

Nyomásviszonyok a common rail rendszereknél

Már megint common-rail? Hát mit lehet még erről beszélni? – gondolhatja az olvasó, amikor meglátja a címet. Valóban nagyon sok könyv, cikk, tudósítás és szakmai fórum foglalkozott már eddig is a közös nyomástárolós (közös nyomásterű) dízel befecskendező-rendszerekkel, részletezve azok előnyeit, szükségességét, felépítését, működési elvét stb. A common-rail rendszerről azonban általában mindenkinek az elektronikus vezérlés, a modulok, a vezetékek, a járáskiegyenlítés, a mágneses mezők, vagy éppen a piezo-elektromos hatás jut eszébe. Sokan azt vallják, hogy a common-rail rendszer mechanikusan és hidraulikusan azért olyan egyszerű, mert a nagy nyomás létrehozásán kívül minden funkciót az elektronika vett át. Az alábbiakban láthatjuk majd, hogy a fenti állítás alapvetően téves.

A mechanikus, illetve hidraulikus részletek ismerete nélkül nem érthetjük meg igazán a rendszer működését, ezért diagnosztizálni, illetve javítani sem tudjuk azt megfelelően és költséghatékonyan. A cikkből kiderül majd az is, hogy a common-rail befecskendezőrendszerek gyártóinak leghasznosabb diagnosztikai eljárásai is először a hagyományos mérőhengerek és nyomásmérők világába kalauzoltak bennünket. Nézőpont kérdése tehát, hogy a mechanikus/hidraulikus rendszer szolgálja-e ki az elektronikát, vagy éppen fordítva. Az alábbiakban az „éppen fordítva” vélemény jegyében – mondhatnám úgy is, hogy gépész szemmel – ismerkedünk a közös nyomásterű Diesel befecskendezőrendszerekkel.

A cikkben az európai Ford gépkocsikban manapság alkalmazott Bosch, Delphi és Siemens common-rail rendszerek sajátosságai szerepelnek. Ezen rendszerek bizonyos tulajdonságai azonban – a járműgyártó igényei és az állandó fejlesztések miatt – évjárat és típus szerint még a Ford gépkocsikon belül is eltérnek. Ezért, amennyiben az olvasó eltéréseket fedez fel a leírtak, és saját eddigi (főleg más gyártmányokon szerzett) tapasztalatai között,

akkor az nem a véletlen műve. Kezdjük egy pár érdekes adattal, mely a common-rail befecskendező rendszerek működésére általánosan jellemző:

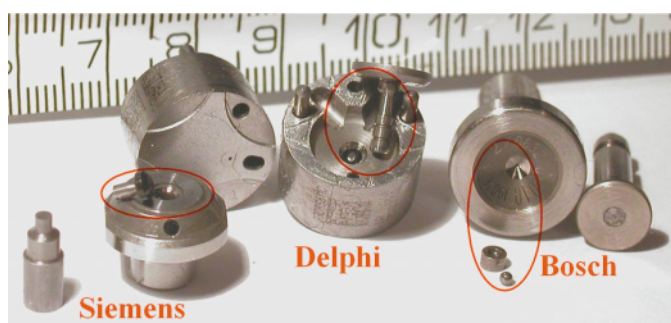
- A nagynyomású szivattyúelemeknél alkalmazott kb. 3 mikronos illesztés egy hajszál vastagságának csupán kb. 20–30-ad része. Az ilyen tűréssel rendelkező alkatrészeket a gyárban a mai napig sem egyszerűen legyártják és összerakják, hanem egymáshoz válogatják illetve párosítják azokat.
- A különböző common-rail rendszerekben manapság jellemzően alkalmazott 1400–1600 bar maximális rendszernyomásról tudjuk, hogy „sok”. Belegondoltunk-e azonban abba, hogy ekkora nyomás akkor alakulna ki, ha egy 1400–1600 kg tömegű testet (kb. egy középkategóriás autót) a kisujjunk körmére helyeznénk?
- Befecskendezéskor a hengerbe kerülő gázolajcseppek jellemző sebessége 25 cm/msec (250 m/s), mely sebesség megegyezik 900 km/h sebességgel, és amely egy mai utasszállító repülőgépnek is dicséretére válik.
- Egy manapság átlagos értékűnek mondható leszállási fordulatszám (4800 min⁻¹) 4 hengeres 4 ütemű motornál másodpercenként (annyi idő alatt, amíg kimondunk egy kétjegyű számot) 160 főbefecskendezés jön létre.
- Ha egy főadag bejuttatására szánt időt átlagosan kb. 1 ezredmásodpercnek vesszük, akkor 750 min⁻¹ alapjárat fordulatán a főtengely ezidő alatt 4,5 fokot fordul el, mely azonban az előbbieken említett 4.800 min⁻¹ leszállási fordulatszámán már 28,8 fok, azaz majdnem 30 fok.
- Egy teljes terhelési viszonyok között bejuttatott dózis térfogata kb. 50–60 köbmilliméter, mely kb. egy vízcsepp térfogatával egyezik meg. Alapjáraton azonban ennek csupán 1/10-ed része, azaz kb. 5 köbmilliméter kerül a motorba, mely kb. megegyezik egy gombostűfej térfogatával, és akkor még nem említettük egy átlagos pilotadag térfogatát, amely kb. 1,5–2 köbmilliméter – ha csak egyet alkalmazunk belőle. Még szemléletesebb talán, ha elképzeljük, hogy egy alapjáraton üzemelő négyhengeres személygépkocsi dízel-motor egyetlen porlasztója egy óra alatt mindössze kb. másfél deciliter gázolajat adagol a hengerbe – mindezt befecskendezésenként minimum két részletben, azaz 45000 kisebb (pilot-) / nagyobb (fő-) dózisra osztja ezt a mennyiséget. Bárki kipróbálhatja, hogy egy félig telt 3 decis pohár tartalmát állandó sugárban mennyi idő alatt tölti ki, ha azt a lehető leghatékonyabban teszi. A mért idő és az egy óra

közötti különbség legyen mindig intő példa arra, hogy mire képes egy ilyen rendszer, és ennek megfelelően milyen gondossággal és körültekintéssel kell nekünk, a rendszert megbontó embereknek eljárni diagnosztika illetve javítás során.

Hogyan boldogul a common rail porlasztó a befecskendezéshez rendelkezésre álló rövid idő alatt ezekkel a hihetetlenül kis mennyiségekkel? Természetesen rendkívül precíz kialakítású és megmunkálású, apró alkatrészekkel. Az 1. ábrán látható, hogy az alapvetően ugyanazon célra használt porlasztók vezérlőtestének kialakítását mindhárom gyártó másképpen oldotta meg. A Bosch (2. ábra) a Focus C-Max-nál egy rendkívül kisméretű (1,32 mm átmérőjű) golyót, a Siemens (3. ábra) a Fiesta/Fusion esetén egy (kb. 3 mm legnagyobb átmérőjű) ún. vezérlőgombát, a Delphi (4. ábra) pedig egy olyan vezérlőtestet alkalmaz a Mondeo/Transit-nál, mely egy (kb. 2 mm középátmérőjű) kúpos megoldást alkalmaz tömítőélekként.

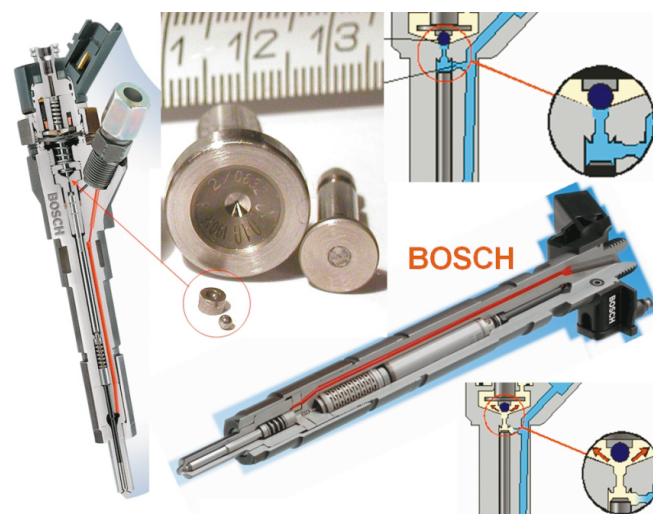
A fényképeken jól látható, hogy a vezérlőelemek milyen rendkívül apró alkatrészek, a tömítésre használt felület pedig az összméretnek is csupán töredéke. A vezérlőtestek rendkívül kis méreténél talán még döbbenetesebb a működés közbeni elmozdulásértékük. A Siemens porlasztókban alkalmazott piezo kerámialapok például állítólag 0,1 mm vastagságúak, melyekből 45 mm magasan „toronyt” építenek, és így is mindössze 0,08 mm a torony teljes hosszirányú méretváltozása. A Delphi common-rail porlasztó hidraulikus vezérlőelemének elmozdulása még ezt az értéket is „kenterbe veri”: 0,03 mm, azaz 30 mikron!

Az apró méretből adódó csekély tömeg és a kismértékű elmozdulás együttesen biztosítja a hidraulikus vezérlőelemek, illetve a működés közben mozgó alkatrészek lehető legkisebb tehetetlenségét. Hiába csökkentenénk ugyanis az elektronikus vezérlőkör reakcióidejét pl. piezotagok



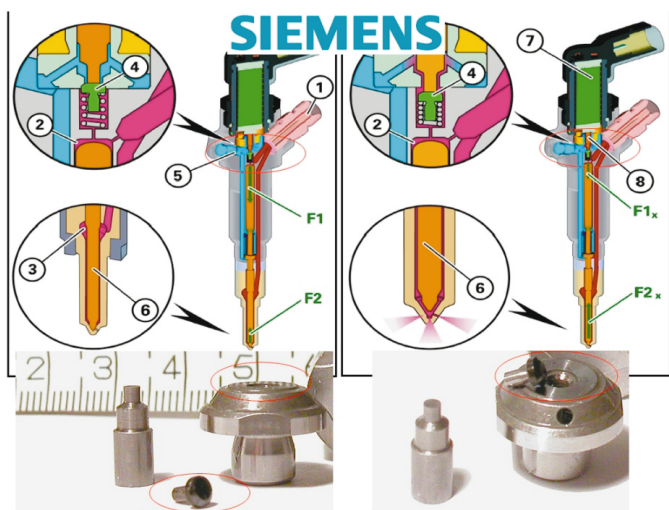
1. ábra

felhasználásával, ha a hidraulikus szervórendszert működtető hidraulikus vezérlőelem valamint a mozgó alkatrészek megfelelő elmozdulásához, azok nagy tehetetlensége miatt „hosszú” időre lenne szükség. A Bosch elektromágneses és piezo vezérlőrendszeres porlasztóinak a 2. ábrán látható összehasonlításánál feltűnő, hogy az utóbbi megoldásnál milyen nagymértékben csökkentették a mozgó alkatrészek méretét, melynek eredményeként egynegyedére sikerült csökkenteniük azok együttes tömegét (Ford gépkocsikon jelenleg nem alkalmaznak Bosch piezo-common rail rendszert). A Delphi pedig – mint



2. ábra

azt a későbbiekben látni fogjuk – egyenesen kihasználja a porlasztótól tehetetlenségéből származó nyitási késedelmet. A fentiek tudatában érthetjük meg igazán, hogy házi körülmények között miért ne próbálkozzunk szétszedett common-rail porlasztó megfelelő működést biztosító újraélesztésével. A másik rendkívül fontos tanulság, hogy a common-rail porlasztóba bejutó legkisebb szilárd szennyeződés is a nagy nyomás és a rendkívül kis vezérlőrés miatt kialakuló nagy sebesség következtében képletesen szólva úgy viselkedik, mint egy gyémántvágó, mely a hidraulikus vezérlőelem hihetetlenül kisméretű és precíz kialakítású tömítőéleát azonnal roncsolja, így az adott porlasztó a szó szoros értelmében másodpercek alatt menthetetlenül tönkremegy. Emiatt nemcsak az adott henger fog leállni, hanem a nagynyomású rendszer tömítetlensége miatt a motor nem fog beindulni, illetve le fog állni. Így talán már jobban érthető, hogy a gyártók az alacsony- és nagynyomású tüzelőanyag-ellátó rendszer megbontásakor miért írják elő a környező alkatrészek lehető legnagyobb tisztaságát és az egyszerűhasználatos(!) védőkupakok megbontást követő azonnali használatát. A common-rail dízel befecskendezőrendszerek megjelenésekor éppen a fentiek miatt a gyártók ragaszkodtak ahhoz, hogy az ilyen berendezések diagnosztikájához, illetve javításához használt helyiség hermetikusan el legyen zárva az ettől eltérő tevékenységekre használt területektől. Nem szabad elfelejteni, hogy annak a ténynek, hogy manapság a gyártók ennél látszólag sokkal megengedőbbek, csupán marketing, és nem műszaki okai vannak. Ha már egyszer az elkülönített szerelőtér falára (mivel ilyen a legtöbb műhelyben nem létezik) nem is tudjuk felírni nagy, vastag betűkkel a common-rail dízel befecskendezőrendszerek diagnosztikája és javítása során betartandó legfontosabb három alapszabályt: „TISZTASÁG! TISZTASÁG! TISZTASÁG!”, akkor legalább a fejünkben legyen mindig előtérben ez a szabályhármas. Ennek elmulasztása esetén ugyanis az említett diagnosztikához, illetve javításhoz pontosan ugyanaz a három dolog kell majd, mint Montecuccoli szerint a háborúhoz: „PÉNZ, PÉNZ, PÉNZ”.

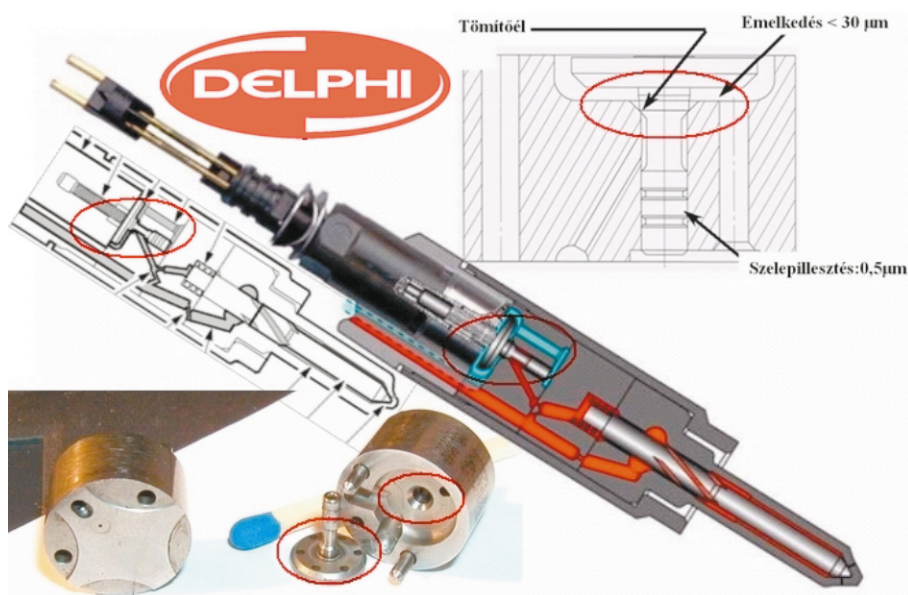


3. ábra

Láttuk tehát, hogy milyen átkozottul nehéz munkakörülmények között dolgoznak a dízel common-rail befecskendező-rendszerek. Az alábbiakban foglaljuk össze, hogy az európai gyártású gépkocsikban legelterjedtebben alkalmazott három dízel common-rail befecskendező-rendszer (Bosch, Delphi, Siemens) hogyan oldja meg ezeket a nehézségeket. Kezdjük az azonosságokkal. Mint azt a common-rail befecskendezőrendszer működési elvéből tudjuk, mindegyik rendszerben alapvető cél a motor indításához szükséges rendszernyomás lehető leggyorsabb elérése. Egy egészséges rendszer indításkor kb. 0,4 s alatt eléri a 300 bar-os rendszernyomást. Vannak olyan hivatkozások, melyek 200 bar 1,5 motorfordulat alatti eléréséről beszélnek, de ez utánaszámolva kb. ugyanaz az érték, csak más szempontból nézve. Egyes Siemens kiadványok 150 bar minimális rendszernyomásigényről

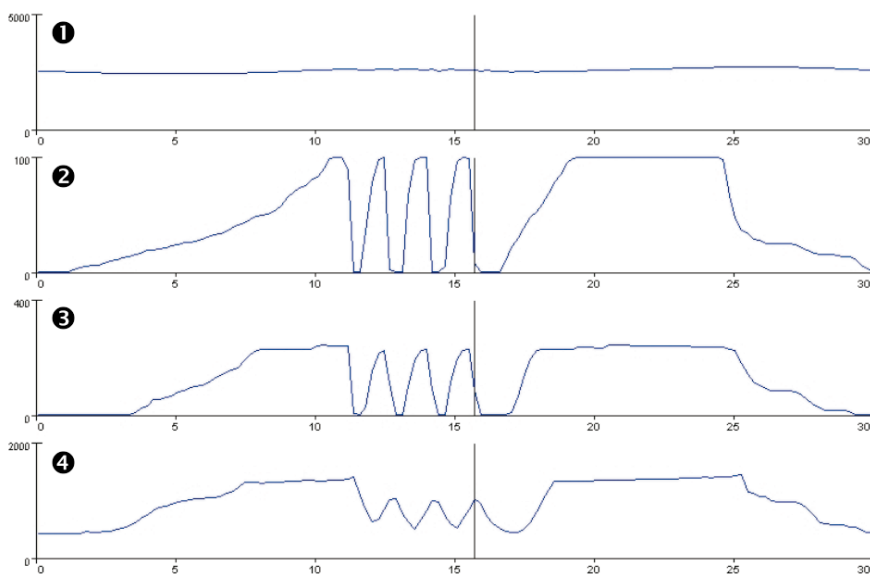
beszélnek, a Delphi-irodalom 200 bar-nak veszi a porlasztóműködéshez szükséges minimális rendszernyomás értékét és tapasztalat szerint a Bosch porlasztóra is körülbelül hasonló értékek jellemzők. Ha egy ilyen porlasztót nyomás alatt vizsgálunk, kiderül, hogy a megadott minimális nyomásértékek alatt kb. 50 barral a porlasztók ténylegesen „üzemképtelenné” válnak. Egész egyszerűen hiába vezéreljük árammal nyomás alatt az adott porlasztó vezérlőtagját, nem jön létre befecskendezés, és ez – mint azt a későbbiekben látni fogjuk – a rendszer alapvetően fontos működési tulajdonsága. Ennek tudatában tehát biztosak lehetünk abban, hogy pl. indítózás közben mért maximálisan kb. 100 bar rendszernyomás valamilyen rendellenességre utal. Nagyon fontos diagnosztikai tudnivaló, hogy csupán ennek alapján még nem tudjuk biztosan megmondani, hogy az alacsony nyomásértéknek mechanikus, hidraulikus vagy elektronikus oka van! Az elektronikus észlelt súlyos hiányosságok (jellemzően összeférhetetlen elektronikai jelértékek) ugyanis „durcás-sá” teszik a vezérlőelektronikát, melynek következtében az megakadályozza a motor indíthatóságát. Ennek egyik módja, hogy nem engedi felépülni a rendszernyomást, tehát esélyt sem ad a motor beindulásának.

Másik alapvető működési sajátossága ezeknek a rendszereknek, hogy a nagynyomású szivattyúk alap hidraulikus karakterisztikáját burkológörbéként használva az adott rendszerre jellemző módszerekkel terhelésfüggő nyomásértékké alakítják. Mindhárom rendszernél alapvető fontosságú, hogy a terhelésfüggő nyomásérték minden körülmények között a lehető leggyorsabban és legprecízebben kövesse az elméleti nyomásoptimumgörbét. Itt az ideje tehát, hogy gyorsan eloszlassuk azt a tévhitet, hogy a common-rail rendszerek minden körülmények között maximális rendszernyomással üzemelnek, hiszen többek között éppen a terhelésváltozás-követő rendszernyomás változtatási tulajdonsága miatt olyan népszerű az autó-



4. ábra

gyártók körében a dízel common-rail befecskendező rendszer. Az 5. ábrán a Bosch-rendszer menet közben, ugyanazon sebességfokozatban, felengedett kuplung és változó gázpedálállás (APP) (terhelés, nyomatékigény – TORQUE) mellett mért railnyomás jelleggörbéje (FRP) látható, de a többi rendszer nyomás-lefutása is hasonló képet ad. Látható, hogy a közel állandó motorfordulatszám érték (RPM) mellett milyen gyorsan követi a rendszernyomás értéke (FRP) az aktuális terhelési viszonyt (APP–TORQUE). Ha az adott rendszer valamilyen rendellenesség miatt erre a gyors váltásra hidraulikusan nem képes, akkor az elektronika képtelen a porlasztóknál a megfelelő mennyiséghez tartozó befecskendezési időt vezérelni, ezért azonnal vészüzemmódra áll át. Ennek valódi okát részletesen a következő Autótechnika számban



5. ábra: 1. fordulatszám 2585 min⁻¹, 2. gázpedálállás (APP), 3. nyomaték 84 Nm, 4. rendszernyomás (FRP) 1027 bar

megjelenő második részben tárgyaljuk majd. Alapvető cél, hogy az alkalmazott nagy nyomás miatt létrejövő gázolaj-melegedést féken kell tartani. Ennek legelterjedtebb (manapság már a különböző gyártók rendszerei között is egységes) módszere az, hogy a rendszernyomás értékét alapvetően a kisnyomású rendszerből a nagynyomású térbe bekerülő gázolaj mennyiségének változó korlátozásával szabályozzák. Ezzel a módszerrel az is biztosítható, hogy a motor befecskendezéshez biztosított energiája csak a szükséges mennyiségű nyomás létrehozására fordítódik. Ezenkívül a jól ismert kenési, önlégtelenítési és hűtési okok miatt az alacsony nyomású rendszerben lévő gázolajat a befecskendezési szükségletet nagymértékben meghaladó mennyiségben állandóan keringetik a tank és a szivattyú között. Mi sem tükrözi jobban azt, hogy ez a módszer alkalmas a legjobban a rendszernyomás alapvető szabályozására, mint hogy a Bosch az „energiafaló” CP1 rendszerénél (melynél nem korlátozták szabályozható módon a szivattyúba kerülő gázolaj mennyiségét)

számos esetben harmadik szivattyú-henger-lekapcsolást és gázolajhűtőt volt kénytelen alkalmazni, mely koloncokat a fent említett módszer átvételekor (CP3 rendszer) egy csapásra elhagyhatta. A Delphi mérései szerint a mennyiség szabályzó szelep (IMV) áldásos tevékenységének köszönhetően 3500 min⁻¹-nél, 800 bar rendszernyomás mellett jellemzően 10 g/kWh-val csökkenthető a fajlagos fogyasztás (egy olyan motornál, melynek ilyen körülmények között mért fajlagos fogyasztása 300 g/kWh). Ez 3%-os fajlagos fogyasztás-csökkenést jelent, csak ezen módszer alkalmazásának köszönhetően. Legalább ugyanilyen fontos az is, hogy a fent említett körülmények között üzemelő motornál a visszavezetett gázolaj hőmérséklete jellemzően 20 °C-kal alacsonyabb, mint az IMV nélküli alkalmazáskor. Szintén a

Delphi mérései szerint a szivattyú megfelelő kenésének és hűtésének biztosítása érdekében óránként minimum 50 l gázolajat kell keringetni az alacsony nyomású rendszerben. A szivattyúba szerelt tápszivattyú jellemző szállítási értékei ennek megfelelően 300 min⁻¹ szivattyú(!) fordulatszámnál 90 l/h, 2500 min⁻¹-nél 650 l/h. A rendszernyomás létrehozását az összes felsorolt gyártó dugattyús szivattyúval oldja meg, melynek gyakorlati megvalósítása már mutat eltéréseket, ezért ezzel a témával a következő számban foglalkozunk. A következő Autótechnika számban megjelenő második részben a fent említett rendszerek hidraulikus működési sajátosságainak részletes ismertetésén keresztül fogunk megbizonyosodni arról, hogy a pontos illesztések, a mikroméretes, a hidraulikusan összehangolt térfogatok és fojtások teremtik meg az elektronika számára azt a „kezelhető” környezetet, melynek segítségével a common-rail rendszer működőképessé, illetve az adott típushoz/motorhoz illeszthetővé válik.

(Folytatjuk.)

Szentmártony Gergely

APRÓHIRDETÉS

4 vezetékes alapjáratú léptetőmotorhoz (Opel, Fiat, Renault stb.) vizsgálókészülék eladó. Műszaki információ, internet: www.hartauto.webzona.hu. Tel.: 23/417-399.

HOFMANN DYNALINER 322 típusú számítógépes futóműállító eladó (zsinóros). Telefon: 06-20/465-7944.

VW javítóprogram VAGCOM (magyar verzió) VW, Audi, Seat, Skoda típusokhoz eladó. Tel.: 06-70/511-3184.

ELADÓK: Soros és forgóelosztós adagolóhoz EDC-szimulátor (próbabadi beállításhoz), KTS-520-as diagn. teszterhez Ford és Nissan kábel, KTS-300-as memóriamodul különállóan és KTS-300-as diagn. teszter programmal és 24 V-os tehergépjármű-adapterrel (csere is érdekel). Alapjáratú léptetőmotor teszteléséhez szimulátor és más diagnosztikai készülékek. Ugyanitt: BOSCH EPS-865 (potméteres, forgóelosztós adagolószimulátor, próbabadi beállításhoz) átalakítása HDK-s rendszerhez!! Érdeklődni: 30/475-2804 számon vagy az automobil@profil-net.hu címen.

ÖNJÁRÓ AUTÓBUSZ ALVÁZ ELADÓ!

- 633.14 CUMMINS B-160 20, EU-II Rába futóműves, Allison AT 54, automata, 4+1 fokozat.
- 854.06 CUMMINS C-280 20, EU-II Rába futóműves ZF S6-85, mechanikus, 6+1 fokozat.
- 633.05 CNG CUMMINS B 5.9, EU-III Rába futóműves, Midi Matt BR Voith 12m5".

Érdeklődni, ill. bővebb felvilágosítást a köv. te. számon lehet: 06/70-9431-373 vagy 06/30-9531-373.