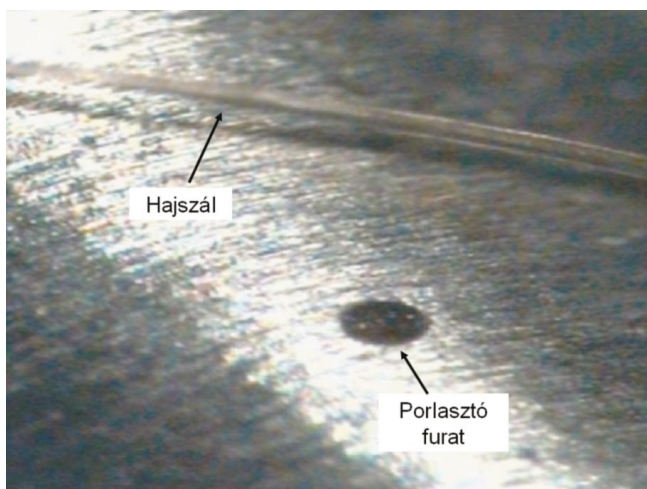


# Nyomásviszonyok a common-rail rendszereknél

Az első részben említett általános tudnivalók után ismerkedjünk meg a Delphi common-rail rendszer tulajdonságaival. Előtte azonban bemelegítésképpen foglaljuk össze, hogy mi értelme ennek az őrült hajszának a dízeltechnikában az egyre magasabb befecskendezési nyomások elérésére.

Tudjuk, hogy adott motornál a teljesítmény/nyomaték adatok alapvetően a motorban hatékonyan elégetett tüzelőanyag-mennyiségtől függenek, mivel azonban a kedvező fogyasztási és nyomatékadatok miatt közvetlen befecskendezést használunk, az egyre szigorodó károsanyag-kibocsátási előírások (melynek következő, jelentős lépcsőjére (EURO IV) 2005-ben – azaz nemsokára – számíthatunk) következtében alapvető jelentősége van a bejuttatott gázolajpermet apró cseppjei átmérőcsökkentésének. Itt azonban rögtön egy leküzdendő nehézséggel találjuk szembe magunkat. A gázolajcseppek méretét ugyanis úgy tudjuk hatékonyan csökkenteni, hogy egyre kisebb átmérőjű furaton „passzírozzuk” át a hengerbe juttatott gázolajat. Ennek azonban egyenes következménye, hogy adott nyomáson kisebb mennyiséget tudunk befecskendezni. Ezért növeljük a befecskendezési nyomást, mellyel azonban a szükséges gázolajmennyiség hengerbe juttatásának nehézségébe ütközünk. Ha alacsony maximális befecsk-



1. ábra

kendezési nyomást (200 bar) használunk viszonylag nagyméretű porlasztófurattal (0,4 mm átmérő), akkor adott nyomáson be tudjuk ugyan juttatni a szükséges mennyiséget, a károsanyag-kibocsátási értékek azonban magasak lesznek. Ha csökkentjük a furat átmérőjét (0,2 mm), de a nyomást változatlan értéken tartjuk, akkor megfelelőek lesznek a kibocsátási értékek, de a motorba bejutó gázolaj mennyisége kevesebb lesz. Ezért aztán rendkívül kis furatátmérő (kb. 0,12 mm) mellett (1. ábra) rendkívül nagy maximális nyomásra (1600 bar felett) van szükség a maximális teljesítmény/nyomaték megfelelő károsanyag-kibocsátási értékek mellett történő biztosításához.

És még mindig nincs vége a problémák sorának! A legtöbb ember – azok, akik a gázpedál két végállása közötti terheléstartományt is használják – ugyanis nem szeret egy adott terheléssel autózni. Szeretünk gyorsítani, lassítani, megállni, részterheléssel autózni stb. Emiatt azonban nem lehet a befecskendezőrendszert egy adott terhelésre (esetünkben a maximális railnyomásra) hangolni, mivel a nagy (és állandóan maximális) befecskendezési nyomás, valamint az adott méretű és darabszámú porlasztófuratok miatt kisebb terheléseknél oly mértékben kellene csökkenteni a befecskendezési időt (mely az adott, maximális nyomásérték miatt ebben az esetben az egyetlen eszköz lenne a dózis csökkentésére), mely egyelőre technikailag kezelhetetlen, és a motor működése szempontjából sem lenne ideális.

Adott motornál, illetve befecskendezőrendszerénél

- a porlasztás minősége,
- a befecskendezendő dózis mennyisége,
- a hatékony égés számára rendelkezésre álló forgattyús-tengely-szögtartomány,
- a károsanyag-kibocsátási, valamint
- a fogyasztási értékek optimalizálása,
- a motor egyenletes járásának és dinamikus gyorsulásának biztosítása,
- az adott porlasztótípus, illetve
- a teljes befecskendezőrendszer hidraulikus tulajdonságainak ismerete.

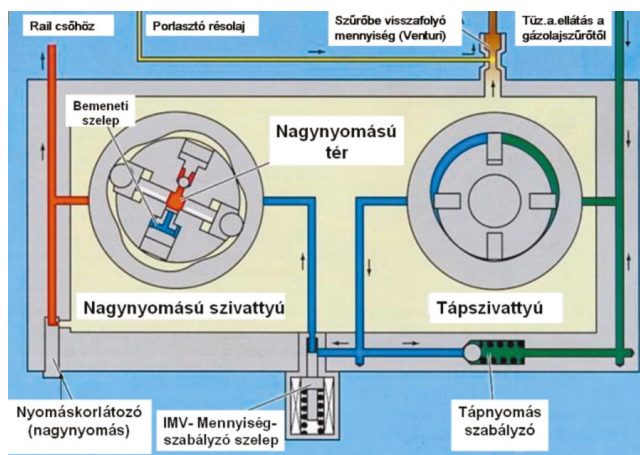
által meghatározott kompromisszumok alapján a fejlesztők az egyes üzemállapotokban megállapítják az ideális dózismennyiséghez, valamint annak időbeli eloszlásához tartozó „nyomásigény-befecskendezési impulzusidő” értékpárokat. Ezen paraméterek alapján az irányító elektronika, adott üzemállapotban, az aktuális terhelés függvényében állítja be, illetve változtatja a befecskendezési nyomás értékét – mint azt az előző részben láthattuk. Mivel a manapság elengedhetetlenül fontos pilotbefecskendezés rendkívül kis dóziszigénye és a common-rail porlasztók mechanikus alkatrészeinek tehetetlensége miatt alapjáraton, illetve részterhelésnél csak „kis” befecskendezési nyomás mellett tudjuk megvalósítani a

szükséges gázolajmennyiség hengerbe juttatását, ezért az adott üzemállapothoz tartozó railnyomás maximális értéket alapvetően az határozza meg, hogy az adott porlasztó kialakítása milyen mértékben képes a lehető legkisebb befecskendezési mennyiség előállítására. Jelenleg ugyan paradoxonnak hangzik, de emissziós okok miatt a (nem is olyan távoli) jövőben nemcsak a fő égési folyamat előtti, de jóval az utáni befecskendezésigényével is számolnunk kell majd. Jelenleg a dízel befecskendezőrendszerek közül egyetlenegy alkalmas arra, hogy a forgattyús tengely bármely helyzetében problémamentesen befecskendezést produkáljon, és ez a common-rail. Ha ezek után a fenti igényeket kielégítő rendszertől még azt is elvárjuk, hogy a lehető legolcsóbban, a lehető legkisebb motorátalakítással, a motor lehető legkisebb dinamikus terhelésével dolgozzon, akkor megérthetjük a személygépköcsi (és manapság már nem ritkán a tehergépköcsi) dízel befecskendezőrendszer fejlesztőket, hogy a fejlesztéseket leginkább ez irányban keresik.

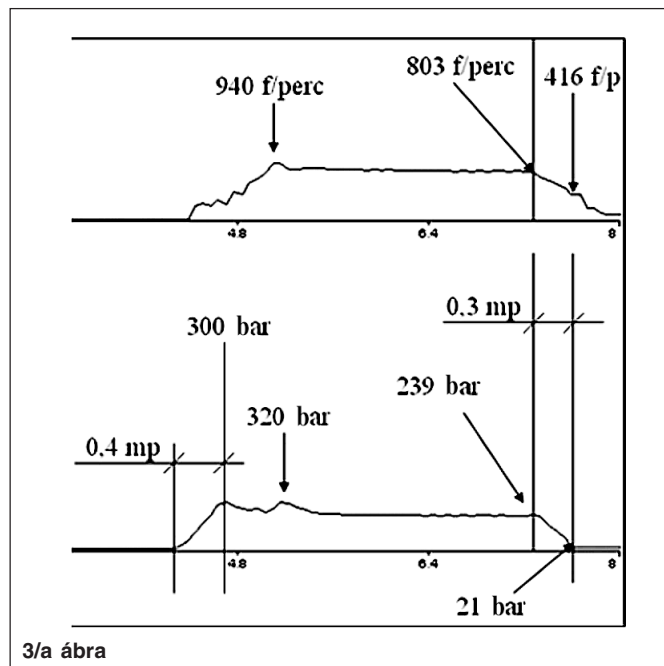
Úgy foglalhatnánk tehát össze a common-rail befecskendezőrendszerről szerzett eddigi ismereteket, hogy a dózis mennyiségét alapvetően a befecskendezési nyomás szabályozásával változtatja, a befecskendezési időtartam korlátok közé szorított értéken tartása mellett. A főbefecskendezési időtartam dózisényt követő (korlátozott) változtatását jellemzően csak átmeneti motorüzemelnél (hirtelen gyorsítás-lassítás, teljes gázélvétel) alkalmazza, az adott üzemállapotnak megfelelő nyomásviszonyok kialakulásáig. Mindhárom, itt tárgyalt befecskendezőrendszerre jellemző, hogy egyik sem merészkedik 2 ezredmásodpercnél hosszabb befecskendezési időtartam fölé, és ezt az értéket is csak szélsőségesen nagy és hirtelen dózisény (indítás, hirtelen gyorsítás stb.) esetén közelítik meg.

És most lássuk, hogy mindezt miért és hogyan valósítja meg a Delphi. A következő mérések adott üzemi körülmények között, adott (panaszmentesen működő) gépkocsinál kerültek rögzítésre. A common-rail rendszerben kialakuló nyomásértékeknek számos befolyásoló tényezője van (hőmérséklet, motor-szivattyú-porlasztó állapot stb.), ezért az említett adatok csak tájékoztató jellegűek, de a rendszerre jellemző működési tulajdonságokat jól mutatják.

A 2. ábrán látható a Delphi common-rail rendszer hidraulikus vázlata. Mivel a rendszer kifejlesztését a Lucas cég végezte,

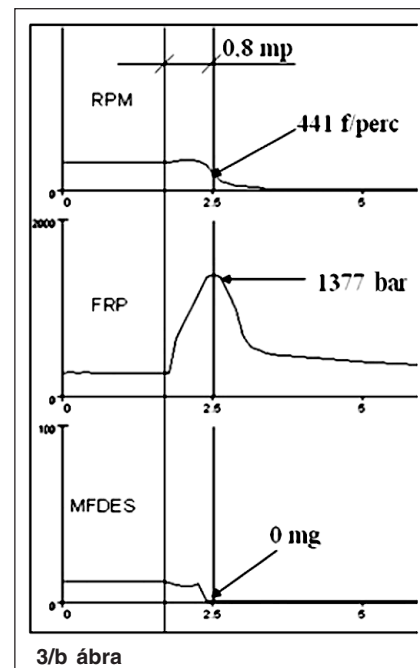


2. ábra



3/a ábra

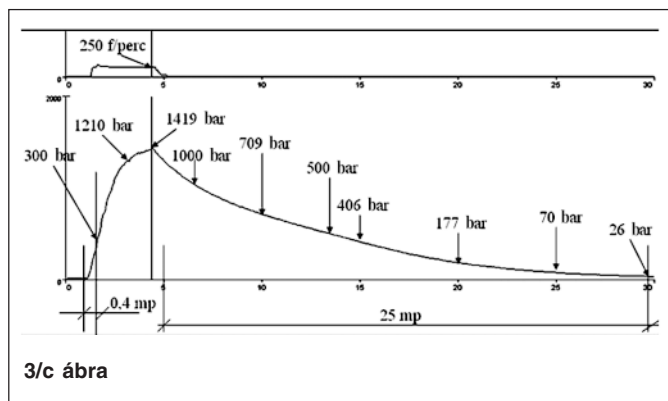
csak ezután vásárolta fel a céget a Delphi, ezért talán nem meglepő, hogy a Lucas mérnökei az általuk kifejlesztett és évtizedek óta alkalmazott elven működő adagolóelvet alakították a common-rail rendszer igényeinek megfelelően. Ezért, aki ismeri az EPIC-adagoló működését, annak nagy segítségére lesznek a szivattyú működésének megértésében a Lucas-os előismeretek. A tüzelőanyag-tartályból egy 2 mikronos szűrőn keresztül érkezik a gázolaj a nagynyomású szivattyú bemeneti csatlakozásához. Innen a Lucas adagolókból jól ismert tápszivattyúhoz áramlik a tüzelőanyag, ahonnan a tápnyomás-szabályzó szelep hidraulikus körének felügyeletével a mennyiség-szabályzó szelephez (IMV) érkezik. Mint azt az előző részben láthattuk, rendkívül fontos, hogy indítózáskor a szivattyú a lehető leggyorsabban felépítse a nagynyomású részben a működéshez szükséges nyomást (3/a ábra). Ezért az EPIC-adagolóknál megszokott módon egy nagyméretű, vagyis nagy szállítási teljesítményű tápszivattyúra van szükség. Az IMV-szelep egy elektronikusan szabályoz-



3/b ábra

ható átmérőjű fojtás, melynek segítségével a vezérlőegység szabályozza a nagynyomású szivattyúelemek közé kerülő gázolaj mennyiségét. Az IMV-szelep árammentes állapotban teljesen nyitva van. A 3/b ábra mutatja, hogy mi történik, ha az IMV-szelep áramellátása alapjáraton hirtelen megszűnik. Látható, hogy a railnyomás hirtelen megnő, ezért a motor fordulatszáma is kissé megemelkedik, melyet az irányítóegység a dózis csökkentésével (MFDES) próbál kompenzálni. Amikor azonban világossá válik a vezérlőegység számára, hogy „ebből baj lesz”, azonnal nulla befecskendezési mennyiséget állít (vagyis megszünteti a porlasztók nyitási impulzusát). Ettől azonban ugyan a motor forgása lassulni kezd, de a railnyomás a zárt rendszer miatt tovább emelkedik, majd természetesen a főtengely forgásának további lassulásával elkezdi csökkenni. Mindez – mint a 3/b ábrán látható – 0,8 mp alatt lezajlik. Hogyan csökken a továbbiakban a railnyomás? Nemsokára rátérünk.

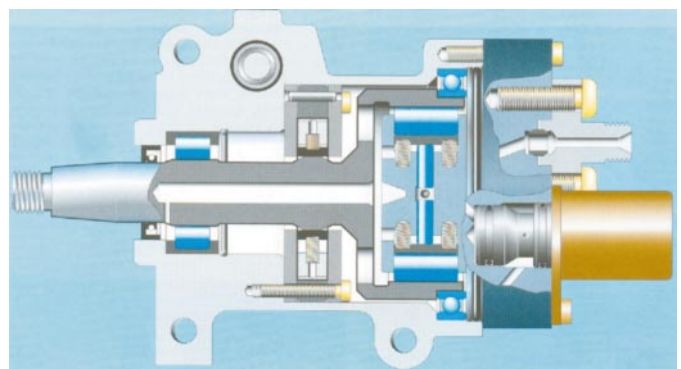
Az EPIC-adagolóknál megismert módon működő radiáldugattyús/ellendugattyús szivattyút alkalmaznak itt is, azzal a különbséggel, hogy a kialakuló maximális nyomá-



sok itt több mint a dupláját éri el, mint az EPIC-nél. Ennek elérése érdekében „csavartak egyet” az eddigi gyakorlaton: nem a szivattyúelemeket tartó belső szivattyúrészt forgatják az álló bütykös gyűrűben (EPIC), hanem a szivattyú tengelye a bütykös gyűrűt forgatja az álló, belső szivattyúrész körül (lásd 4. ábra). Erre a megoldásra azért nyílik mód, mert az adagolóval ellentétben, itt nem a bütykös gyűrű helyzete határozza meg az előbefecskendezés értékét, hanem ezt a feladatot az elektronika a porlasztók vezérlésének időzítésével oldja meg. Nincs tehát szükség a belső szivattyúrész és a bütykös gyűrű forgás közben egymáshoz viszonyított helyzetének állítására.

A tápszivattyúból érkező gázolaj az ilyenkor nyitott bemeneti/feltöltő szelepen keresztül a „feltöltőszakaszban” (azaz, amikor forgás közben a görgők elhagyják a bütyköket) bejut a nagynyomású térbe (a nagynyomású dugattyúk között lévő tér), melyben ilyenkor az elemdugattyúk kifelé irányuló mozgása miatt kisebb nyomás uralkodik, mint a tápnyomás értéke. Ezért a nagynyomású tér megtelik gázolajjal. Mielőtt továbbmennénk, itt álljunk meg egy pillanatra, és gondolkozzunk el azon, amin a

szakkönyvek elegánsan átsiklanak. Ha a nagynyomású dugattyú lökete adott (márpedig adott), de a nagynyomású térbe bejutó gázolaj mennyiségét szabályozzuk, akkor a teljes feltöltéstől (IMV-szelep teljesen nyitva) eltérő üzemi állapotokban (azaz az esetek többségében) nem telik meg a nagynyomású tér gázolajjal. Ekkor viszont a nagynyomású szerkezetben valaminek el kell válnia a „szomszédjától”. A gázolaj nem válhat el az elemdugattyútól, mert térfogata adott, „széttépni” nem lehet (jobban mondva nem érdemes), levegő, illetve gáz nem kerülhet a rendszerbe, különben az összenyomási szakaszban lennének bajban a nagynyomás létrehozásával. A görgő nem válhat el a faltól, mert a nagy nyomás



4. ábra

miatt kialakuló hatalmas erők pillanatok alatt szétvernék a bütykös gyűrűt. Ennek elkerülése érdekében egyébként a görgőket tartó görgőpapucsokat két-két rugó nyomja állandóan a bütykös gyűrűhöz. A görgő nem tud elválni a görgőpapucstól, mert a görgőpapucs „átkarolja” a görgőt (összeszereléskor a görgőt a papucsba oldalról tolják be). Egyetlen lehetőség marad tehát a szétválásra: a görgőpapucs és az elemdugattyú kapcsolata. Itt a kapcsolódó felületek elég nagyok ahhoz, hogy kibírják a „pofozgatásból” származó terhelést. A bütyök elérésekor a nagynyomású tér térfogata elkezdi csökkenni, ezzel együtt növekszik a nyomás. Ezért először a feltöltőszelep bezár, majd amikor a két dugattyú közötti nyomás meghaladja a railcsővel összekötött nagynyomású vezetékben lévő nyomást, akkor kinyílik a nagynyomású golyósszelep. Amint a görgő felér a bütyök tetejére, a két nagynyomású térben kiegyenlítődik a nyomás, és a golyósszelep egy rugó ellenében bezár. A nagynyomású gázolajat innen azért még nem engedjük szabadjárára, hanem a nagynyomású nyomáshatároló felületeire bízva kerül ki a szivattyúból a nyomással felvértezett tüzelőanyag. A nyomáshatároló feladata, hogy egy esetleges meghibásodás esetén (például, mint a fenti példában) létrejövő extrém nyomásérték (+1800 bar) létrejöttét megakadályozza. A szivattyú nagynyomású csatlakozásától egy nagynyomású csövön keresztül a közös nyomócsőbe kerül a folyadék, ahonnan külön nyomócsöveken keresztül jut el a gázolaj az egyes porlasztókhoz.

(Folytatjuk.)

Szentmártony Gergely