

GÉPJÁRMŰTECHNIKA IRÁNY AZ EURO 6

Környezetvédelem és motorteknika

NAGY DÍZELMOTOROK FEJLESZTÉSI TENDENCIÁI

Ezen lapszámunk 94–95. oldalán közlünk összefoglalót a várgesztes Gépjármű Műszaki Konferencián elhangzott előadásokból. A további lapszámainkban részletesen is kitérünk egy-egy olyan műszaki témára, mely Gépjárműtechnika rovatunkhoz szorosabban kapcsolódik. Elsőként **Lukas Walter**, az AVL AUTÓKUT Kft. igazgatójának az előadását ismertetjük részletesen.

Az AVL vállalat

Az AVL a világ legnagyobb független, magántulajdonban lévő, motorfejlesztő vállalata. 1948-ban Hans List professzor alapította, és jelenleg fia, Helmut List a tulajdonosa. Székhelye Grazban van (Ausztria), ahol a láncfűrészeknél használt kis motoroktól a nagy hajókba beépített dízelekig sokféle fejlesztéssel foglalkoznak. Az elmúlt év forgalma 537 millió euró volt. A vállalat 3640 munkatársat foglalkoztat. Profiljukba tartozik továbbá a különféle szimulációs rendszerek, a motorvizsgálatok és számítógépes adatgyűjtő rendszerek megvalósítása. A megrendelők igényei szerint összeállítanak motorvizsgáló próbapadokat is. A vállalat stratégiájának fontos eleme, hogy a forgalom 10%-át saját fejlesztéseire fordítja. Világszerte 60 leányvállalata van, közülük négy technológiai központ, ahol motortervezéseket, -fejlesztéseket és motorvizsgálato- kat is végeznek. Ezek közül az egyik Budapesten van, mely 2002-ben jött létre AVL AUTÓKUT Kft. néven. 55 munkatársat foglalkoztat. Négy fékpádon folynak a vizsgálatok és a motorfejlesztések. A magyarországi leányvállalat előnye, hogy nagyon jól képzett mérnököket foglalkoztat – válaszolta az igazgató egy feltett kérdésre. A közel-múltban több kihelyezett projekt volt az USA-ban, Japánban, Kínában és Indiában. Ez utóbbi országban évente mintegy 250 ezer mérnök végez, ennek ellenére ott nehéz közülük jókat kiválasztani.

A dízelmotorok piaci elvárásai és a fejlesztési tendenciák

A piac egyre nagyobb gépjárműveket igényel. Ezekhez nagyobb teljesítményű motorok kellenek. A statisztikai adatokból is kitűnik, hogy a beépített erőforrások teljesítménye évről évre nő. Természetesen ennek megfelelően a fajlagos teljesítményük is növekszik. További elvárás, hogy a járművek legyenek gyorsabbak, hosszabb élettartamúak, legyen kedvezőbb a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztásuk. Gazdaságosabban hasznosítsák a tüzelőanyagot és nem utolsósorban kisebb legyen a karbantartási igényük. Napjainkban a kisebb motorok élettartama 500 ezer km-ről már egymillió km-re növekedett, de a legújabb fejlesztésűeknél eléri az 1,6-2 millió kilométert. Ez első sorban a B10-es kategóriában soroltakra igaz, melyeknél az életciklus alatt 100 motorból 10-nél fordulhat elő végzetes meghibásodás.

A nagyobb teljesítményigény nagyobb méretű motorokkal könnyen teljesíthető lenne, de az ügyfelek nem akarnak több pénzt fizetni egy nagyobb motorért. A motorfejlesztőknek az a feladata, hogy ugyanolyan mérték mellett nagyobb fajlagos teljesítményű erőforrást tervezzenek. A mostani motorok 35 kW/l fajlagos teljesítményűek. A járművek átlagsebessége is növekedett az elmúlt időszakban. Az is felhasználói igény, hogy például a 40 tonnás haszonjárművekbe szerelt nagyobb teljesítményű motorok kevesebb tüzelőanyagot fogyasszanak. Az olajcsere-periódus a nehézdízelmotorok legújabb fejlesztésű változatainál 50 ezer km-ről 100 ezer km-re növekedett. Talán a legfontosabb az, hogy számottevően csökkenti kell a károsanyag-kibocsátást, hiszen az erre vonatkozó nemzetközi előírások ezt követelik meg. Ezenkívül már jelenleg a gyártók arra is készülnek, hogy a járművek megengedett összgördülő tömege 40 t fölé emelkedik. Az AVL 16-18 literes motorjaival felkészült ennek az igénynek a teljesítésére.



Lukas Walter igazgató, AVL AUTÓKUT Kft.

Tisztább kipufogógáz és megvalósítása

Az Euro 4-et 2000-tól, az Euro 6 követelményeket 2012-től kell teljesíteni. Például a nitrogén-oxid- és a részecskékibocsátás vonatkozásában 90%-os csökkenést írnak elő 2003 és 2012 közötti időszakra. Ezek a határértékek már olyan csekélyek lesznek, hogy jóformán mérni sem lehet. Az amerikai és a japán előírások hasonló ütemezésben és hasonló határértékekkel fognak életbe lépni.

A különböző országok különböző gyártói eltérő megoldásokkal próbálják ezeket a határértékeket elérni. Az Egyesült Államokban, a Scania-nál és az MAN-nél is hűtött kipufogógáz-visszavezetést és koromszűrőt alkalmaznak, így próbálják elérni az Euro 5 és az Euro 6 előírások követelményeit. Az európai gyártók többsége a szelektív katalitikus redukcióval akarja ugyanezt megvalósítani. Az Euro 6 előírás teljesítéséhez az előbb említett különböző stratégiákat össze kell hangolni.

Az Euro 6 követelménynek megfelelő dízelmotor

A kiinduló alpmotor, amelyik az Euro 4 határértékeket teljesíti 200 bar égési csúcnyomást el kell tudjon viseljen. Ez rendkívül nagy terhelő erőt jelent az alkatrészekre, mint például a hengerfej, a dugattyú, a hajtókar és természetesen a csapágyazás. Szükség van egy 15%-nál nagyobb mennyiséget visszajuttató kipufogógáz-visszavezető rendszerre. A gázolaj-befecskendező rendszer nagy nyomású, flexibilis kell legyen, ami azt jelenti, hogy löketenként több részbefecskendezésre legyen képes. Továbbá nélkülözhetetlen a két turbótöltő is. A befecskendezési nyomást pedig 1800 bar fölé kell emelni. Az Euro 5 és az Euro 6 előírások teljesítéséhez a kiinduló motornak is korszerűnek kell lennie. Itt első sorban a 10–16 literes motorokról beszélünk, ami egy komoly piaci szegmenst képvisel. Ha az Euro 6 előírások teljesítését nézzük, melynél a károsanyag-kibocsátás csaknem zéró, az MAN, illetve a Scania által választott utat nézve az égési csúcnyomás 200 barnál nagyobb kell legyen. Nagyon fontos az égéstér kialakítása is. A jelentős mechanikai igénybevételek miatt nagy szilárdságú alkatrészek szükségesek. A befecskendezési nyomás 2500 bar körüli. A nitrogén-oxid-emisszió csökkentéséhez nagyobb mennyiségű, 25-35% körüli visszahűtött kipufogógáz-visszavezetés szükséges. Így a motor már nem tiszta levegőt, hanem egyre nagyobb mennyiségű kipufogógázt szív be. A nagyobb töltőnyomás eléréséhez két turbótöltőt szerelnek a motorra. Ilyen körül-

	Date	NO _x g/kWh	CO g/kWh	HC g/kWh	PM g/kWh
Euro 3	2000	5,0	2,1 (ESC) 5,45 (ESC)	0,78 (NMHC)	0,1 (ESC) 0,16 (ETC)
Euro 4	2005	3,5	4,0 1,5	0,55 (NMHC) 0,46	0,03 (ETC) 0,02 (ESC)
Euro 5	2008	2,0	4,0 1,5	0,55 (NMHC) 0,46	0,03 (ETC) 0,02 (ESC)
Euro 6	2012 ?	0,4 ? 0,2-1,0	4,0	0,16-0,55	0,01 ? 0,01-0,02
US 2007	2007	1,5-1,6	20,0	-	0,013
US 2010	2010	0,27	19,3	0,19 (NMHC)	0,013
JNLTR	2005	2,0	2,22	0,17 (NMHC)	0,027
Post JNLTR	2009	0,7	2,22	0,17 (NMHC)	0,01

A dízelmotorok szigorodó károsanyag-kibocsátási határértékei



Az AVL új dízelmotorja, mely teljesíti az Euro 6 előírást

Kipufogógáz-utókezelő, mely egyesíti az oxidációs katalizátort, a részecskeszűrőt és a SCR (Selective Catalytic Reduction) egységet



mények között viszont a részecskeemisszió lesz kedvezőtlenebb. Ezért szükség lesz a több gyártó által is alkalmazott részecskeszűrőre. Alkalmazni kell a szelektív katalitikus redukciót is. Nagyon fontos a motor hűtési rendszerének megfelelő kialakítása.

Az USA-ban bemutatott Euro 6-os dízelmotor

Például annál a 15 literes motornál is, amelyeket idén az Egyesült Államokban a „Truck and Bus Show”-n mutattunk be, alkalmazzuk az előbb említett kiegészítő rendszereket. Ezenkívül egy elektronikus szabályozórendszerre is szükség van, amelyik a motor különböző részrendszerinek működését összehangolja. Nagyon fontos az égéstér és ezzel összhangban a dugattyúkammera kialakítása, illetve a befecskendezőfúvóka furatainak kialakítása. Ezzel kapcsolatosan alapos kutatásokat végzünk. A kipufogógáz-utókezelő rendszerben pedig érdekes kémiai reakciók mennek végbe. Legalább annyira fontos a kipufogógáz-visszahűtő kialakítása is. A nagyobb töltőnyomás eléréséhez két turbótöltőt alkalmazunk. Ezen fejlesztések eredménye az, hogy a motor szinte már nem is látszik, mert annyi segédrendszerrel vesszük körül. A tervezett nagy motorok fajlagos teljesítménye 30 kW/l.

Ahogy növeljük az égéstérbe visszajuttatott hűtött kipufogógáz mennyiségét, úgy csökken az NO_x-emisszió, viszont növekszik a részecskekibocsátás. Ez ellen viszont a nagyobb befecskendezési nyomás alkalmazása bizonyul hatékonynak. Ehhez nagy nyomású Common Rail befecskendező rendszer szükséges. A budapesti kísérleteknél 2600 bar, de olykor 3000 bar nyomást is használnak.

A közeljövő motorszabályozása

A másik nagy fejlesztési terület a motorok szabályozásának kérdése. Nagyon fontos a turbótöltő nyomásának és a visszaforgatott kipufogógáz mennyiségének a pontos szabályozása. A kedvező szintű károsanyag-kibocsátáshoz ráadásul ezt a kettőt össze kell hangolni.

Gyorsításkor, amikor a gépkocsivezető a gázpedálra lép, ugrásszerűen, hirtelen megnövekszik a károsanyag-kibocsátás. Most, amikor nagyon szigorúak az erre vonatko-

zó határértékek, ez nem engedhető meg. Olyan szabályozási algoritmusokat kell kifejleszteni, amellyel ez megakadályozhatóvá válik. Ma már nem mátrixokat használunk a motorok szabályozásánál, hanem különböző prediktív (előre látó) rendszereket, amelyek kiküszöbölik a károsanyag-csúcsokat. Ha a hagyományos és az AVL újonnan kifejlesztett MMCD (Model-Based Multivariable Controller Design) szabályozóegységet összehasonlítjuk, ez utóbbi a nitrogén-oxidokat mintegy 30%-kal csökkenti.

Ha az előbb említett valamennyi új technológiát alkalmazzuk a motornál és új szabályozástechnikával látjuk el, akkor még mindig csak a kW óránkénti 2 gramm nitrogén-oxid-kibocsátást érünk el, és 0,6 gramm/kWó részecskekibocsátásnál tartunk.

Egy feltett kérdésre válaszolva az árakkal kapcsolatban a következőket mondta el: Az Euro 3-ról az Euro 6-ra történő áttérés megbecsülhetetlenül és kimondhatatlanul nagy összegbe fog kerülni. Gyakorlatilag a motorokat újra kell tervezni. Ezek ára minimálisan meg fog duplázódni. Hiszen az előírások teljesítéséhez szükséges kiegészítő rendszerek annyiba kerülnek, mint maga a motor.

Kipufogógáz-tisztítás

Ahhoz, hogy elérjük a 0,01 g/kWó értéket a nitrogén-oxidok és a 0,08 g/kWó értéket a korom vonatkozásában, amit az Euro 6 előírás megkövetel, kipufogógáz-tisztító rendszereket is kell alkalmazni. A dízelkormoszűrőt ma már gyakran egybeépítik az oxidációs katalizátorral, mely utóbbi az NO-t átalakítja NO₂-vé, és egyúttal az utókezelő egység hőmérséklet-menedzsmentjét is ellátja.

A szelektív katalitikus redukció során a katalizátorban a nitrogén-oxidból nitrogén és víz keletkezik. Ez a kipufogócsövön keresztül távozik a szabadba. A katalizátor regenerációjához ammónia vizes oldata szükséges, melyet egy adagolórendszer kever az SCR katalizátorba lépő kipufogógázhoz, egy erre a célra kialakított tartályból. Ez az egység egy kipufogódobhoz hasonló alakban jelenik meg a haszonjárműveken. Ezután pedig a fel nem használt ammóniát egy újabb katalizátor köti meg. Ezeket a vegyi reakciókat létrehozó egységeket egészen elfogatható méretűre lehet kialakítani,

hasonló módon, mint egy kipufogódobot. Ha a jármű üzemelése során a kipufogógáz hőmérsékletét nézzük, megállapítható, hogy vannak olyan üzemi állapotok, melyekben a hőmérséklet nem felel meg a vegyi reakciók bekövetkezéséhez. Ezért fontos feladat a kipufogógáz megfelelő hőmérsékleten tartásának megvalósítása. Ehhez egy komoly szabályozóegységre van szükség. Az AVL által kifejlesztett rendszer egy modell alapon működő változat. Figyeli a kipufogógáz pillanatnyi hőmérsékletét, és megbecsüli, hogy a reakciók során ez hogyan fog változni.

Az Euro 6 előírások jelenleg csak úgy teljesíthetők, ha az előbbieken bemutatott valamennyi technológiát együttesen alkalmazzuk. Az előbb említett rendszerek egyikének fejlesztése Budapesten történik.

Fedélzeti diagnosztika

Ha az új haszonjárművek teljesítik a hatóságilag előírt rendkívül szigorú károsanyag-kibocsátási határértékeket, azt is meg kell követelni, hogy ezeket senki se üzemeltesse úgy, hogy bizonyos rendszerek meghibásodása, elöregedése miatt ne teljesítsék az Euro 5, illetve az Euro 6 előírások határértékeit. A fedélzeti rendszerbe be kell építeni egy figyelőrendszert, mely a jármű teljes élettartama alatt ellenőrzi a különböző rendszerek megfelelő működését. Hiba esetén pedig figyelmeztető jelzést ad. Ezeknél a fedélzeti diagnosztikai rendszereknél is modell alapú szabályozórendszereket alkalmaznak, azért, hogy a követelmények teljesíthetők legyenek.

A jövőbeli dízelmotorok áttörően új technológiákat követelnek meg. Az előírások szigorodása az Euro 3-tól az Euro 6-ig 90%-os károsanyagkibocsátás-csökkentést irányoz elő. Az égéstér kialakítása, a befecskendezés, a motor levegőellátása újratervezéseket igényelnek, hogy az emissziós előírások teljesíthetők legyenek. Mivel a határértékek szinte nullára csökkentek, így pontos szabályozórendszerekre van szükség. Új érzékelők, új algoritmusok és új rendszerek szükségesek. Eközben a motorok teljesítményét és élettartamát növelni, a karbantartási igényt pedig csökkenteni kell.

Lukas Walter előadása alapján
összeállította: Kőfalusi Pál