

# A common-rail nyomásviszonyai

Cikksorozatunk befejező részével elérkeztünk az európai gyártású gépkocsikban leggyakrabban alkalmazott common-rail rendszereket bemutató „gázolajszagú” körutazásunk utolsó állomásához. A három CR-rendszert gyártó óriáscég megoldásait gépész-szemmel nézve egy gigászi „technocsa” végtermékeinek is tekinthetjük. Ebben a piacért folytatott, felgyorsult technológiai versenyben az egyetlen állandó dolog a változás. Mi sem bizonyítja ezt jobban, mint az, hogy a Delphi időközben bejelentette legújabb termékének, a közvetlen működtetésű (direct acting) dízel common-rail rendszerének 2007-re várható szériagyártású megjelenését, amely alapjaiban különbözik a jelenleg használatos rendszerek működésétől, illetve diagnosztikájától. Ígéretemhez híven a következő oldalakon a Bosch-rendszerekben hívők tudásszomját próbálom majd oltani, először azonban tekintsük át gyorsan azokat az ismereteket, amelyeket a Delphi új rendszeréről manapság tudni lehet.

A Delphi új CR-rendszerénél (Delphi Direct Acting Diesel Common Rail System) szakított jó néhány eddigi hagyományral, amely előző rendszerét jellemezte. Áttért például a többi gyártó által alkalmazott háromdugattyús nagy nyomású szivattyú használatára, de az igazi nagy durranás ebben a rendszerben a porlasztótűre közvetlenül ható, piezokerámiával működtetett beavatkozót, ami a többi common-rail porlasztóra jellemző hidraulikus szervokör használatát nyugdíjazza. Az új megoldás segítségével a gázolaj gyorsabban (kisebb időkéssédelemmel), pontosabb adagokban és nagyobb nyomással (1800 bar fölött) juthat az égéstérbe, és állítólag képes megbirkózni a 2000 bar-os nyomás adta kihívásokkal is. Jellemző az új rendszer hatékonyságára, hogy (amennyiben hinni lehet a Delphi ismertető anyagának) akár 10%-kal nagyobb nyomaték, illetve teljesítmény, valamint akár 30%-kal alacsonyabb károsanyag-kibocsátás érhető el a manapság alkalmazott legjobb piezós szervorendszerhez képest. A közvetlen működtetésű porlasztóknál eltűnik a hidraulikus szervomegoldás miatt manapság alkalmazott visszafolyó ág,

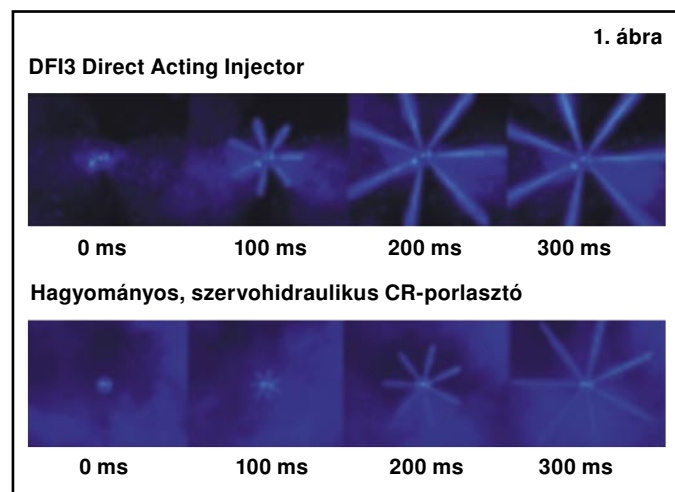
melynek következtében itt már nem vész kárba az előállított nagy nyomás, ezért a szivattyút nem kell túlméretezni, így csökken a motor fogyasztása.

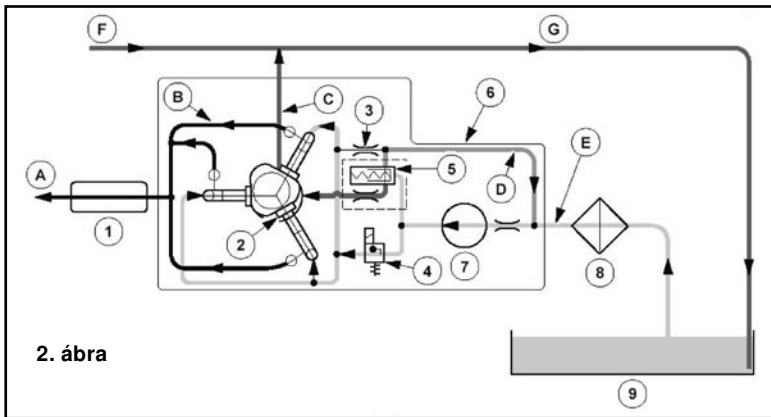
Az 1. ábrán látható az új és a jelenlegi rendszer gyorsaságát összehasonlító képsorozat, mely nem szorul magyarázatra (már csak azért sem, mert a Delphinek jelenleg esze ágában sincs beavatni bennünket a porlasztó belsejében történő dolgokba).

Ismét egy remek példa a technika hihetetlenül felgyorsult változására, és akkor még nem beszéltünk a változtatható keresztmetszetű CR-porlasztókról, a tandem rendszerű nyomásfokozással működő hibrid berendezésekről, illetve a CR-rendszer-gyártók tarsolyaiban lévő, egyelőre szupertitkos megoldásokról.

A fentebb leírtakból is látható, hogy nemsokára ismét sutba vághatjuk eddig megszerzett ismereteinket, és az előző cikkekben szereplő információk fokozatos „elavulása” lassan, de biztosan technika-történelmi folyóirattá változtatja az Autó-technika ide vonatkozó oldalait.

Mivel azonban nekünk az esetek túlnyomó többségében a jelenleg használatos rendszerekkel van dolgunk, térjünk gyorsan vissza a jelenbe, ezen belül is a Bosch háza tájára. Itt is találhatunk elég „boschankodásra” okot adó dolgot. Előjáróban ismét fel kell hívnom a figyelmet arra, hogy a Bosch – még azonos típuson belül is – különböző eltérések hihetetlen bő arzenálját vonultatja fel. Erre a továbbiakban néhány példát is említek majd, ennek ellenére senki ne legyen biztos abban, hogy ha egy adott Bosch CP-rendszert megértett, akkor a következő motorháztető-felnyitáskor nem érheti meglepetés! A Bosch CP3-rendszer tüzelőanyag-ellátásának kialakítása (2. ábra) első pillantásra nagyon hasonlít az előző részben tárgyalt Siemens-rendszerhez (háromdugattyús, excenterrel működtetett nagy nyomású szivattyú; mennyiség szabályzó szelep; nagy nyomású szelep stb.), vagyis a jól ismert „két beavatkozó tagos” koncepció. (A 2. ábrán látható rajzot csak a vélegyetegig leegyszerűsített vázlatként szabad kezelni!) Ha azonban közelebbről és





2. ábra

részletesebben megvizsgáljuk a két rendszer felépítését, azonnal észrevesszük a különbségeket. A CP3-ba tévedt, és a Siemens-rendszer lapátos tápszivattyújához szokott gázolajat először a fogaskerékes alacsony nyomású tápszivattyú (7) látványa döbrenti meg. Képzeltbeli gázolajcseppünk számára rövid időn belül kiderül, hogy az eltérések alapvetően ebből a különbségből adódnak. Az alkalmazott fogaskerék-szivattyús megoldás miatt ugyanis nyomásszabályzás helyett mennyiség szabályzásra van szükségünk a rendszer működtetéséhez. Ennek megfelelően egy csőelágazás után eljutunk a „túlfolyásszabályzó szelephez” (más néven „átáramlás-fojtószelephez”, 5), melynek metszetét és működési elvét a 3. ábra mutatja. Ez a szelep biztosítja az előző részben említett, és ennél a nagy nyomású szivattyúkialakításnál alapvetően fontos lököttalpként, illetve szivattyúhűtést, valamint a légtelenítési funkciót. Nézzük meg részletesebben, hogyan teszi mindezt.

Alacsony motorfordulaton, amikor a szivattyú belsejének kenési, illetve hűtési igénye kisebb, csak a vezérlődugattyú (6) végén kialakított fojtófurat (4) keresztül jut gázolaj a szivattyú belsejébe, ahonnan azután a visszafolyó ágon (2. ábra „C” ág) keresztül folytatja útját a körforgásban. Közepes fordulatszámhoz tartozó mennyiségeknél a vezérlődugattyú fokozatos emelkedésével egyre több gázolaj jut a lököttalpkhoz, ezáltal nő a nagy nyomású szivattyú belsején átáramló mennyiség. Nagy fordulatszámon az átömlőfurat (8) teljes nyitása miatt az átáramló mennyiség maximális lesz, ezenkívül a megnövekedett nyomás miatt a szelep innentől a nyomáshatároló (kb. 6 bar) szerepét is betölti a felesleges mennyiség 9-es furaton történő visszavezetésével (2. ábra „D” ág).

Sokan úgy gondolják, hogy a „visszafolyó ágak” állapota, illetve áramlási tulajdonságai nem befolyásolják a rendszer működését. Ez ugyanolyan tévhit, mint az, hogy a gépkocsi kipufogórendszerének egyetlen feladata a kipufogógázok szabadba vezetése, és annak kialakítása ne lenne hatással a motor működésére, illetve tulajdonságaira. Jó példa erre, hogy egy adott (nem négybetűs) járműtípusba szerelt Bosch CP-rendszer visszafolyó ágának kialakítását éppen azért módosították, mert az abban kialakuló nyomásváltozások a befecskendezett mennyiségek változását okozták. Másik ilyen példa a Delphi hivatalos CR-szivattyúvizsgálati előírása, amelyben külön menüpont ellenőrzi a visszavezető ág hidraulikus tulajdonságait.

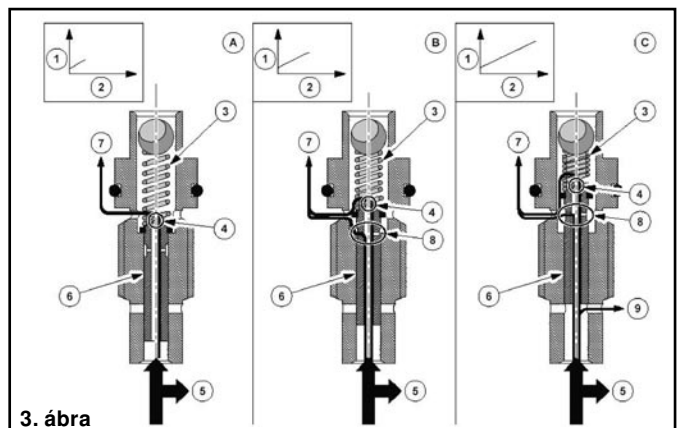
Ha a fent említett csőelágazásnál (2. ábra) a 4-es számú

mennyiség szabályzó szelep felé folytatjuk felfedező kalandtúránkat, akkor látszólag ismerős vizeken evezünk. Azonban a Bosch mennyiség szabályzó szelepe zárt (alap-) állapotban sem teljes mértékben szegi útját az idejutott gázolajnak, és ennek még rendkívüli fontossága lesz a későbbiekben. A zárt állapotban is folyamatosan fenntartott áramlás miatt viszont az elem dugattyúkat gázolajjal ellátó gyűrűcsatornában hamarosan megnövekedne a nyomás, ami bizonyos üzemi állapotokban (pontosan azokban, melyekben az elektronika szándékosan zárja a mennyiség szabályzó szelepet) nem kívánatos lenne. Ezért a gyűrűcsatornához csatlakozik a 3-as számú „nullszállítás-fojtás”. Ezen keresztül juthat vissza a zárt mennyiség szabályzón keresztül bejutott gázolaj a tápszivattyú bemenetéhez. A légtelenítésen kívül minek ez a hókusz-pókusz? Rögtön meglátjuk!

A „mennyiség szabályzott” gázolajat az elem dugattyú annak rendje-módja szerint a közös nagy nyomású térbe préselik, ahol azután bizonyos esetekben (a Siemens-rendszerhez hasonlóan) találkozunk a nyomásszabályzó szeleppel. A nyomásszabályzó szelepet ennél a rendszernél a motorvezérlő elektronika (állítólag) csak indítózáskor, illetve 15 °C hűtővízhőmérséklet alatt működteti. Igen ám, de mi van azokkal a CP3-as Bosch-rendszerrel, ahol egyszerűen nincs nyomásszabályzó szelep (mert a változatosság kedvéért ilyenek is vannak)? Hiába keressük a közös nyomócsövön, a szivattyún, végső elkeseredésünkben pedig a kapcsolási rajzon, egyszerűen nincs. Akkor most hogy is van ez az egész? A válasz megértéséhez először tekintsük át a Bosch CR-porlasztó működését.

Mit kell ezen áttekinteni? – gondolhatja első látásra az Olvasó –, az előző részekben már kiveséztük a témát! És valóban, annak van igaza, aki ezt mondja. A hidraulikus vezérlőszelep kialakításán, illetve működtetési módszerén kívül nincs lényeges különbség a Siemens és a Bosch porlasztók között.

(Itt azért egy pillanatra fékezzünk be, és ne rohanjunk el egy igen érdekes részlet mellett! A vezérlőgolyó kb. 1,3 mm-es átmérője első hallásra nem tűnik valami nagy csodának – azért, aki keresett már ekkora leejtett golyót asztalon vagy földön, biztosan másként vélekedik. Talán szemléletesebb, ha azt mondom, hogy ha egy gyufaskatulányi mennyiséget



3. ábra

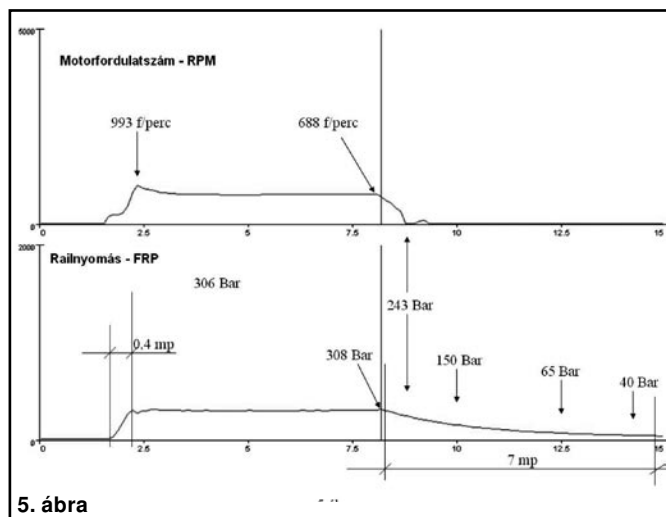
akarnánk összegyűjteni szorosan egymás mögé állított autókból, akkor 13 km hosszan kellene gyűjtögetnünk a 12 000 db szeleppolyót.)

Az egyetlen apró bökkenő azonban az, hogy a Bosch CP-rendszereket tárgyaló szakirodalmi források rendre elfelejtik azt a tényt említeni, hogy a Bosch CR-porlasztók porlasztótűi mellett nyomás alatt (hasonlóan a másik két rendszerhez) igenis állandóan szivárog a gázolaj, és az esetek túlnyomó többségében a szemléltető ábrákról is hiányzik a porlasztótű rugóüregét a részolaj-visszavezető gyűjtőtérrel összekötő csatorna. A 4. ábra bal oldalán látható metszeti rajz jó példa erre a rossz példára. Ha a Tisztelt Olvasó otthon ellenőrzi ezt a saját szakirodalmi lelőhelyein, nagy valószínűséggel ugyanazzal az „elnagyolt” ábrával fog találkozni, a mellette szereplő felületes vagy éppen téves magyarázattal együtt. Még a hivatalos metszeti fényképek sem mutatják ezt a csatornát (lásd a cikksorozat első részének 2. ábráját).

A 4. ábra közepén látható porlasztómetszet mutatja a valós kialakítást (szaggatott vonallal jelezve a szóban forgó járatot), a jobb oldalon pedig az említett leeresztőcsatorna felső és alsó vége látszik bekarikázva, valamint vonallal jelezve a csatorna vonalvezetése.

Miért lovagolok ennyit ezen a – látszólag – részletkérdésen? Mert ennek a ténynek alapvető fontossága van a rendszer működésére vonatkozóan. Ha a Bosch CR-porlasztók járó motor mellett mérhető vezérlő-résolaj mennyiségét, illetve részolajmennyiségét összehasonlítjuk a Delphi, valamint a Siemens hasonló körülmények között mért adataival, azt tapasztaljuk, hogy a Bosch CR-porlasztók ezen adatai többszörösen meghaladják a két másik rendszerű porlasztó értékeit. A Bosch-kialakításnál ugyanis – még ott is, ahol van nyomásszabályzó szelep – meleg motor járása közben kizárólag ezen visszafolyó mennyiségre van bízva a rail nyomáscsökkentése, illetve annak mértéke. A Bosch ugyanis nem alkalmazza a Delphi-féle porlasztóvezérléses nyomáscsökkentést, illetve a nyomásszabályzó szelepet sem erre a célra használja.

A fentiek miatt a rendszernyomás lefutásának vizsgálatok azt tapasztalhatjuk, hogy a CP3-nál a motor leállításakor a másik két rendszerhez képest szokatlanul lassan épül le a nyomás (5. ábra). Ezért aztán itt kiemelten ügyelni kell arra az óvintézkedésre, hogy közvetlenül a motor leállítása után



5. ábra

TILOS a nagynyomású rendszer megbontása! A nyomásleépülés vizsgálatok természetesen arról sem szabad megfeledkezni, hogy a leépülési időt számos tényező befolyásolja. Ilyen például a gázolaj hőmérséklete, a kezdő nyomás értéke stb. Ezért tapasztalhatjuk azt, hogy menet közben, hirtelen gázelvételnél a leállításakor tapasztalnánk sokkal gyorsabban épül le a railnyomás. Ezért is olyan fontos, hogy hirtelen terheléscsökkenéskor a mennyiség szabályzó szelep a nullszállítási-főtás segítségével, a lehető leghgyorsabban tudja leépíteni az elem dugattyúkat tápláló gyűrűcsatorna nyomását, hiszen a porlasztók nyomásleépítési kapacitása adott idő alatt véges mértékű.

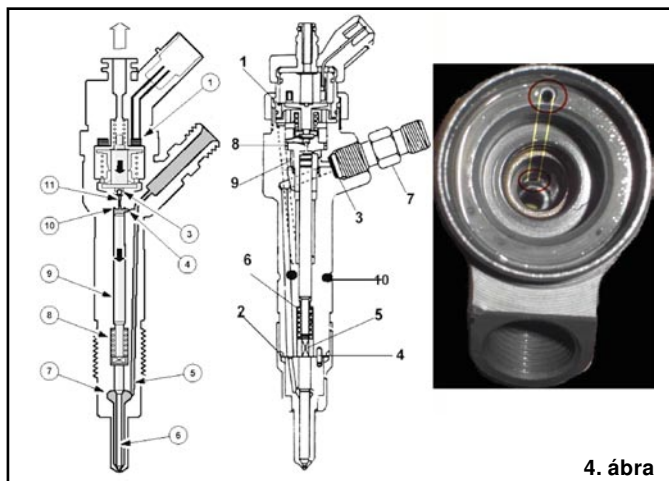
Még egy rendkívül fontos dolgot kell észrevennünk a fentiek alapján: a common-rail porlasztók nyomásleépítési kapacitása nemcsak véges, hanem előre meghatározott értékű. Ha a hidraulikus rendszer bármely elemének, illetve elemének hidraulikus tulajdonsága megváltozik, és ez a változás meghaladja az elektronika által az adott rendszerre jellemző kezelhető mértéket, akkor a vezérlés először „hibakód-dobálással”, bizonyos esetekben vészüzemmóddal, illetve teljes üzemképtelenséggel jelzi nemtetszését.

A cikksorozat első részét azzal a gondolattal kezdtem, hogy „nézőpont kérdése, hogy a mechanikus/hidraulikus rendszer szolgálja-e ki az elektronikát, vagy éppen fordítva”. Remélem, azokat, akik mind az öt részt végigolvasták, sikerült meggyőzőn arról, hogy a látszat ellenére a common-rail rendszereknél (is) az elektronika alkalmazkodik a mechanikus/hidraulikus rendszerhez. Úgy is mondhatnám, hogy – elnézést kérve a költőtől és a szépirodalmat szerető olvasóktól a nem mindennapi összefüggésért – Petőfi Sándor alábbi sorai a common-rail dízel befecskendezőrendszerekben működő elektronika és hidraulika viszonyára is igazak:

„Jegyezd vele az égre  
Örök tanúságul.  
Habár fölül a gálya,  
S alúl a víznek árja,  
Azért a víz az úr!”

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Filep Istvánnak, aki szakértő segítségével és türelmével lehetővé tette ezen cikksorozat megírását.

Szentmártony Gergely



4. ábra