



VIZSGABIZTOSI KÉPZÉS **II. továbbképzés**

Személygépkocsi motorteknika **a XXI. században**

Dr. Nagyszokolyai Iván

BUDAPEST 2013

A szerző

A „Személygépkocsi motorteknika a XXI. században” című előadási anyag szerzője dr. Nagyszokolyai Iván, aki 1972-ben végzett a BME Közlekedésmérnöki Karon. Tanított a BME Gépjárművek tanszékén (1972-1974), a KTMF-en és jogutódján a Széchenyi István Főiskolán (1974-1995), majd ismét a BME Gépjárművek tanszékén (1996-2012). Jelenleg a BME óraadó tanára. Egyetemi műszaki doktori címét 1978-ban szerezte. Szakterülete a belső égésű motorok emissziótechnikája, gépjárművek diagnosztikai vizsgálata. Számos szakkönyv szerzője, 1991-től napjainkig, a jogelődökkel együtt, az Autótechnika folyóirat főszerkesztője.

Az előadási anyag csupán néhány korszerű és új motorteknikai műszaki újdonságra hívja fel a figyelmet, olyanokra, melyek már szériagyártásban vannak és gépjárművek műszaki vizsgáján az utóbbi években már megjelenhetnek. A korlátozott terjedelem miatt számos műszaki területet érinteni sem áll módunkban (szikragyújtás, benzinbefecskendezés, dízeladagolás, feltöltés, illetve anyagszerkezeti és technológiai kérdések stb.). Úgy ítéltük meg, hogy ezeken a területeken a fejlődés folyamatos ugyan, de az elmúlt tíz év távlatában a szériagyártásban lévő motorszerkezetekben teljesen új megoldások nem születtek.

Az előadásban megjelenített képek részben a szerző fotói és rajzai, részben a cégek közlésre engedélyezett sajtóanyagából átvett illusztrációk.

Az előadás anyaga a szerző szellemi terméke. Az anyag kizárólag az NKH vizsgabiztosi továbbképzésben résztvevők számára készült, azt továbbadni, belőle részeket kiemelni csak a szerző engedélyével szabad. ©Nagyszokolyai

Az IPCC 2013-as jelentése 95%-ot meghaladó bizonyossággal erősíti meg a tényt, hogy az emberi tevékenység áll az 1950-től napjainkig megfigyelt globális átlaghőmérséklet-emelkedés hátterében. A klímaváltozás mértékének korlátozásához a szén-dioxid és más üvegházhatású gázok kibocsátásának jelentős és tartós csökkentésére volna szükség.

A gépjárműgyártók számára határértékkel megadott előírás a CO₂ kibocsátás maximális (flotta) értéke.
A jelenlegi 130 g/km (120 g/km) értékről tervezik a 95 g/km értékre való csökkentést.
Ez ma a meghatározó kihívás a motorfejlesztők számára!

A fejlesztés mozgató rugója

A belső égésű motorokban, amennyiben tüzelőanyaguk szénhidrogén (kőolajszármazék, földgáz, biogáz), a tökéletes égés eredményeképpen széndioxid keletkezik.

Tesztciklus mérési eredményekből számítva:

1 liter benzin elégetéséből kb. 2300 g,

1 liter gázolaj elégetéséből kb. 2600 g

CO₂ kibocsátás lesz.

A belső égésű motor hatásfoknövelésének, azaz veszteségcsökkentésének, így tehát tüzelőanyagfogyasztása mérséklésének vannak további műszaki lehetőségei. A CO₂ kibocsátás csökkentés nem csak a motortechnikai fejlesztéseken múlik, a teljes járműfejlesztést és járműüzem optimalizálást érinti.

Mi motiválja ma a motorfejlesztést?

A XXI. század elején a belső égésű motor fejlesztésének hajtóerejét a kipufogógázban lévő széndioxid kibocsátás csökkentése adja. A CO₂ gázkomponens a motorban lezajló égés végterméke, a tüzelőanyag szén alkotójának a tökéletes égésből származó oxidja. A kibocsátás csökkenése csak a motorban elégetett tüzelőanyag mennyiségének csökkentésével, azaz a tüzelőanyagfogyasztás csökkentésével lehetséges. A gépjármű tesztciklusban mért CO₂ kibocsátását előírások korlátozzák.

A jármű mindenkor haladásához szükséges motorhajtóanyag mennyiség elsősorban a gépjármű menetellenállásától (ebbe beleértve a gyorsítási ellenállást, tehát a jármű tömegét is), valamint a motor effektív hatásfokától, a hatásfok értékeinek a motorterhelési jellegmezőben való alakulásától függ.

A motorfejlesztés célja tehát a hatásfok növelése különösen a motor részterhelési tartományában.

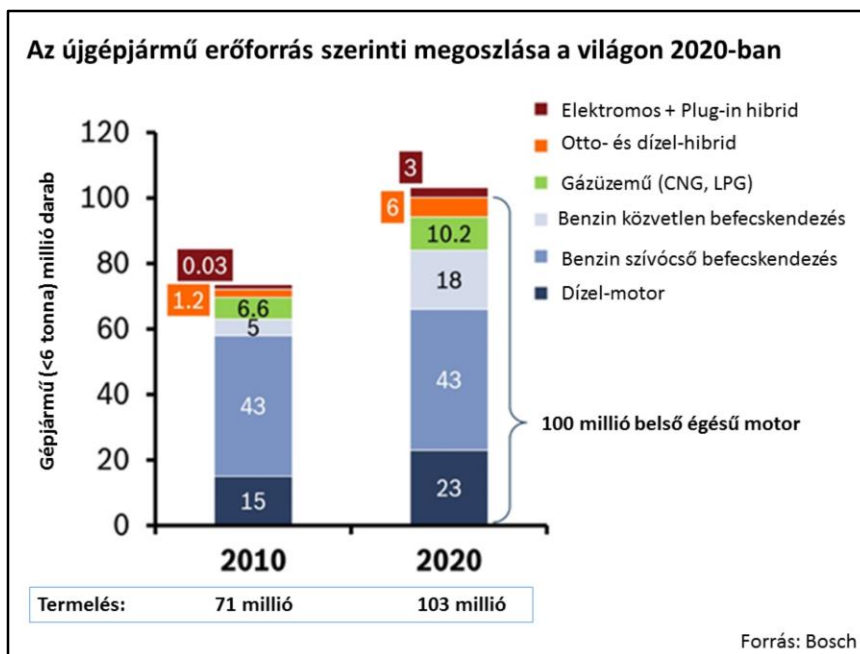
A hatásfok javításában a legnagyobb tartalékok a motor mechanikai hatásfokának növelésében vannak.

A mechanikai veszteségeket két fő csoportja:

- a súrlódási veszteségek (szerkezeti elemek egymással érintkező elmozdulásából eredő súrlódó erő),
- a segédberendezések hajtásának energiaigénye.

Az első csoport tribológiai szakterület: a súrlódópárok célszerűen megválasztott anyagpárosítása és felületi bevonataik, a felületi minőség, kenőanyagok, a felületkapcsolódás geometriai és erőviszonyai.

A segédberendezéseknél is természetesen fontos azok súrlódási veszteségcsökkentése, de lényeges az, hogy csak akkor és olyan terheléssel működjenek, amely a motor üzeméhez szükséges és elégséges.



A belső égésű motor jövője

A belső égésű motor két alaptípusa, a szikragyújtású Otto-motor és a dízelmotor még hosszú évtizedekig a gépjárműhajtás meghatározó erőforrása marad. Egyedüli motorként vagy hibridgépjárművek társmotorjaként, vagy elektromos gépjárművek kiegészítő, hatósugar növelő motorjaként (range extender).

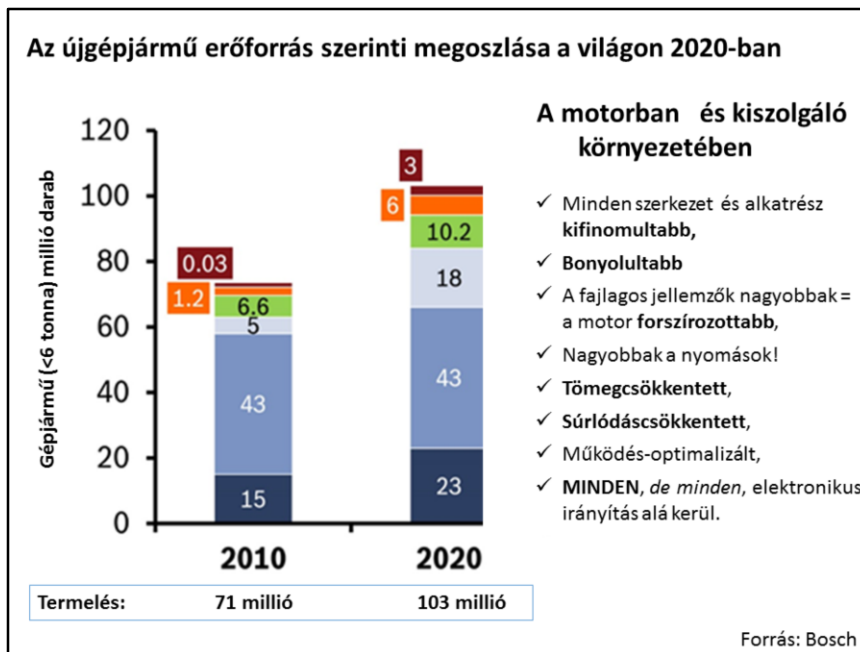
Az előjelzések szerint 2020-ban a világ gépjárműgyártásában a belső égésű motor abszolút meghatározó lesz (97%). A négyütemű, (emelő) dugattyús motornak nincs érdemi vetélytársa (forgódugattyús motor, gázturnbina).

A motorhajtóanyag továbbra is szénhidrogén, mely a kőolajalapú motorbenzin és gázolaj, a kőolajfinomítás mellékterméke az LPG, a földgáz (CNG vagy LNG), mesterségesen előállított földgáz (H₂ és CO₂ anyagokból), földgázból előállított folyékony halmazállapotú motorhajtóanyag (GTL), bioalapanyagból készülő gáz- és folyékony (BTL) halmazállapotú motorhajtóanyagok (például alkoholok).

Mindezen motorhajtóanyagok szén tartalmának elégetéséből széndioxid keletkezik.

A széndioxid kibocsátás csökkentése a gépjármű tüzelőanyagfogyasztásának csökkentésével lehetséges.

A belső égésű motor szennyezőanyag kibocsátásának a mai (Euro 5) és az ismert jövőbeli előírás (Euro 6) határértékei alá szorítása műszakilag kidolgozott, megoldhatatlan technikai problémát nem jelent.



A belső égésű motor jövője

A belső égésű motor két alaptípusa, a szikragyújtású Otto-motor és a dízelmotor még hosszú évtizedekig a gépjárműhajtás meghatározó erőforrása marad. Egyedüli motorként vagy hibridgépjárművek társmotorjaként, vagy elektromos gépjárművek kiegészítő, hatósugar növelő motorjaként (range extender).

Az előrejelzések szerint 2020-ban a világ gépjárműgyártásában a belső égésű motor abszolút meghatározó lesz (97%). A négyütemű, (emelő) dugattyús motornak nincs érdemi vetélytársa (forgódugattyús motor, gázturbiná).

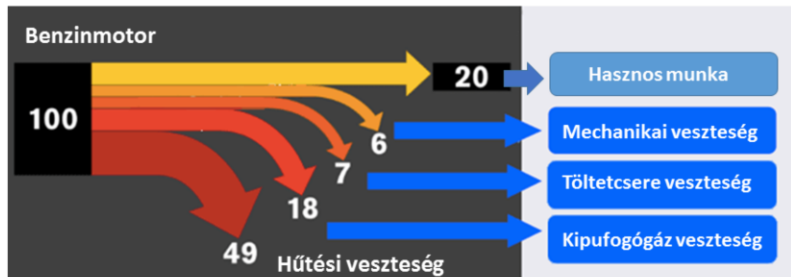
A motorhajtóanyag továbbra is szénhidrogén, mely a kőolajalapú motorbenzin és gázolaj, a kőolajfinomítás mellékterméke az LPG, a földgáz (CNG vagy LNG), mesterségesen előállított földgáz (H₂ és CO₂ anyagokból), földgázból előállított folyékony halmazállapotú motorhajtóanyag (GTL), bioalapanyagból készülő gáz- és folyékony (BTL) halmazállapotú motorhajtóanyagok (például alkoholok).

Mindezen motorhajtóanyagok szén tartalmának elégetéséből széndioxid keletkezik.

A széndioxid kibocsátás csökkentése a gépjármű tüzelőanyagfogyasztásának csökkentésével lehetséges.

A belső égésű motor szennyezőanyag kibocsátásának a mai (Euro 5) és az ismert jövőbeli előírás (Euro 6) határértékei alá szorítása műszakilag kidolgozott, megoldhatatlan technikai problémát nem jelent.

Energiamérleg



A belső égésű motorba a tüzelőanyaggal bevitt energia (100) a keverék elégetése során felszabadul. Ez az energia azonban nem alakul át teljes mértékben hasznosítható motormunkává. A kerékre jutó, vonóerőként jelentkező részhányada motorterhelésétől, a gépjármű erőátvitel konstrukciójától függően csak 15-30%.

A fizikai folyamatok alapvetően ugyan nem változtathatók meg, de mindegyik veszteségtényezőnél van csökkentési lehetőség. A kutatók szerint nagyok a tartalékok! Sokak szerint - kihasználva minden lehetőséget, például a kipufogógáz hőtartalmának részleges visszanyerését is - akár 30%-ban lehet az összhatéfkot javítani. Ez azt jelenti, hogy az ábra szerinti 20 értékű kimenő, járműhajtásra rendelkező energiát (vonóerőt), akár 70 egység bemenő energiából is ki lehet hozni.

Méretcsökkentés (Downsizing) és fordulatszám-csökkentés (Downspeeding) [lökettérfogat és hengerszám csökkentés, az alsó terhelhető fordulatszám csökkentése]

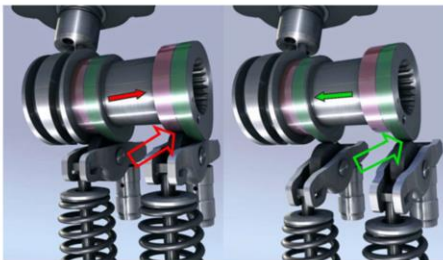
Ha a motor lökettérfogatát úgy csökkentjük, hogy a motor hengerszáma kisebb lesz, miközben a motor forgatónyomatéka, illetve teljesítménye nem csökken (vagy még nagyobb is lesz), akkor mind abszolút mértékben, mind a teljesítmény egységre vetítve a súrlódási veszteség kisebb lesz, és így nő a motor effektív hatásfoka, csökken a fajlagos tüzelőanyagfogyasztása. Ennek a tendenciának vagyunk tanúi, évtizedünkben számos motorgyár 2 és 3 hengerű motort épít, illetve 5 és 6 hengerű motorjait 4 hengerűvel váltja fel.

A belső égésű fojtószelepes, szikragyújtású motorok részterhelése, a leggyakrabban használt motorüzem, elsősorban a töltetcsere veszteségek miatt, kedvezőtlen hatásfokú. A részterhelési hatásfok növelésének ugyan ismertek a műszaki megoldásai, de például a rétegezett keverékű motorüzem megvalósítását még ma is számos műszaki és emissziótechnikai probléma terheli. Célszerű ezért a járműhajtáshoz szükséges munkát minél nagyobb motorterhelési szinten, minél nagyobb fojtószelep nyitásnál kivenni, mert ebben a tartományban nagyobb a motor effektív hatásfoka.

Hogyan érhető ez el?

- Egy kisebb lökettérfogatú motor ezt eleve adja, igaz, hogy teljesítménytartaléka kisebb. (Mérlegelendő, hogy az adott személygépkocsinhoz milyen teljesítménydotáció szükséges.)
- A haladáshoz szükséges motormunkát részterhelésben nem a teljes lökettérfogat hozza létre, hanem kisebb. Ez a hengerlekapcsolás módszere.
- Intelligens szelepvezérléssel csökkenthető a töltetcsere munka (változtatható szelepemelés és fázishelyzet).
- A szükséges motorteljesítményt kis fordulatszámon kérjük el a motortól, tehát nagyobb hengermunka leadására (nagyobb hengerterhelésre) készítjük. [$P = M \cdot n$, egy menetállapot pontban a P állandó, mert a menetellenállást az adott gépjárműsebességnél le kell győzni, és közben kis fordulatszámon (n) járattuk a motort, akkor értelemszerűen a motor (henger) munkának (M) nőnie kell. A nagyobb hengerterhelés nagyobb hatásfokú!]

Hengerlekapcsolás – a 4 hengerű motor 2. és 3. hengerének szelei a hengerlekapcsoláskor zárva maradnak



A büttyköt és a körgyűrűt egymás mellett, a vezértengelyre húzott, hosszbordás hüvelyen találjuk. A hüvelyt akkor tolják át, amikor a szelepelő-görgő a büttyök alapkörén jár. A váltás, fordulatszám-tól függően, 13 – 36 ms-t vesz igénybe, és egy büttyköstengely körülfordulás alatt megy végbe.

Forrás: VW, foto: Nszl

Hengerlekapcsolás

A fogyasztás-minimalizálásnak alaptétele, hogy a gépjárművet mindig akkora lökettérfogatú motor hajtja, amelyik a kívánt teljesítményt terhelési jellemzőjének felső harmadában – ahol a legjobb a hatásfoka – működik. Kis teljesítmény igénynél kis lökettérfogatú motor, nagy teljesítmény igénynél egy másik, nagy lökettérfogatú motor. Ez nem megoldhatatlan! Műszakilag megoldható és megoldott, hogy – szélső példát véve – egy V8-as motor üzemeljen 8, vagy 6 vagy 4 aktív hengerrel, miközben a nem működő hengereket vonszolja. A nem működő hengerekben, ez a legjobb megoldás, a szelepeket zárva kell tartani. Kis terhelésnél 4 hengerű a motor, majd gázadással további 2-2 henger kapcsolódik be.

A hengerlekapcsolás alkalmazására már legalább harminc éve találunk a sorozatgyártásban példákat.

Napjainkban ismét alkalmazott technika, mert minden eszközt alkalmazni kell a nagyon szigorú CO₂ határérték betartása érdekében.

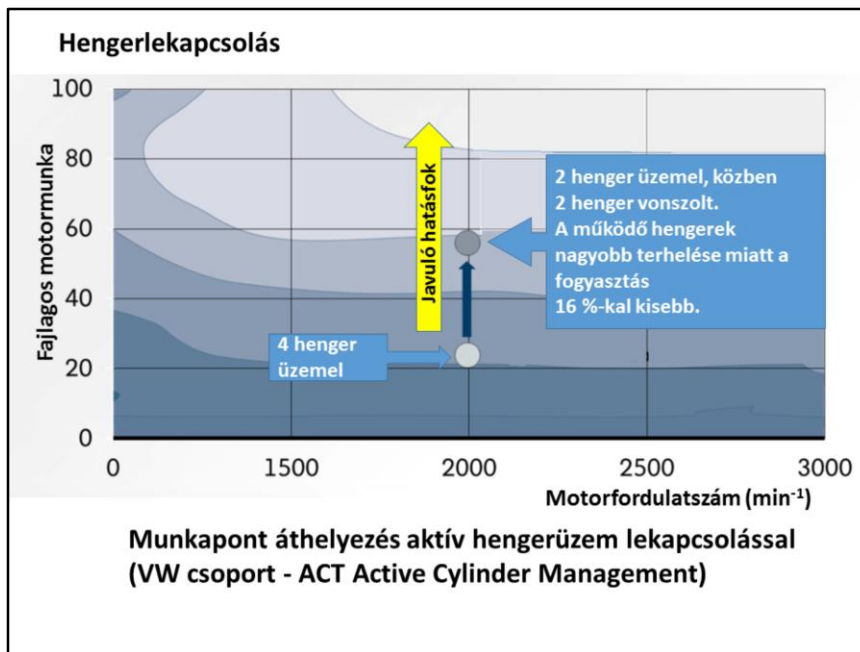
Kis tömegű gépjárművek, kis lökettérfogatú motorjainál is lehet ezzel eredményt elérni. Napjainkban a VW csoport ún. ACT vezérlésű motorja az alap 4 hengerű üzem mellett tud 2 aktív hengerrel is üzemelni. Ennek technikáját mutatjuk be.

Hengerlekapcsolás 4–2–4

A jármű – menetellenállásának legyőzéséhez – széles határok között igényel teljesítményt, tehát az adott lökettérfogatú, többhengerű motortól hol kisebb, hol nagyobb terhelésű üzemet kér. Az lenne jó, ha kis terhelésen egy kis lökettérfogatú motor, jól megterhelve szolgáltatná a teljesítményt, majd ha növelni kell a teljesítményt, akkor egy nagyobb motor váltaná fel az előzőt, és így tovább...

Ha a többhengerű motor esetében, a leadandó teljesítménytől függően, több vagy kevesebb henger jár melegüzemben, majdnem megvalósult a fenti ideális eset: hol kisebb, hol nagyobb motor hajtja az autót. És így a motor mindig nagy terheléssel üzemelhet.

A VW konzern négyhengerű benzinmotorja 2 henger melegüzemének lekapcsolásával 2 hengerrel is tud üzemelni. A technika német megnevezése Zylinderabschaltung, rövidítése ZAS, angol rövidítése ACT. Az 1,4 literes TSI motor nagy sorozatban, 2012-ben kerül piacra. A közvetlen befecskendezésű, turbótöltött motor 103 kW max teljesítményű, forgatónyomaték maximuma 1500 – 4000 min⁻¹ között állandó 250 Nm. Kipufogógáz szennyezőanyag kibocsátása megfelel az Euro 6 előírásnak. Európai menetciklusban mérve 0,4 liter/100 km fogyasztáscsökkenés érhető el, ez legalább 8 g/km CO₂ csökkenést is eredményez, illetve vezérlési technikától függően, városban akár egy liter is lehet.



Hengerlekapcsolás (folytatás)

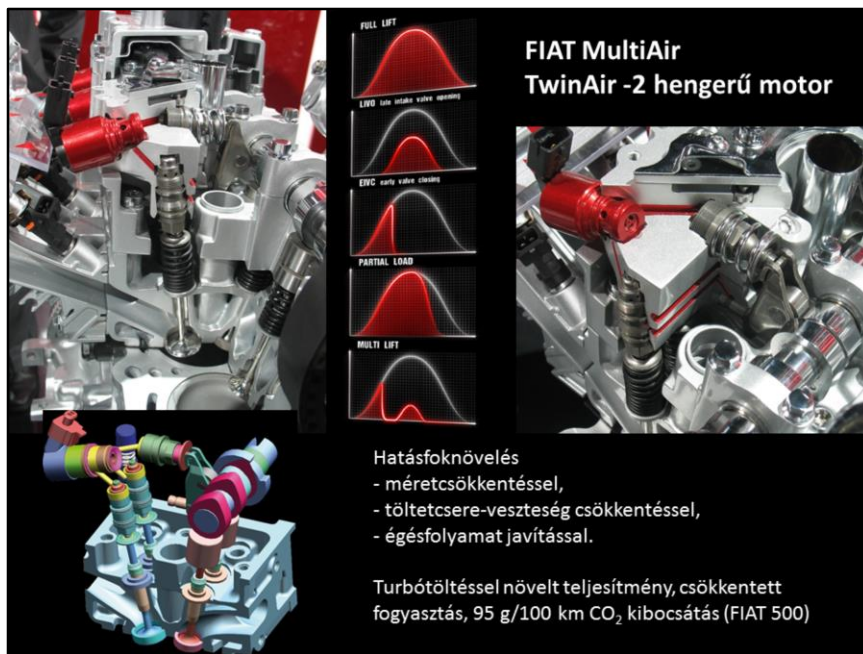
A legnagyobb fogyasztáscsökkenést visszafogott tempójú városi haladásnál érjük el. Ha a sebesség kb. 50 km/h III. vagy IV. fokozatban, akkor a fogyasztás csökkenése kb. 1 liter/100 km, ha 70 km/h-val haladunk, kb. 0,7 liter.

A hengerlekapcsolásra 1400 min^{-1} és 4000 min^{-1} fordulatszámok és 25 és 75 Nm nyomatékigény között kerülhet sor. Az európai menetciklus 70%-ban csak két hengerrel üzemel a motor.

A szelepeket hagyományosan bütyök nyitja, rugó zárja. Ha nem akarjuk, hogy a szelep kinyíljon, akkor el kell távolítani a bütyköt. Ezt értsük szóról-szóra, tehát toljuk el, távolítsuk el a bütyköt a szelepemelő fölülr, hogy az ne érintse az emelőt. Ekkor a görgős szelephimba egy körgyűrűn fut, így a szelep zárva marad.

A bütyköt és a körgyűrűt egymás mellett, a vezértengelyre húzott, hosszbordás hüvelyen találjuk. A hüvelyt akkor tolják át, amikor a szelepemelő-görgő a bütyök alapkörén jár. A váltás, fordulatszámától függően, 13 – 36 ms-t vesz igénybe, egy bütyköstengely körülfordulás alatt megy végbe. A hüvelyt golyós biztosítás tartja a kívánt pozícióban. A szerkezet mindösszesen 3 kg-mal növeli meg a hengerfej tömegét.

A sima váltást az előgyújtás és a motorterhelés módosításával is segítik. A váltási igényről a motorECU-t a gázpedáljeladó tájékoztatja.



FIAT TwinAir, MultiAir vezérlésű, 2 hengerű motorja

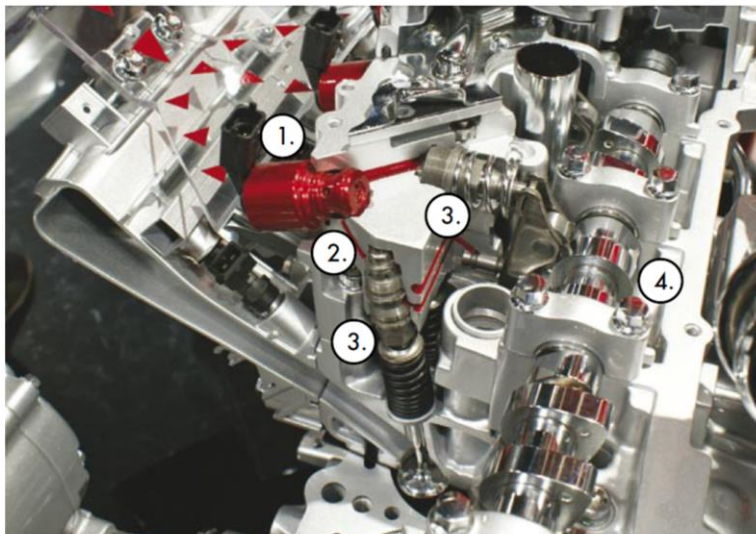
A méretcsökkentésre (löketterfogat csökkentést) és a töltetcsere veszteségek csökkentésére együtt ad példát a FIAT 875 cm³-es, 2 hengerű motorja. A motor turbófeltöltött. CO₂ kibocsátása 95 g/km. A motor az 1,4 literes szívómotorokkal egyenértékű.

A szívószelep hidraulikus áttételű vezérlése

A szívószelepek működtetését a vezértengely bütyök végzi, de nem közvetlen mechanikai kapcsolattal, hanem folyadék – motorolaj – közvetítésével. A hengerfejen, a bütyökhöz görgős emelőn keresztül csatlakozó nyomásfokozó dugattyú a bütyökemeléssel arányosan állítja elő az olajnyomást e rendszer olajterében. Az olajtér másik végén is dugattyú van. Ez a munkadugattyú hat a szelepszárra és végzi a szelepemelést. Mivel az olaj összenyomhatatlan, ezért a szelepemelés hűen követi a bütyökmozgást. Ha a bütyök zárás irányba aláfördül, a szelepet a hagyományos szeleprugó zárja. Az olajtöltet „visszazugdul”.

Alaphelyzetben tehát a vezérműtengely és a szívószelepek között az olajtéren keresztül teljesen merev kapcsolat áll fenn, és a motor úgy viselkedik, mint egy hagyományos szelepvezérléssel felszerelt motor. Ha azonban az olajtérhez egy vezérelhető olajnyomás-leeresztő mágnesszelep is csatlakozik, máris látjuk a konstrukció adta lehetőségeket. A szelepemelési szakaszban az olajtérhez csatlakozó, elektronikusan vezérelt szelepet részben vagy teljesen kinyithatjuk, akkor az előbb elemzett kapcsolat már nem áll fenn. Ezáltal szabadon változtathatjuk a szelepnívót és a szelepemelés mértékét, sőt karakterisztikáját is. A szelepzárás során a szívószelepek alaphelyzetbe történő visszatérését a szeleprugók nem a vezérműtengely ellenében, hanem az elektronikus szelep által kifejtett csillapító hatás ellenében végzik. A rendeltetészerűen finom szelepzárás érdekében annak utolsó szakaszát egy speciális hidraulikus fék vezérli, mert itt nem a bütyökoldal vezeti a zárást.

FIAT MultiAir szívószelep-vezérlés



1 – elektronikus vezérlőszelep, 2 – olajtér, 3 – hidraulikus munkahengerek, 4 – szívószelepeket vezérlő bütyök

FIAT MultiAir szelepvezérlés (folytatás)

Teljes terhelés esetén a szelep zárva tart, így a szívószelepek mereven követik a teljesítményre méretezett bütyökprofil.

Üresjáratban (kiemelten alapjáraton) és csekély hajtási nyomatékigény esetén a mágnesszelep szinte csak a bütyökprofil utolsó emelési szakaszában nyit. Ez egyben a szívószelepek korai zárását is jelenti, ami ezen üzemállapotban megszünteti a hengertöltet szívócsőbe történő visszaáramlását.

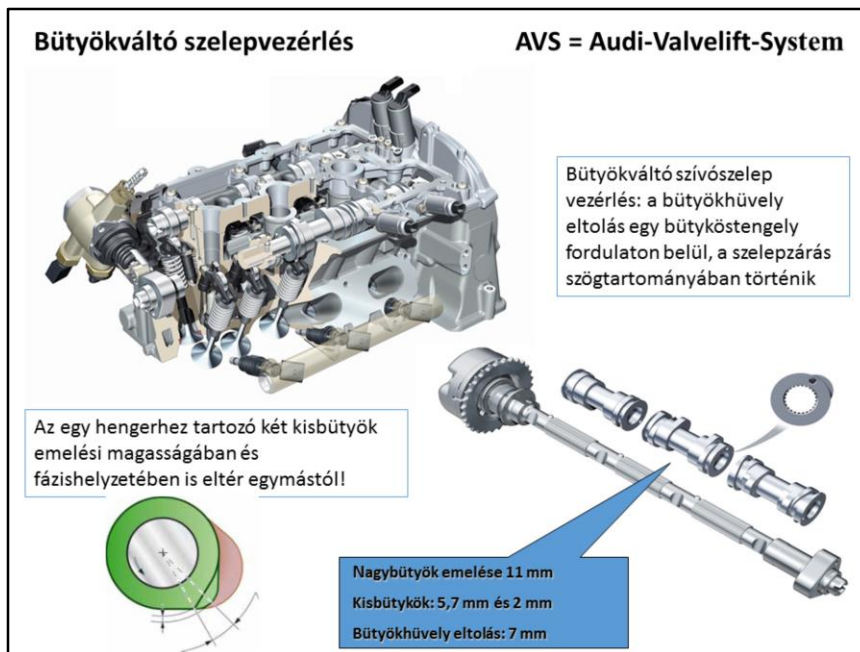
Növekvő terhelésnél az elektronikus vezérlőszelep egyre korábban nyit, miáltal a szívószelep biztosította átömlési keresztmetszet egyre nagyobb lesz. A hengerbe juttatott töltet mennyisége a nyomatékigénytől, tehát a gázpedálállástól függ.

A **kis fordulatszámu, nagy terhelésű üzemben** szükség van a korai szívószelepzárásra, hogy a töltetet bent fogjuk. További lehetőségként a szelep emelése közben is lehetséges visszazárás és ismételt nyitás. A töltet nagy sebességgel áramlik a hengerbe, fokozódik a turbulencia, nő a lángterjedési sebesség, ezáltal nő az indikált hatásfok. Ezt nevezzük „Multilift” üzemmódnak, melyet kis terhelésű városi üzemben használnak.

A szívószelepnyitás időzítésének (a nyitás és a zárás szöghelyzete, a szelepemelés mértéke) változtatásával a motor minden üzemállapotában optimalizálhatjuk a töltetcsere-folyamatot hengersizektív módon és ciklusról ciklusra is, hiszen minden egyes elektronikus vezérlőszelepet (egy henger 2 szívószelepét működteti) külön-külön vezérelhetünk.

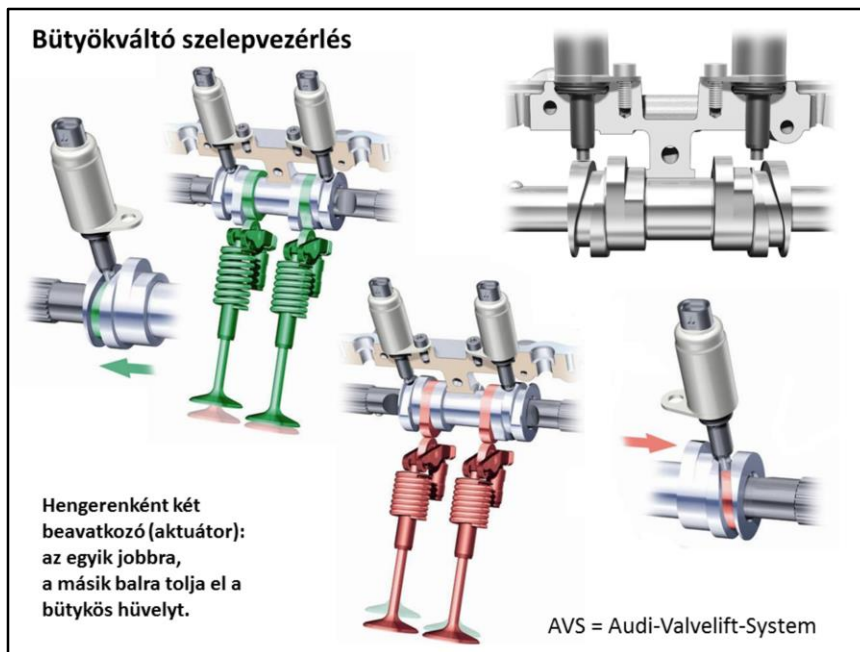
A MultiAir szelepvezérlésű motoroknál mivel szabadon változtatható a szívószelepek emelése, a szívó- és feltöltött motorok esetében is elhagyható a pillangószelep, így átlagosan 10%-kal csökken a tüzelőanyagfogyasztás és a CO₂-kibocsátás az azonos lökettérfogatú hagyományos motorokhoz képest.

15%-os forgatónyomaték-növekedés kisebb fordulatszámokon; a szívószelepek korai zárásának köszönhetően megszűnnek a visszaáramlási veszteségek, így növekszik a hengertöltet, szívószelepek kipufogó ütemben történő újabb nyitásával megvalósított belső kipufogógáz visszavezetéssel 40%-kal csökkenthető a HC/CO emisszió és 60%-kal csökkenthető az NO_x-kibocsátás.



Bütyökváltó szelepvezérlés – Audi AVS

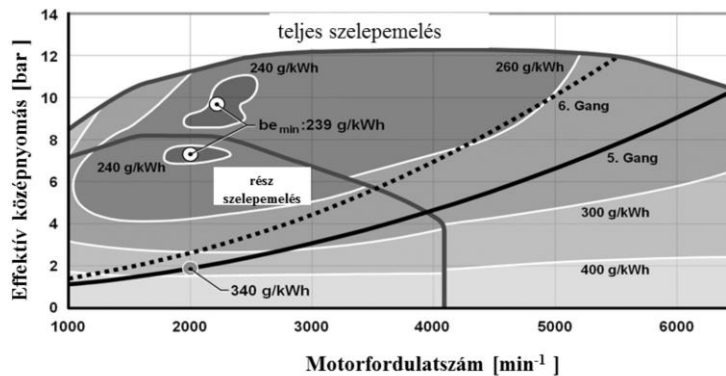
A töltetcsere kis motorterheléseknél más szelepnyitási keresztmetszeteket, intenzívebb hengertéri töltetmozgást igényel, mint nagyobb terheléseknél. Jó kompromisszum, ha a városi, elővárosi haladás igényelte terhelési tartományokban és az országúti, nagy sebességű haladás terhelésnél más-más szelepnyitási szögeket, szelepemelést és fázishelyzetet állítanak be. Ez – egyik műszaki megoldásként – az ún. bütyökváltó konstrukciós kialakítással érhető el. Az AUDI AVS elnevezésű konstrukciójánál az egy hengerhez tartozó 2 szívószelep bütykei csúszó hüvelyen vannak. A hüvely hosszbordás kötéssel, axiális irányban elcsúsztathatóan kerül a hajtó tengelyre. A hüvely eltolásával váltható a bütyök. A hüvely akkor tolható el, ha a görgős szelepemelő a bütyök nullkörü szegmensén fut, így a bütyökváltás egy vezértengely fordulaton belül végbemegy. A vezérlés jellegzetes szelepemelési adatait a képfelirat tartalmazza. Az ún. kisbütykök egy hengeren belül a két szívószelepnél különböznek mind emelési magasságban, mint fázishelyzetben. Az ábrán a vezértengelyek hajtásánál látható további két mágnesszelep a hidromechanikus vezértengely fázisállítók vezérlőszelepei.



Bütyökváltó szelepvezérlés – Audi AVS (folytatás)

A hüvelyt a hüvelybe mart spirál pálya és a spirál pályába a hengerfejből benyúló csap (fix pont) együttes kényszere mozdítja el, miközben a hüvely elfordul. A csapot elektromágnes tolja be a kellő pillanatban és a pályáiv emeli ki. A rendszer konstrukciós előnye a váltás gyorsaságában és viszonylagos szerkezeti egyszerűségében van. Az AVS az Audi motoroknál általánosan használt szelepvezérlési technika és a VW ACT alapjául is szolgál. A váltó csapok áramkörének vagy az elektromágneses beavatkozó (csap mozgatás) hibájánál a bütykös hüvely egyik állásában reteszelt marad, motorkárosodás így nem jöhet létre.

Bütyökváltó szelepvezérlés

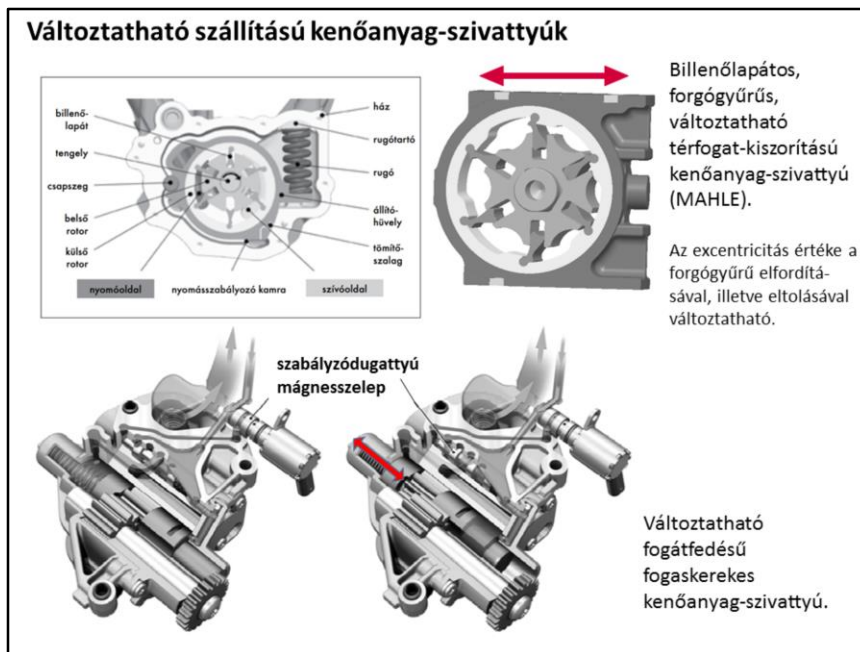


Az alkalmazott technika eredményességét a következő összehasonlítás mutatja:
a 2,8 literes, hengereként ötszelepes V6-os FSI motor, adott autóban 9,6 l/100km-es ciklus
átlagfogyasztás mellett 142 kW teljesítményt és 280 Nm nyomatékot ad le,
a szintén 2,8 literes, négszelepes V6 AVS motor fogyasztása 8,7 L/100km, 154 kW és
280 Nm. Ez 1,1 literrel kedvezőbb fogyasztást jelent, 12 kW-tal nagyobb teljesítmény mellett!

Bütyökváltó szelepvezérlés – Audi AVS

A terhelési jellegmező, a szelepvezérlési módozatok működési tartományának megfelelően, két részterületre oszlik. Ezekben a hatásfokot leíró kagylógörbék egymástól eltérően alakulnak. A kis szelepemelésű tartományban, összevetve a teljes jellegmezővel, helyi hatásfokmaximum jön létre. A nagy szelepemelésű bütykökkel működtetve a motort, ebben a tartományban jelentősen kisebb lenne a motor hatásfoka. A kagylódiagram mutatja, hogy kis szelepemeléssel az alsó részterhelési tartományban is elérhető 240 g/kWh körüli fajlagos effektív tüzelőanyagfogyasztás. Ez kb. 36% effektív hatásfoknak felel meg. A bütyökváltó szelepvezérléssel átlagban 7%-os a hatásfokjavulás, ennek megfelelően 7% a tüzelőanyagfogyasztás, illetve és CO₂ kibocsátás csökkenés. A ciklusfogyasztási adatokat a képről olvashatjuk le.

A „kis-bütykös” üzem igen széles üzemi tartományt fed le: az Audi A6-ban, ötödik sebességi fokozatban, 140 km/h sebességig, hatodik fokozatban 150 km/h sebességig tartja a motorirányító elektronika.



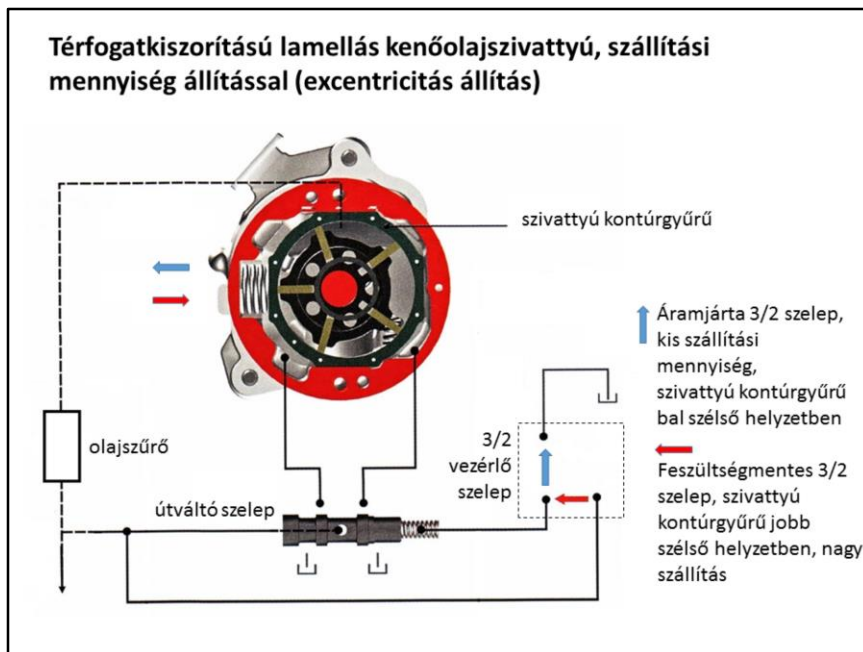
Változtatható szállítású kenőolajszivattyú

A motor kenőolajszivattyúját közvetlenül vagy hajtásáttétellel a motor főtengelye forgatja, tehát a hajtáshoz szükséges teljesítményt a motortól veszi le. Minden segédberendezés hajtás, így a kenőolaj szivattyúé is - mely természetesen szükséges - a motor hatásfokát rontja. Meg kell valósítani, hogy a kenőanyag-szivattyú mindig csak annyi és olyan nyomású olajat szállítson, ami a kenéshez, hűtéshez feltétlenül szükséges. Ma feleslegesen nagy tartalékokkal szállítanak a szivattyúk, tehát a szállítás optimalizálása fogyasztáscsökkentést eredményez.

A térfogat-kiszorítású (lamellás, szárnylapátos) szivattyú névleges térfogatáramát az egy cella geometriai térfogatváltozása határozza meg. A kenőanyag szállított mennyisége (térfogatárama) és az olajkör ellenállása által meghatározott olajnyomása, adott paraméterű szivattyúnál, első sorban a fordulatszámától függ. Ez csak úgy változtatható, ha a cella térfogatkülönbséget (gyakorlatilag a szivattyú excentricitást) változtatjuk. Az excentricitás a lamellás szivattyú kontúrgyűrű elfordításával vagy eltolásával módosítható.

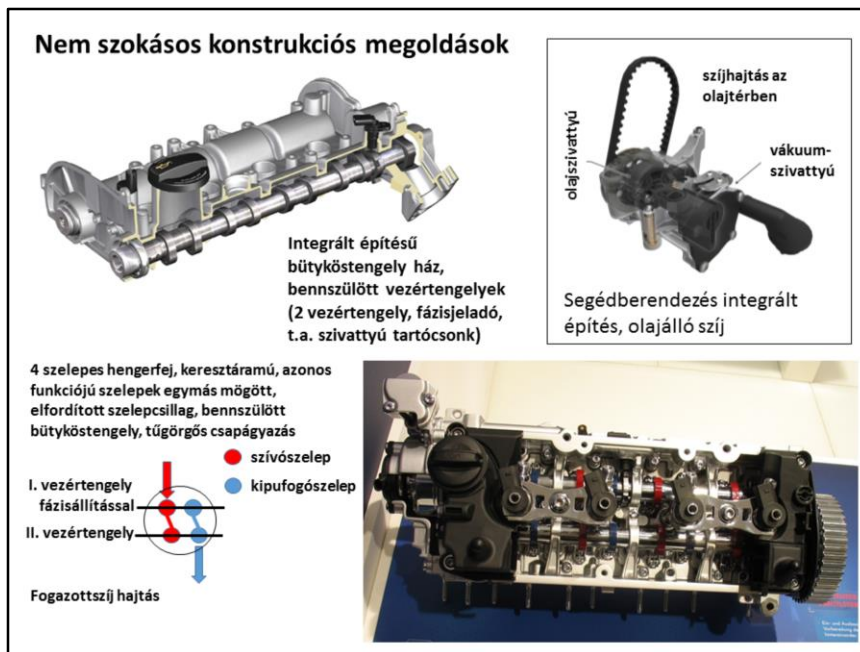
Eaton szivattyúnál a nyomótér folyadékcsofolásával (visszavezetés a szívóoldalra) oldható meg a mennyiség- és nyomáscsökkentés.

A fogaskerékszivattyú sokdugattyús dugattyús szivattyú. Szállítási mennyisége függ a fogárok és a fogaskerék szélessége által meghatározott „dugattyú lökettérfogattól”. Ha tehát a kapcsolódó fogaskerék szélességet csökkentjük az egyik fogaskerék eltolásával, akkor a térfogatot, így a szállítást csökkentjük.



Változtatható szállítású kenőolaj-szivattyú (folytatás)

Egy fordulatra jutó geometriai térfogat változtatása, így a szivattyú térfogatáram változtatása. A szállított mennyiség a résvesztések miatt nem egyezik meg a geometriai térfogattal. A motor kenőanyag-szivattyúját közvetlenül vagy hajtásáttétellel a motor fő tengelye forgatja. A kenőanyag szállított mennyisége (térfogatárama) adott paraméterű szivattyúnál a fordulatszámától függ. Azért, hogy a szükséges olajmennyiség a szállításhoz szükséges nyomáson nagy fordulatszámon is rendelkezésre álljon a kenési helyeken, így például az olajhűtőn létrejöjjön a szükséges térfogatáram, a dugattyú olajhűtés olajmennyisége megfelelő legyen, ezért erre az üzemi területre kell a kenőanyag-szivattyú szállítást méretezni. A hajtóteljesítmény is ennek a szállításnak, a létrehozott nyomásnak felel meg. Kisebb fordulatszámon ezzel arányosan alakul a szivattyú hajtóteljesítménye. Kis fordulatszámon azonban általában kisebb olaj térfogatáram, kisebb olajnyomás szükséges. Ebben a tartományban nem szükséges a felső tartományra méretezett szivattyú szállítási teljesítménye, melyhez tartozó hajtóteljesítmény is pazarlóan nagy. Például egy V6 motor vezérműtengely fázisállításához és a hidraulikus szelephézag kiegyenlítéshez, a kenési helyek ellátásán túl, 2000-4500 min^{-1} fordulatszám tartományban elegendő 2-2,5 bar olajnyomás. A felső tartományra méretezett kenőolajszivattyú olajnyomása ekkor 5-5,5 bar. Hajtóteljesítménye is ennek megfelelő. Célszerű tehát a szivattyú szállítási teljesítményének visszavételével a nyomást csökkenteni. Ez természetesen a motortól levett hajtóteljesítményt is csökkenti. A példaként vett V6 motornál ez 5% (!) fogyasztáscsökkenést eredményez.

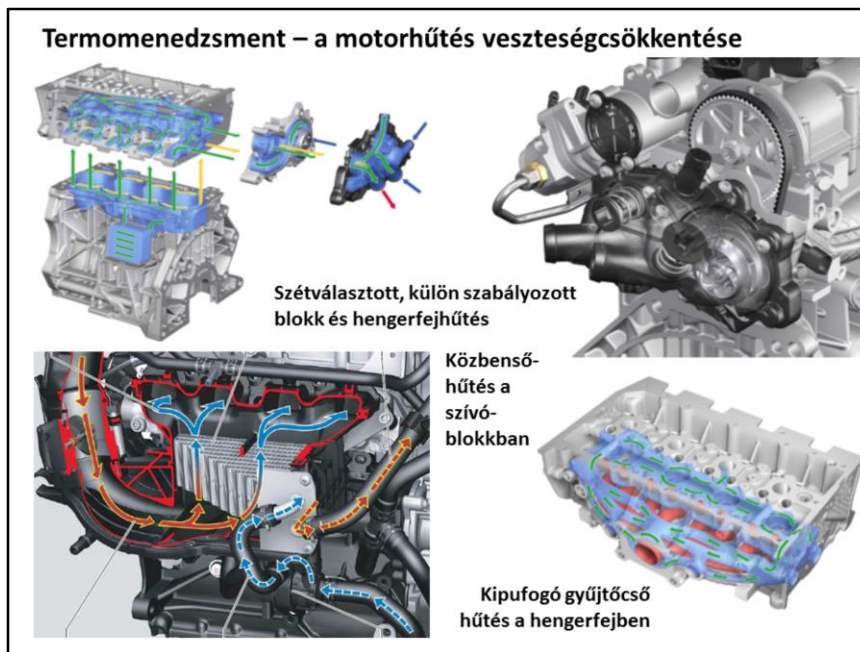


Új konstrukciós megoldások

A motortechikában (is) születnek új konstrukciós megoldások, olyanok, melyekre korábban azt mondtuk, hogy ez lehetetlen vagy értelmetlen. Az új megoldásokat a beépítési szűkös hely, a szigorúbb tűrések, a karbantartás-mentesség igénye, a motor összeszerelés (motorgyártás) egyszerűsítése és műszaki előnyök indokolhatják. A hengerfej esetén a vezértengelyek építése és „benszülött” elhelyezése szokatlan. A bütyköstengelyre a bütykök szereltek, és a helyszínen szerelt bütyköstengely a hengerfejből nem szerelhető ki, tűgörgős csapágyai zártak. A szelepelrendezés (lásd az ábrát!) és az egy vezértengely fázisállítása (azon egy szívó- és egy kipufogószelep működtetés) is új megoldás.

A segédberendezések szerkezeti összeépítése (például olajszivattyú és vákuumszivattyú) ismét előtérbe kerül, hajtása korábban nem ismert módon, olajálló, olajtérben futó fogazott, ún. élettartam szíjjal történik.

Más, új konstrukciós megoldásokat az előadás további része tartalmaz!



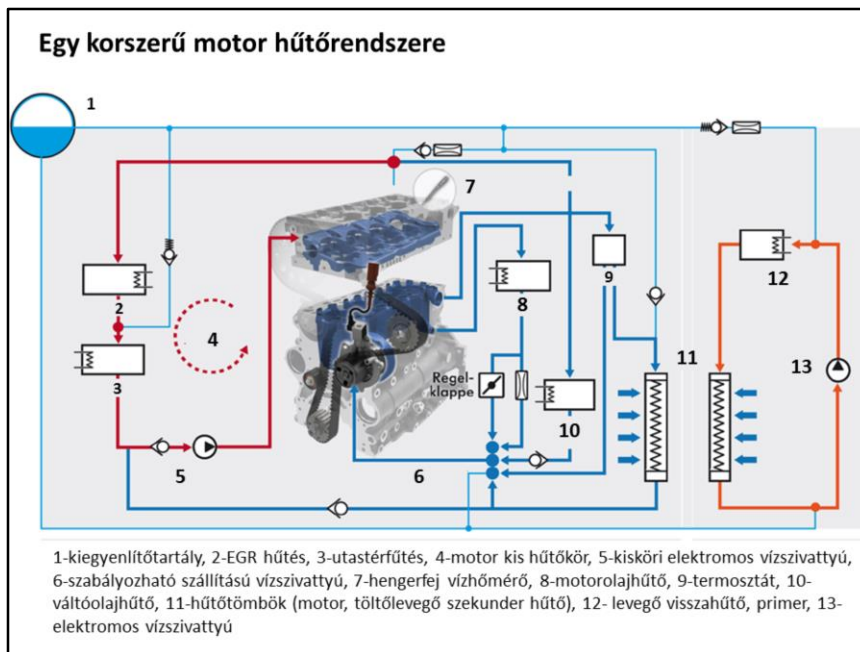
A motorhűtés újdonságai

A motorhűtés szerkezetvédelmi feladata ma kiegészül a tüzelőanyagfogyasztás, a széndioxid emisszió és a kipufogógáz szennyezőanyag emisszió csökkentésének feladatával is. A motor hőállapotának hőfokra pontos és gyors beállításával és szükség szerinti változtatásával kedvezően befolyásolható a fogyasztás és az emisszió. Fontos a hidegindítás utáni gyors bemelegedés, majd a motorhőfok terheléstől függő értéken tartása, motorterhelés változásnál pedig gyors változtatása.

A motorteknikában a motorhőfok több szempontú vezérlése igényként már korábban felmerült, majd ez kiegészült számos járulékos hűtőkör kialakításával, ezek hűtési igényének kielégítésével. Ilyenek lehetnek: váltófűtés, turbóhűtés, generátorhűtés, olajhűtés, EGR hűtés, töltőlevegő visszahűtés (vizes közbensőhűtés), hibridelemek hűtése, fojtószelepegység fűtése stb.

A fogyasztáscsökkentés és üzemoptimalizálás végett a hengerfej és a motortömb hűtését szétválasztják. A hengerfej és részben a motortömb hűtési hőfokának megválasztásánál a súrlódáscsökkentés és az égésfolyamat hatások között kell optimumot találni. A kopogási hajlam csökkentéséhez a hengerfej hűtését fokozni kell. A hengerfejnek így jobb a hűtése és nagyobb lehet a töltésfok is. Két önálló hűtőkört képeztek, a körök saját termosztáttal bírnak. A hengerfej termosztát fűtéssel vezérelt, fűtéssel 85 °C-on nyit, a motortömbé pedig 105 °C értéken. és kisebb lesz a kopogási hajlam. A motortömb nagyobb hőfoka a súrlódási veszteségeket csökkenti. A hőfokállítás teljes tartománya 20 °C, a teljes terhelésnél beállított 85 °C-tól a kis terhelés, kis fordulatszám mezőben beállítandó 105 – 107 °C-ig.

A motor terhelési jellegmezőben a súrlódáscsökkentés és a hatásoknövelés végett a hőfok beállítása zónánként eltér. A jellegmező hőfokszabályozás az „intelligens termomenedzsment” (ITM) nevet kapta.



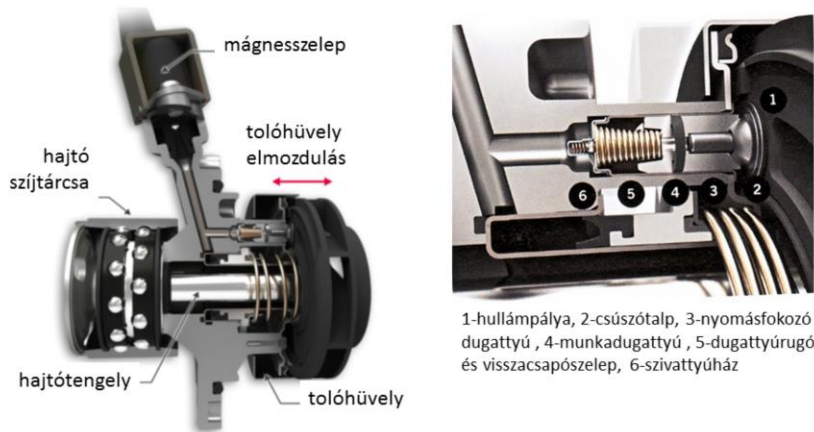
A termomenedzsment optimalizációs elvei szerint kialakított hűtőrendszer több alkörből áll (kishőmérsékletű, nagyhőmérsékletű, fűtő-hűtő), az alkörök saját villamos hajtású hűtőközeg szivattyúval rendelkeznek. A fő hűtőkör szivattyúja a legnagyobb szállítású teljesítményű, ez is lehet villamos hajtású (pl. BMW). A villamos hajtás lehetővé teszi az igény szerinti (jellegmező vezérelt) szállítást. Ha a szivattyú a főtengelyről állandó hajtású, szállítását más módon kell módosíthatóvá tenni. (Lásd a következő képet és magyarázatot!)

A hűtőrendszer a következő motor- és gépjárműszerkezetek hűtését, illetve fűtését látja el: hengertömb, hengerfej (lehetséges két vízszintes osztású víztér is), turbótöltő, olajhűtő, EGR hűtő, generátor, töltőlevegőhűtő, utastérfűtés, sebességváltó olaj fűtés/hűtés, hibridjárműveknél akkumulátorhűtés.

A töltőlevegő levegő/víz közbensőhűtés helyét, a levegőút rövidítése, a levegőtér fogat csökkentése érdekében, megváltoztatták. A hűtőtömb közvetlenül a motor szívócsővébe került. A feltöltés hatása így sokkal gyorsabban érvényesül és a töltő munkája is csökken. A visszahűtés mértéke 20-25 °C. A hőcserélőben felmelegedett hűtővizet az ún. kisnyomású hűtőkörben, menetszél, illetve hűtőventillátorok által hűtött tömbjében hűtik vissza. A kisnyomású kör hűti a turbótöltőt is. A turbótöltő vízűtés elsősorban a motor leállítása után bír jelentőséggel.

A hengerfej vízterét bővítették, a kipufogó gyújtócső a hengerfejbe került. Előnye a gyorsabb hűtővíz felmelegítés, ezáltal a motor gyorsabban éri el üzemi hőfokát. A motor nagy terhelésénél a kipufogógáz hűtése jelenti az előnyt: a hidegebb kipufogógáz védi a lambdaszondát és a turbótöltő turbinát. A hengerfejből kilépő kipufogógáz maximálisan megengedhető hőmérséklete 1000 °C értéket alig haladhatja meg. Ha nem ezt a megoldást alkalmazzák, akkor a kipufogógáz visszahűtését a keverék dúsításával érik el, mely növeli a fogyasztást.

Termomenedzsment – szabályozható hűtőközegszivattyú

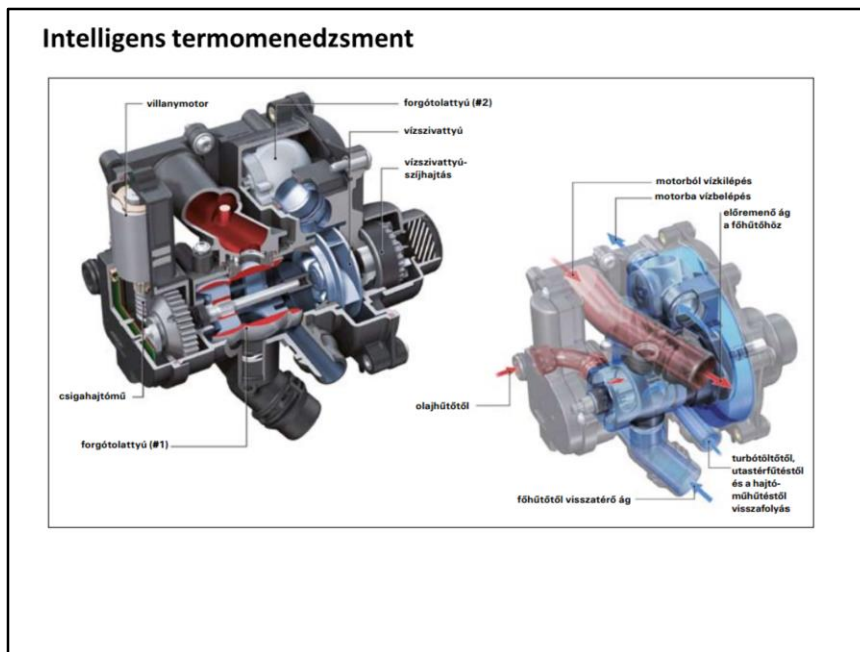


Szabályozható szállítású hűtőközeg szivattyú. A vízszivattyú szállítását a lapát köré betolható zárógyűrűvel szabályozzák. A szivattyút a motor állandó kapcsolattal hajtja. A zárógyűrűt, rugó ellenében, munkadugattyú nyomja előre. A dugattyúra hűtőközeg nyomása hat. (

forrás: Audi

Főtengelyről hajtott, szabályozható szállítású hűtőközeg szivattyú

A főtengelyről állandó kapcsolattal hajtott vízszivattyú szállítását a szivattyúlapát köré betolható zárógyűrűvel szabályozzák. A zárógyűrűt, rugó ellenében, munkadugattyú nyomja előre. A dugattyúra a hűtőközeg nyomása hat. A hűtőközeg nyomását belső szivattyú növeli. A dugattyús szivattyú dugattyúját a szivattyúkerék hátoldalán kialakított hullámpályája mozgatja. A dugattyú csúszótalpa siklik a hullámpályán. A csúszótalpat rugó szorítja a hullámpályára. A dugattyús vízszivattyú visszacsapószelepen keresztül nyomja a közeget a tolóhüvely munkadugattyúhoz. A nyomásnövekedés akkor jön létre, ha a mágnesszelep a nyomóteret zárja. A mágnesszelepet a motorirányítás termomenedzsment programja vezérli. A szállítás korlátozás a motor felmelegedését gyorsítja. A zárógyűrűvel takart szivattyúlapát 800 min^{-1} fordulaton csak $0,5 \text{ liter/min}$ folyadékszállítású. (forrás: Audi)

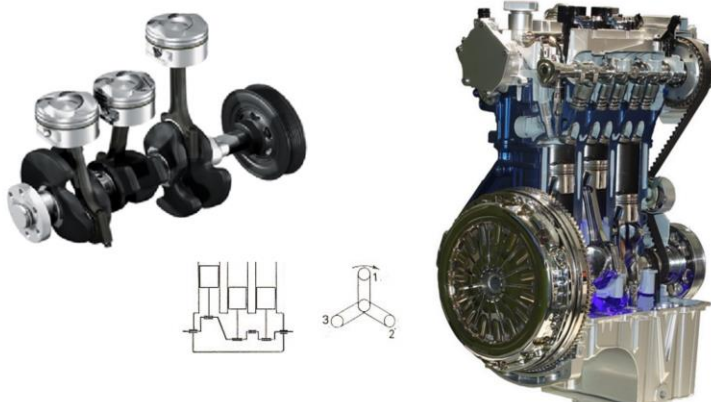


A termostátokat leváltó, villanymotorral hajtott vízáramot szabályzó forgóreteszek

A nem termostátos intelligens termomenedzsment szép konstrukciós példája az Schaeffler INA forgóretesz szabályzóegysége. A szabályozott termostátos hőfokállítást talán felváltja a villanymotorral hajtott forgóretesz vízkör útállítás, tehát a hűtőfolyadék köröket reteszekkel zárják és nyitják (ez tölti be a termostát funkciót). A reteszállító motort a motorECU termomenedzsment programja számos paraméter függvényében állítja: a motorüzemállapot szerinti vezérlést a jellegző írja le, ezt külső és belső paraméterekkel, például hűtési és fűtési igényel (utastér, váltó) korrigálják. A hűtőkör a motorhűtésen kívül az utastéri fűtéssel, a motorolaj és a váltó hűtéssel, valamint a turbóhűtéssel vonja a csőhálózatba. A hűtőkör fő vízvivattyúja mellett segéd vízvivattyú is szükséges a motor leállítása után kialakuló „hőtorlódás” keringés fenntartásával való megszüntetésére. Az elektromos hűtőszivattyú a fő hűtőtömbön keringeti át a hengerfejen és a turbóöltőn átvezetett vizet, melyet a forgótalattyúk irányítanak. Az új megoldás bevezetésének indoka a motorterhelésnek megfelelő, a jellegzőben írt hőfok beállítása és a hőfokváltás gyorsasága volt. A vízvivattyú és a csatorna útváltó reteszek egy műanyag házba, termomenedzsment-modulba foglaltak. A vízvivattyút fogazott szíj hajtja például a kiegyenlítő tengely végéről levett hajtással. A termomenedzsment modul függőleges helyzetű elektromotorja nagy áttételű csigahajtáson keresztül forgatja az 1. forgóreteszt, és átmenő tengelye végén fogasív áttételen keresztül fordítja el a 2. forgóreteszt. A modul másik oldalán találjuk a vízvivattyút. A szivattyú nyomóoldalán van a 2. forgóretesz, melyen keresztül lép a hűtött víz a motorblokkba.

Forrás: AUDI, 3. generációs AUDI 1,8 literes TFSI motor.

A méretcsökkentés jegyében: 3-hengerű, négyütemű motorok



A motor gyújtásköze 240 °ft, két motorfordulat, azaz 720 °ft alatt 3 munkaütem van, ennek össz. szögtartama 540 °ft, míg a fennmaradó rész (180 °ft) motorfék. Gyújtási sorrend: 1-2-3.

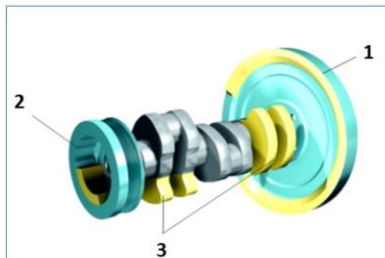
A három hengerű építés sajátossága (hátránya), látható a fenti adatokból, az egyenetlen járás és a nem szimmetrikus, „térgeometriás” (120 fokosztású) forgattyústengely-elrendezésből adódó kiegyensúlyozatlanság, a karosszériára átadódó szabad nyomatékok.

A négyütemű 3-hengerű motorok alkalmazását a lökettérfogat csökkentés indokolja. (Korábban is voltak 3-hengerű négyütemű motorok! Kisautó kategóriában, akár 35 évvel ezelőtt is, a motornak takarékosnak, kis méretűnek, olcsó fenntartásúnak, jó dinamikával rendelkezőnek kellett lennie. 1977: az első négyütemű 3 hengerű – Daihatsu Charade CB20; 1979: Suzuki F5A – Alto, Fronte. A Daihatsu CB jelű motorból szívó- és turbóbenzin, valamint szívó- és turbódízel motor is volt, sőt etanolüzemű verzióban is lehetett kapni.)

A kisebb lökettérfogat, kisebb hengerszámot, kevesebb alkatrészt, kevesebb súrlódási veszteséget hoz magával. A motor feltöltésével a fajlagos jellemzők nőnek, a motor forszírozottabb lesz. A motor hatásfoka növekszik, a tüzelőanyag-fogyasztás és a széndioxid emisszió csökken. A 0,9 – 1,2 liter közötti összlökettérfogat három részre osztásával egy henger lökettérfogata (300 ... 400 cm³) az égésfolyamat lefolyása és veszteségei szempontjából (az égéstér térfogat és az égésteret határoló felület aránya a lehető legnagyobb, csökkennek a falveszteségek) a legkedvezőbb. Egyes gyártók építenek 1,5 literes háromhengerű motort is.

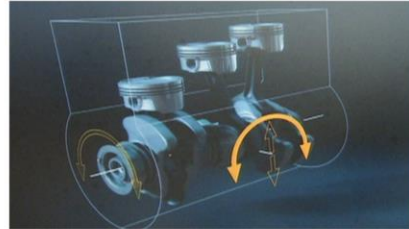
A mai 3-hengerű, 0,9 – 1,2 liter összlökettérfogatú motorok a korábbi, azonos felhasználási területre szánt, 4-hengerű, szívó, 1,4 – 1,6 literes motorokhoz képest nagyobb forgatónyomatékkal és 15-20%-kal kisebb tüzelőanyag-felhasználással és CO₂ kibocsátással bírnak. A motor beépítési térfogata is kisebb.

A 3-hengerű motor tömegkiegyenlítése (kiegyensúlyozása)

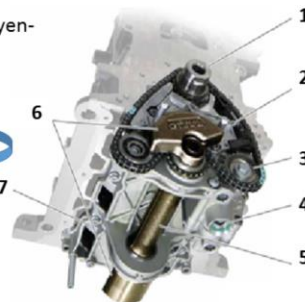


Segédtengety nélküli rázáscsillapítás:
 - hengertengely eltolása a főtengety középvonalához képest,
 - motortartó bakok közötti növelt távolság,
 - kiegyensúlyozatlan lendkerék és ékszíjtárcsa.

Teljesen **nem** kiegyenlíthető.



Egy kiegyensúlyozó tengely
 $n_{kt} = n_f$



A 3-hengerű motor tömegkiegyenlítése

(A forgattyús mechanizmus tömegkiegyenlítése független a motor működési módjától – 2-ütem, 4-ütem, Otto-motor, dízelmotor!)

A motor gyújtásköze 240 °ft, két motorfordulat, azaz 720 °ft alatt 3 munkaütem van, ennek össz. szögtartama 540 °ft, míg a fennmaradó rész (180 °ft) motorfék. A motor gyújtási sorrendje: 1-3-2. A három hengerű építés sajátossága (hátránya), látható a fenti adatokból, az egyenetlen járás, valamint a nem szimmetrikus, 120 °-os elékelésű forgattyúkar elrendezéséből adódó kiegyensúlyozatlanság, a karosszériára átadódó szabad nyomatékok. A forgó tömegek által keltett nyomaték nagysága állandó, a főtengetyre helyezett ellensúlyokkal kiegyenlíthető, a nyomatéksík az első forgattyút 30°-kal előzi meg.

Az alternáló tömegek által keltett nyomaték I. rendben nem állandó, kiegyenlítéséhez főtengetyvel megegyező szögsebességgel forgó segédtengety szükséges.

Az alternáló tömegek által keltett nyomaték II. rendben nem állandó, kiegyenlítéséhez kétszeres főtengety szögsebességgel forgó segédtengety szükséges. Mégis ritkán alkalmazzák, mert nagyobb gyártási költséget jelent és növeli a veszteséget (súrlódás, légkavarás).

3-hengerű dízelmotoroknál használnak egy kiegyenlítőtengety (fordulatszama motorfordulatszám, forgásiránya ellentétes a főtengetyforgással).

Benzinmotoroknál általában segédtengety nélkül konstrukciókkal találkozunk. Mérsékli a kiegyensúlyozatlanságot, illetve kocsiszekrényre gyakorol hatását gyengíti: henger eltolása a főtengety középvonalához képest, motortartó bakok motortól vett nagy távolsága, kiegyensúlyozatlan lendkerék és ékszíjtárcsa. Ezek helyes felszerelési helyzetére ügyelni kell!

A 3-hengerű motor szerkezeti egységei



Közvetlen befecskendezés, centrális injektor



A vezértengelyek fázisállításúak



Kombinált feltöltés: Roots-fúvó és turbótöltő



Kis tehetetlenségű, nagy hőállóságú turbótöltő

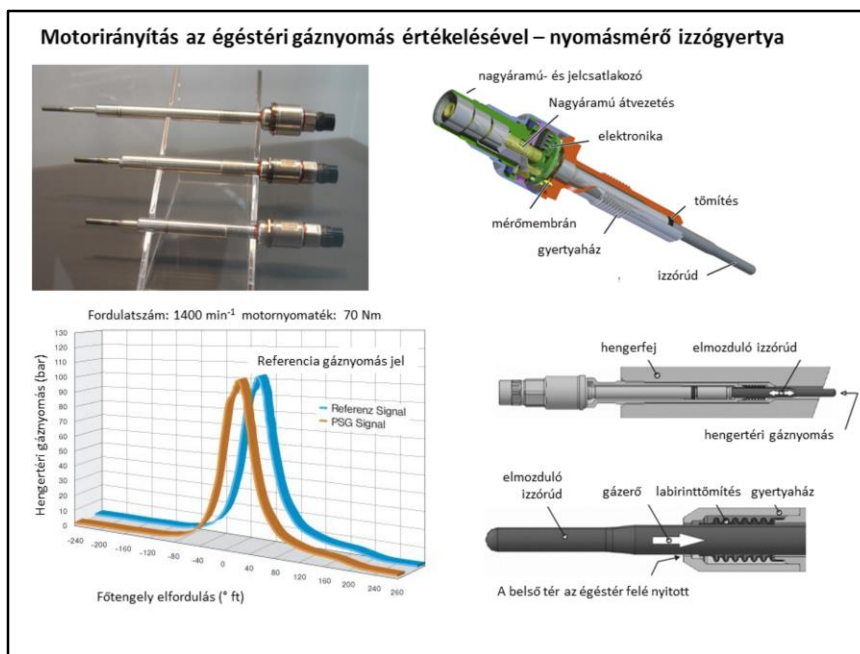
A 3-hengerű motorok rendelkeznek a korszerű motorokra ma jellemző valamennyi technikával. Közvetlen befecskendezés a rétegzett keverék képzésének lehetőségével, feltöltés (turbófeltöltés és turbó és mechanikus kombinált feltöltés), szívó és kipufogó vezértengely fázisállítás, Miller-, illetve Atkinson-ciklus szerinti szelepvezérlés, szabályozott kenőanyag-szállítás stb.

Otto-motor

- Ford 1,0 EcoBoost (Az Év motorja, 2012, 2013)
- VW EA211 R3 (2012)
- VW 1,2 FSI (2009)
- Renault TCe90 (2012)
- PSA 1,0 és 1,2 VTI (2012)
- Nissan 1,2 HR12DDR (2012)
- BMW 1,5 B38 (2012)
- Mahle 1,2 kétlépcsős feltöltés (prototípus)

Dízelmotor (KT – kiegyensúlyozó tengely)

- VW 1,4 PD TDI (2003) **KT**
- Mercedes-Benz 1,5 CDI (2004) **KT**
- VW 1,2 TDI (2009) **KT**
- Kia 1,1 CRDI (2012) **KT**
- BMW 1,5 B37 (2012) **KT**



Hengertéri nyomásérzékelő izzógyertya Új alapokra helyezett motorüzem irányítás és diagnosztika

Az utóbbi idők kiemelkedő BERU fejlesztése a PSG izzógyertya. A PSG (Pressure Sensor Glow-plug), amellyel, hogy klasszikus izzógyertya (a gyertyacsúcs maximális hőfoka 1100 °C), az égéstéri gáznyomás érzékelője is. A nyomás alakulásáról piezorezisztív érzékelője révén azonos időben küld jelet a motorirányító egységnek 0-200 bar tartományban, $\pm 2\%$ pontossággal. A motorirányítás a nyomásjel alapján „vigyáz” a motorra, hiszen ma a dízelek égéstéri csúcshőmérséklete a mechanikai terhelhetőség határához közel van, másrészt a csúcshőmérséklet helyének ismeretében időzíti a befecskendezési folyamatot az előbefecskendezés szögével, a pilotadagok elhelyezésével (a pilotok között és a pilot és a főadag között is változtatható a szögérték). A nitrogén-oxid kibocsátás az égéstéri csúcshőmérséklettel arányosan alakul, így az NOx kibocsátás is felügyelhető. Mindezek a szabályozási lehetőségek, előnyök miatt alkalmazza a PSG-t egyre több autógyár. 2013-tól a Federal-Mogul viszi teljes körűen a BorgWarner céghez tartozó BERU termékek alkatrészpiaci kereskedelmét. A PSG izzógyertyák 2010-től elérhetőek a pótalkatrész piacon is.

A mai PSG izzógyertya kínálat az alkatrészpiacon:

PSG001	OPEL	Asstra J, Insignia, Zafira 2,0 liter CDTI
PSG004	OPEL	Astra J, Astra Sports Tourer, Mokka 1,7 liter CDTI
PSG003	OPEL	Insignia 2,0 liter CDTI
PSG002	AUDI	A4, A5, A6, A7, A8, Q7 3,0 liter TDI
PSG002	VW	Beetle, Golf VI, Jetta III és IV 2,0 liter TDI



Vége

Az elmúlt tanóra előadása a „Személygépkocsi motorteknka a XXI. században” témakörben csak morzsákat tudott Önök elé tárni.

