, tömege 400 kg, teljesítménye 160 kW. A motort hibridüzemre átterveztek, optimalizálták, kipufogógáz-tisztasága EEV szintre csökkenthető. A kipufogógáz-tisztítást a megtekintett változatnál AdBlue üzemanyaggal (a 10. ábra az AdBlue adagolórendszerét mutatja), SCR-technikával oldották meg. Az SCR katalizátoregység (11. ábra) fő feladatán, a nitrogén-oxidok redukcióján túl bizonyos fokig kormosűrési (adattáblája szerinti max. füstölése



10. ábra



11. ábra

$k = 0,7 \text{ m}^{-1}$) és oxidációs szerepet is vállal, és betölti a hangtompító dob szerepét is.

Az autóbusz üzemi próbái több városban is folynak, legutoljára az ausztriai Linzben álltak próbaüzemi szolgálatba. Az autóbusz tőlünk Bukarestbe ment, az EvoBus egyik legjobb közlekedési vállalati vevőjéhez. A Citaro hibrid a környezetvédelemre áldozni is tudók autóbusza. Reméljük egy-egy városunkban a mi tömegközlekedésünk is egyszer eljut erre a szintre.

DR. NAGYSZOKOLYAI IVÁN

Mercedes hibrid história

Nem most kezdtük – mondják a Daimler vállalatcsoportnál. Immár 40 éve folyik hibrid hajtású buszfejlesztés. A történet kezdete az 1969-es Frankfurti Motor Show-ra nyúlik vissza, ahol a Mercedes-Benz OE 302 Hybrid-Elektrobus-t bemutatták. Alapja a Mercedes-Benz OE 302, egy 11 méteres városi, menetrend szerint közlekedő busz volt (lásd a képen). Az egyenáramú elektromotor teljesítménye állandósult üzemi állapotban 156 lóerő volt, kis sebességnél a csúcsteljesítmény elérte a 204 lóerőt is. A vontatómotor számára 5 akkumulátorblokk biztosította az energiát a padló alatt, adatai: 189 cella, 380 volt rendszerfeszültség és 91 kWh energiatárolás. Mindez 2,5 óra üzemidőt jelentett. Az akkumulátorok tömege 3,5 tonna volt. A busz rendelkezett egy 3,8 literes, négyhengerű dízelmotorral is, 65 lóerős maximális teljesítménnyel. A tüzelőanyag-takarékos, állandó fordulatszámon dolgozó erőforrást keresztirányban építették be a busz hátuljába, és akkor aktiválták, ha a busz a külvárosokban haladt. A jármű már rendelkezett elektromos, rekuperációs fékkel is.

Az OE 302-es típust 10 évvel később az OE 305 városi, menetrend szerinti busz követte, melynek akkumulátorait két rekeszben helyezték el szélfékben, a tengelyek között. 360 V feszültséggel működtek, ka-

pacitásuk a kialakítástól függően 150 és 275 Ah között váltakozott. Tömegük kettőtől 3,5 tonnáig terjedt. Tisztán akkumulátoros üzemi állapotban 50 és 75 km közötti volt a hatótávolság. A vontatómotor teljesítménye maradt 156 lóerő állandósult üzemi állapotban, 204 lóerő csúcsteljesítménnyel. A kiegészítő dízelmotor már hathengerű volt, és 100 lóerőt teljesített.

A hibrid busz mellé érkezett egy tisztán villamos üzemű Duo autóbusz is, melynek motorja a felsővezetékéről vagy akkumulátorokból kapta az energiát. A típus tesztelése 1975-ben kezdődött a németországi Esslingenben. Ennek a típusnak egy újabb verziója már nem rendelkezett akkumulátorokkal, és a felsővezetékéről vagy egy dízelmotor segítségével működött. 1979-től az O 305-ös buszok különböző változataiból 25 teljesített szolgálatot Stuttgartban, Esslingenben és Weselben. 1984-től állt munkába a limitált darabszámban gyártott O 305 GTD csuklós autóbusz. A hajtási rendszerben egy villamos vontatómotort, amely felsővezetékéről kapta az energiát, kombináltak egy dízelmotorral. A két erőforrás váltakozva hajtotta a C tengelyt.

Az O 305 GTD Duo busz és utóda, az O 405 GTD nemzetközi karriert is befutott. Több mint 200 darabot szállítottak Ecuador fővárosába, Quitóba. Európában 50

példány teljesített szolgálatot az újabb típusból, Esslingenben pár még mindig fut belőlük az utakon.

Az 1990-es évek közepe mérföldkövet jelentett a hibrid autóbuszok fejlesztésében. A Mercedes-Benz kifejlesztette az O 405 GNDE típust, egy dízelelektromos csuklós buszt kerékagymotorokkal, akkumulátorok nélkül. A következő vívmány az O 405 NÜH alacsonypadlós hibrid elővárosi busz volt. Ez volt az első hibrid autóbusz, amely kerékagymotorokkal, dízelmotorral és akkumulátorokkal is rendelkezett. A két aszinkron kerékagymotor a hátsó tengelyen egyenként 103 lóerőt teljesített. A busz alacsonypadlós kialakítása miatt a 4 akkumulátor a tetőre került helytakarékosági okokból. A nagy teljesítményű nátrium-nikkel-klorid akkumulátorok 800 kilogramm tömegűek voltak, és 10 km volt a hatótávjuk tisztán villamos üzemi állapotban. Ezután a dízelmotor újratöltötte őket.

A Mercedes Cito városi midibusz – melyet 1998-ban mutattak be, és 1999-től 2003-ig gyártottak – ugyancsak dízelelektromos hajtású volt. A dízelmotor egy generátort hajtott, amely a villamos vontatómotort látta el energiával, vagyis akkumulátorokat itt sem alkalmaztak. A teljes hajtási rendszer egy csomagban, a kompakt alacsonypadlós busz hátuljában kapott helyet.

A Daimler észak-amerikai leányvállalata is gyárt buszokat Orion márkanév alatt. 2003 óta az Orion megnyerte több amerikai és kanadai város busztenderét, összesen mintegy 2800 Orion VII HybridDrive alacsonypadlós városi autóbusz szállítására, ezek közül 1700 már forgalomban van. Ezzel az Orion vált a piacvezetővé a hibrid buszok szegmensében. A cég gazdag fejlesztési tapasztalattal is rendelkezik: az első Orion hibrid buszok már az 1990-es évek elején forgalomba kerültek.

(OG)

